

ROLAND RIEMPP

**INTENTIONALES BEOBACHTUNGSLERNEN VON
BEWEGUNGS- UND HANDLUNGSABLÄUFEN
MIT INTERAKTIVEM VIDEO**

Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Sozialwissenschaften

in der Fakultät

für Sozial- und Verhaltenswissenschaften

der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

JUNI 2000

Gedruckt mit Genehmigung der
Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
der Universität Tübingen

Hauptberichterstatter: Prof. Dr. Dr. F. W. Hesse

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Michael Diehl

Dekan: Prof. Dr. Klaus Prange

Tag der mündlichen Prüfung: 28. 3. 2000

UI-Druck, Tübingen

VIELEN DANK

an Prof. Dr. Dr. Friedrich W. Hesse und an Prof. Dr. Michael Diehl für die Betreuung dieser Arbeit.

Ein spezieller Dank gilt Dr. habil. Stephan Schwan für seine wertvollen Anregungen und seine Unterstützung.

Vielen Dank auch an Bärbel Garsoffky, Carmen Zahn, Dr. Dagmar Unz, Daniela Straub, Dr. Ulrike Creß, Jochen Heins, Jürgen Buder, Markus Skupin-Alpha, Martin Lechner, Dr. Uwe Oestermeier und Dr. Joachim Wedekind für viele anregende Gespräche und Diskussionen.

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Videosequenzen entstammen der CD-ROM Segeln lernen interaktiv , erschienen im Delius Klasing Verlag GmbH, Bielefeld. Sie wurden produziert von der Firma Pixel-Factory in Offenbach. Beide Firmen waren so freundlich, der Verwendung der Videosequenzen für diese Untersuchung zuzustimmen.

Delius Klasing GmbH

Internet: www.delius-klasing.de

e-Mail: delius-klasing@t-online.de

Pixel-Factory GmbH

Internet: www.pixel-factory.de

e-mail: info@pixel-factory.de

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
1 Einleitung: Interaktives Video - Medium mit Zukunft?	1
<u>Teil 1: Theorie und Forschungsfrage</u>	2
2 Erwerb von Bewegungs- und Handlungsabläufen durch Beobachtungslernen	3
2.1 Von Nachahmung zu Beobachtungslernen	3
2.2 Beobachtungslernen nach Bandura.....	5
2.3 Allgemeine Konzeption der Verarbeitung von modellvermittelten Handlungen nach Stränger.....	7
2.3.1 Strukturannahmen.....	7
2.3.2 Prozessannahmen	8
2.3.3 Grenzen des Beobachtungslernens	9
2.3.4 Präziserungsanforderungen	10
2.4 Cognitive Effort beim Beobachtungslernen	10
2.5 Dynamische Informationen.....	12
2.5.1 Wahrnehmung dynamischer Informationen	12
2.5.2 Speicherung dynamischer Informationen.....	13
2.5.3 Bedeutung dynamischer Information für das Beobachtungslernen.....	15
2.6 Segmentierung.....	17
2.7 Handlungspläne.....	18
2.8 Bedeutung von Übung beim Aufbau von Handlungsplänen	21
2.9 Zusammenfassung zum Thema Beobachtungslernen	22
3 Intentionales Beobachtungslernen über technische Medien	24
3.1 Zum generellen Einfluß des Mediums auf Lernvorgänge	25
3.2 Symbolsysteme und ihre Bedeutung.....	27
3.3 Einsatz von Symbolsystemen in technischen Medien.....	31
3.4 Mediale Darstellung von dynamischen Informationen	34
3.5 Konsequenzen für das Beobachtungslernen über Medien.....	36
4 Interaktives Video	42
4.1 Herkömmliche Formen interaktiven Videos	43
4.2 Neuere Formen interaktiven Videos	49
4.3 Interaktivität.....	54
4.3.1 Interaktivität als Möglichkeit zur Steuerung des Informationsflusses.....	56
4.3.2 Mikrointeraktivität als neues Merkmal interaktiven Videos.....	60
4.3.3 Teildimensionen der Mikrointeraktivität.....	62
4.3.4 Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität.....	62
5 Fazit	65
<u>Teil 2: Empirische Studien</u>	69
6 Studie I: Effekte und Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität	70
6.1 Fragestellung.....	70
6.2 Forschungshypothesen.....	71
6.2.1 Einfluß des Interaktivitätsgrades auf Lernerfolg und Lerneffizienz	71
6.2.2 Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf Lernerfolg und Lerneffizienz	72
6.2.3 Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad.....	73
6.2.4 Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer der Filmbilder mit steigendem Schwierigkeitsgrad	73
6.2.5 Verstärkte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad	74

6.3	Methodik und Vorgehensweise.....	76
6.3.1	Versuchspersonen	76
6.3.2	Material	76
6.3.2.1	Seemannsknoten.....	76
6.3.2.2	Videsequenzen	78
6.3.2.3	Experimentalsystem	81
6.3.2.3.1	Interaktives Lernsystem	81
6.3.2.3.2	Spezielle Experimentalumgebung.....	84
6.3.2.3.3	Automatische Protokollierungsfunktion.....	85
6.3.3	Vortests	86
6.3.4	Untersuchungsdesign	87
6.3.5	Aufbereitung der gewonnenen Daten.....	93
6.4	Ergebnisse	94
6.4.1	Indikatoren für Lernerfolg und Lerneffizienz	95
6.4.2	Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität	101
6.5	Diskussion	109
7	Studie II: Temporale Mikrointeraktivität und Übung.....	118
7.1	Fragestellung	119
7.2	Forschungshypothesen	120
7.2.1	Einfluß des Interaktivitätsgrades auf die Nutzung der Übemöglichkeit.....	120
7.2.2	Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf die Nutzung der Übemöglichkeit.....	120
7.2.3	Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad	120
7.2.4	Einfluß des Interaktivitätsgrades auf die Lerneffizienz	121
7.2.5	Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf die Lerneffizienz.....	121
7.2.6	Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad	122
7.2.7	Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer der Filmbilder mit steigendem Schwierigkeitsgrad.....	123
7.2.8	Verstärkte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad.....	123
7.3	Methodik und Vorgehensweise.....	124
7.3.1	Versuchspersonen	124
7.3.2	Material	124
7.3.3	Vortests	125
7.3.4	Untersuchungsdesign	126
7.3.5	Aufbereitung der gewonnenen Daten.....	131
7.4	Ergebnisse	132
7.4.1	Nutzung der angebotenen Möglichkeit zu begleitendem Üben.....	132
7.4.2	Indikatoren der Lerneffizienz	134
7.4.3	Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität	140
7.5	Diskussion	147
8	Schlußbetrachtung	159
9	Ausblick.....	162
10	Literatur.....	163
11	Abbildungsverzeichnis	180
12	Tabellenverzeichnis	181
13	Anhang.....	182
13.1	Anhang A: Materialien für Studie 1	182
13.2	Anhang B: Materialien für Studie 2	188
13.3	Anhang C: Typische Log-Datei	194

Zusammenfassung

Interaktives Video hatte seine Blütezeit als Lernmedium in den achtziger Jahren. In dieser Zeit wurden seine Auswirkungen auf Lernvorgänge intensiv beforscht, was sich in einer Vielzahl von Veröffentlichungen aus dieser Zeit zeigt. Durch die Einführung von *interaktivem Multimedia* in den neunziger Jahren geriet interaktives Video an den Rand des Interesses. Seine Technologie erscheint heute als veraltet.

Heute ist interaktives Video ein Bestandteil von interaktivem Multimedia geworden. Auch interaktives Multimedia erfährt einen häufigen Einsatz als *Lernmedium* und wurde als solches auch schon rege beforscht. Die *spezielle, eigenständige Wirkung von interaktiven Videosequenzen innerhalb von Multimedia-Anwendungen* auf Lernvorgänge beim Lernen mit multimedialen Programmen wurde bis dato aber *kaum erforscht*. Die theoretische und empirische Basis zum Verständnis und zur Einordnung von Lernvorgängen ist auf diesem Gebiet noch dünn, wodurch ein *Forschungsdefizit* besteht.

Die vorliegende Arbeit hat *intentionales Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen* als geeigneten Untersuchungsgegenstand gewählt, um das erwartete Potential neueren interaktiven Videos, wie es heute innerhalb von interaktivem Multimediaanwendungen als Lernmedium eingesetzt wird, gezielt zu untersuchen.

Durch den Einsatz von interaktivem Video innerhalb von interaktiven Multimediaanwendungen ergeben sich neue Formen der interaktiven Ablaufsteuerung von Video, die als *Mikrointeraktivität* bezeichnet werden, im Gegensatz zu *Makrointeraktivität*, wie sie bei früheren Formen interaktiven Videos vorherrschte. Mikrointeraktivität gliedert sich wiederum in eine *temporale* und eine *spatiale* Form auf, wobei nur die temporale Form im Rahmen dieser Arbeit thematisiert wird. Temporale Mikrointeraktivität ihrerseits setzt sich zusammen aus verschiedenen *Teilfunktionen*, die vorgestellt werden.

Zwei *empirische Untersuchungen* befassen sich mit dem *Einfluß der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität auf Lernerfolg und Lerneffizienz beim intentionalen Beobachtungslernen*. Temporale Mikrointeraktivität wird dabei zur selbstgesteuerten Betrachtung des auf Video aufgezeichneten Modellverhaltens beim *Herstellen von Seemannsknoten* eingesetzt. Die Reproduktionsergebnisse der so Lernenden werden mit denen verglichen, die andere Lernende erreichen, die Beobachtungslernen über lineare Videodarbietung durchführen, ohne interaktive Steuerungsmöglichkeiten. Darüber hinaus wird auch das *Verhalten bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität* im Detail untersucht. Der Unterschied zwischen beiden Studien besteht in der Tatsache, daß bei der ersten Studie ein *begleitendes Üben* des zu erlernenden Modellverhaltens nicht gestattet ist, während dies in der zweiten Studie ausdrücklich erlaubt ist. Dafür ist in der zweiten Studie Erfolgswang gegeben, was in der ersten Studie nicht der Fall ist.

Als Ergebnis zeigen sich Vorteile für Nutzer interaktiven Videos und temporaler Mikrointeraktivität bei Lernerfolg und Lerneffizienz, kein Einfluß von Übung auf diesen Effekt und eine unterschiedlich intensive Nutzung der Teilfunktionen.

Die Erwartung eines lernfördernden Potentials der Nutzung von interaktivem Video und temporaler Mikrointeraktivität beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen wird durch diese Ergebnisse im Grundsatz bestätigt.

1 Einleitung: Interaktives Video - Medium mit Zukunft?

Die Kombination der technischen Möglichkeiten des Mediums *Video* zur Aufzeichnung und Darstellung visueller und auditiver Informationen mit den technischen Möglichkeiten der sich stark entwickelnden *Computertechnik* führte Mitte der siebziger Jahre zur Entstehung des Mediums *interaktives Video* (Cavalier, 1991; vgl. Kapitel 4).

In der Folge wurde dieses neue Medium auch häufig zu Lehr- und Lernzwecken eingesetzt. Auf diese Weise entstanden erstmals interaktive Lernumgebungen, die, neben der Möglichkeit zu mehr oder minder selbstgesteuertem Lernen, auch den Vorzug einer sehr hohen visuellen Darstellungsqualität und die Möglichkeit zur realistischen Darstellung von dynamischen Ereignissen boten, was die in den achtziger Jahren üblichen CBT-Anwendungen auf Basis von Personal Computern beides noch nicht vorweisen konnten (vgl. z. B. Gildea, Miller & Wurtenberg, 1990; Petersen, 1994).

Aufgrund dieser Vorzüge wurde interaktivem Video ein großes Potential als Lernmedium zugeschrieben. Dies führte in den achtziger Jahren zu einer großen Zahl von Entwicklungen von interaktiven Lernumgebungen auf Basis von interaktivem Video. Auch der Wissenschaft blieb das Potential von interaktivem Video als Lernmedium nicht verborgen. Dies führte zu einer großen Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten, die die Möglichkeiten des neuen Mediums ausführlich untersuchten (zusammenfassend: McNeil & Nelson, 1991; Wetzel, Radtke & Stern, 1994).

Hierbei zeigte sich, daß interaktives Video durchaus Vorzüge beim Einsatz als Lernmedium haben kann. Diese treten aber keineswegs automatisch ein, nur auf Grund der Tatsache, daß interaktives Video zur Wissensvermittlung oder zum Wissenserwerb eingesetzt wurde (z. B. Hannafin, 1984, 1985 und 1989; Hannafin & Phillips, 1987; Hannafin & Rieber, 1989; Hannafin, Garhart, Rieber, & Phillips, 1985).

Heute ist es sehr ruhig geworden um interaktives Video. Einer der Gründe dafür ist, daß in den neunziger Jahren mit interaktivem Multimedia ein neues Medium entstand. In der Folge wandte sich die Aufmerksamkeit der Hersteller, der Anwender und der Wissenschaftler zunehmend diesem neuen Medium zu. Auch mit interaktivem Multimedia wurden und werden heute sehr viele interaktive Lernumgebungen realisiert (z. B. Schwier & Misanchuk, 1993; Hasebrook, 1995; Issing & Klimsa, 1997).

Die Komponente Video ging dabei in den Medienmix von Multimedia ein, und wird heute fast als selbstverständlicher Bestandteil von interaktivem Multimedia angesehen. Hierbei hat der Einsatz von Video bedeutende Veränderungen erfahren (Bork, 1987). Nicht zuletzt die stark erweiterten Möglichkeiten der Interaktivität beim Einsatz von Video innerhalb von Multimedia heben diese Form des Einsatzes deutlich ab von den frühen Formen interaktiven Videos aus den achtziger Jahren (vgl. Abschnitt 4.3.2), weshalb im Rahmen dieser Arbeit immer von „neueren Formen interaktiven Videos“ gesprochen wird, wenn vom Einsatz von Video innerhalb von Multimedia die Rede ist.

Bis dato wurde die Komponente Video innerhalb von interaktiven, multimedialen Lernprogrammen in ihrer eigenständigen Wirkung auf Lernvorgänge kaum wissenschaftlich erforscht. Diesem Forschungsdefizit soll mit der hier vorgelegten Arbeit entgegen gewirkt werden.

Teil 1: Theorie und Forschungslage

Die hier vorgelegte Arbeit bewegt sich im Spannungsfeld verschiedener Forschungsrichtungen wie der allgemeinen Psychologie, der kognitiven Psychologie, der Pädagogik und der Medienforschung. Diesem Umstand wird im Teil 1 mit einer Vorstellung von einschlägigen Theorien, ausgewählten Beiträgen aus der Literatur und empirischen Forschungsergebnissen Rechnung getragen.

Das Kapitel 2 befasst sich mit dem Erwerb von Bewegungs- und Handlungsabläufen durch intentionales Beobachtungslernen. Dieses Gebiet wird aus der Perspektive der Psychologie sowie angrenzender Forschungsgebiete beleuchtet.

Im Kapitel 3 wird auf den Stand der Forschung zum Thema der Wissensvermittlung und Wissensaufnahme mit Hilfe von Medien eingegangen. Hierbei wird speziell die Bedeutung der vorgestellten Erkenntnisse für das intentionale Beobachtungslernen von Handlungs- und Bewegungsabläufen über technische Medien erörtert.

Das Kapitel 4 steht dann im Zeichen des Themas *interaktives Video*: Es wird ein Bogen gespannt von der Vorstellung herkömmlicher Formen dieses Mediums, über neuere Formen interaktiven Videos, die auch die Grundlage dieser Untersuchung bilden, bis hin zur Vorstellung von Mikrointeraktivität als neues Merkmal interaktiven Videos. Das Thema Interaktivität bildet damit einen weiteren Schwerpunkt von Kapitel 4.

Kapitel 5 schließlich zieht ein Fazit aus den vorgestellten Erkenntnissen, stellt drei generelle Thesen vor und leitet über zur Herleitung und Vorstellung der im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit empirisch untersuchten Fragestellungen.

Im Teil 2 dieser Arbeit werden die durchgeführten empirischen Studien ausführlich vorgestellt und deren konkrete Ergebnisse vor dem Hintergrund der im Teil 1 theoretisch hergeleiteten Erwartungen diskutiert.

2 Erwerb von Bewegungs- und Handlungsabläufen durch Beobachtungslernen

Lernen ist nach Hummell (1969) als die Fähigkeit definiert, sich aufgrund von gemachten Erfahrungen in bestimmten Situationen anders zu verhalten, als vor Erwerb dieser Erfahrungen. Bei der wissenschaftlichen Untersuchung von Lernvorgängen wurde zunächst großes Gewicht auf die Erforschung von Lernvorgängen durch Konditionierung gelegt. Die Namen Pawlow und Skinner seien hier stellvertretend für diese Richtung genannt, die auch unter dem Begriff *Behaviorismus* zusammengefasst wird. Lernvorgänge werden nach Sichtweise dieser Forschungsrichtung ausschließlich durch Reize und/oder entsprechende verstärkende oder hemmende Reaktionen bestimmt.

Neben dieser Richtung hat sich eine weitere Forschungsrichtung etabliert, die davon ausgeht, daß ein Individuum auch nur durch reine Beobachtung von Verhaltensweisen anderer Individuen in der Lage ist, deren Verhaltensweisen oder Kenntnisse teils oder vollständig zu übernehmen und sich somit in entsprechenden Situationen anders zu verhalten, ohne daß dazu eine Konditionierung notwendig wäre. Als herausragende Vertreter dieser Richtung seien hier Piaget und Bandura stellvertretend genannt. Nach Meinung dieser Forschungsrichtung können durch Beobachtung zum einen Kenntnisse und Erfahrungen erworben werden, die sich nicht unmittelbar in einer anschließenden Handlung niederschlagen, also eher abstraktes oder deklaratives Wissen verkörpern. Diese sollen in der hier vorliegenden Arbeit keine Rolle spielen. Zum anderen können aber auch Bewegungen, Handlungen oder Verhaltensweisen erworben werden, die anschließend durch den Beobachter zur Erreichung eines Handlungszieles selbst ausgeführt werden können. Diesen gilt besondere Beachtung im Rahmen dieser Arbeit.

Der Bereich der bereits wissenschaftlich untersuchten, durch Beobachtung erlernbaren Verhaltensweisen ist dabei sehr breit gefächert von einfachen Bewegungen einzelner Gliedmaßen bis hin zu komplexen Verhaltensmustern oder gar sozialen Verhaltensweisen von einzelnen Individuen oder ganzen Gruppen. Im Zentrum des Interesses der hier vorgelegten Arbeit soll allerdings nur der Erwerb und die Reproduktion von Bewegungs- und Handlungsabläufen durch Einzelpersonen mittels Beobachtung eines entsprechenden Modellverhaltens stehen. Erkenntnisse, die die Psychologie und angrenzende Forschungsgebiete zu diesem Themenbereich gesammelt haben, werden im folgenden zusammenfassend dargestellt.

2.1 Von Nachahmung zu Beobachtungslernen

Aus unserer Alltagserfahrung kennen wir zahlreiche Fälle von „Lernvorgängen“, die offensichtlich durch Beobachtung ausgelöst oder begünstigt wurden. Beispiele hierfür seien ein Kind, das lernt, seine Schnürsenkel zu binden oder ein Erwachsener, der lernt einen Krawattenknoten herzustellen. Auf gewisse Weise gelingt es dabei den Lernenden, aus dem vom Modell vorgeführten Verhaltensstrom Kenntnisse zu gewinnen, die es Ihnen ermöglichen, das Gezeigte später selbst auszuführen. Nach Hommel und Stränger (1994) setzt dabei jede motorische Nachahmung eines Verhaltens die Wahrnehmung, Speicherung und motorische Umsetzung desselben voraus.

Allerdings ist der Begriff der Nachahmung im allgemeinen Sprachgebrauch etwas unpräzise und eher facettenhaft, weshalb er hier genauer definiert und in verschiedene Unterkategorien unterteilt werden soll. Stränger (1979) weist darauf hin, daß Nachahmung nicht mit Imitation gleichgesetzt werden kann und daß nicht jeder umgangssprachlich als Imitation bezeichnete Vorgang einen Lernvorgang voraussetzt. So kann die Beobachtung eines Modells auch lediglich eine Verhaltensweise auslösen, die bereits zum Verhaltensrepertoire des Beobachters gehört. Dieser beispielsweise von Bandura (1971) als „soziale Verhaltensansteckung“ beschriebene Effekt setzt also meist keinen Lernvorgang voraus und soll daher hier nicht weiter berücksichtigt werden.

Weiterhin läßt sich aufgrund der beteiligten Sinnesmodalität die Laut- und Sprachnachahmung von der visuell vermittelten Nachahmung abgrenzen (Piaget, 1969/1975). Darüber hinaus unterscheidet Piaget *automatisch reflexhafte* gegenüber *bewußt einsichtigen* Nachahmungsformen. Im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit sollen jedoch nur visuell vermittelte, bewußt einsichtige Nachahmungsformen Berücksichtigung finden.

Hommel und Stränger (1994) treffen eine weitere wichtige Unterscheidung von Nachahmungsphänomenen bezüglich der Art der Übereinstimmung zwischen Modell- und Beobachterverhalten:

- Prozessähnliche *Bewegungsnachahmung*, bei der es auf das Erkennen und das anschließende Ausführen von z. B. Körperbewegungen und deren spezifischer räumlicher und zeitlicher Merkmale ankommt. Beispiele hierfür finden sich in Sport, Tanz, Gymnastik oder Ähnlichem. Die Nachahmung wird dabei auf einen oder mehrere Körperpunkte bezogen, deren Bewegungen nach Freyd (1987) wahrscheinlich dynamisch repräsentiert werden und gelingt motorisch oft nicht auf Anhieb, was meist mehrfaches Üben, oft gekoppelt mit erneuter Beobachtung des Modells erfordert.
- Resultatorientierte *Handlungsnachahmung*, bei der es nicht in erster Linie um eine Übereinstimmung des Bewegungsablaufes, sondern viel mehr um die Wirkung oder das Resultat der Bewegung im Bezug auf ein angestrebtes Handlungsziel geht. Die Repräsentation ist dabei mehr von der kognitiven Natur der Aufgabe bestimmt, bei der es eher um das Erkennen und Erreichen der angestrebten Effekte geht als um die daran beteiligten Bewegungen. Dies schließt jedoch Anteile dynamischer Repräsentation nicht aus. Die motorische Umsetzung ist dabei in erster Linie an die prinzipielle physische Disposition gebunden und greift bei Erwachsenen in aller Regel auf bekannte, zuvor erworbene motorische Teilprozesse zurück, wobei einzelne Bewegungen durchaus von denen des Modells komplett abweichen können, solange das gleiche Resultat erreicht wird.

Bei beiden Formen handelt es sich um Lernen oder Wissenserwerb mit Hilfe der Beobachtung eines Modells zum Zweck der Nachahmung oder im engeren Sinne um Beobachtungslernen (vgl. 2.2). Piaget (1969/1975), Stränger (1979), Fuhrer (1984) und Wiemeyer (1995) weisen außerdem darauf hin, daß unterschieden werden muß zwischen unbewußten, beiläufigen Lerneffekten und solchen, die auf bewußtes, aufmerksames Beobachten des Modells, möglicherweise mit dem ausdrücklichen Ziel einer anschließenden Handlungsnachahmung, zurückzuführen sind. Stränger (1979) spricht für den letzteren Fall von *intentionalem Beobachtungslernen*.

Eine weitere Unterscheidung wird zwischen echokinetischer und synkinetischer Nachahmung getroffen. Diese ist abhängig vom Zeitpunkt der Nachahmung. Findet die Nachahmung während der Präsentation des beobachteten Modellverhaltens statt, so spricht man von *Synkinese* (Mitbewegung, beispielsweise beim Tanz). Eine Nachahmung erst nach Abschluss der Präsentation des Modellverhaltens wird im Gegensatz dazu als *Echokinese* (Nachahmungsbewegung) bezeichnet (Wiemeyer, 1995).

Zu den Lerneffekten beim Beobachtungslernen von Bewegung und Handlung zählen nach Hommel und Stränger (1994) neben der reinen Nachahmungsleistung auch die Fähigkeit zur Übertragung einer verfügbaren Handlung auf eine neue Situation und die Neukombination von Komponenten zu einer neuen Einheit (vgl. Bandura, 1976). Die zu erwartenden Lerneffekte hängen dabei stark von der Art des zu erlernenden Verhaltens, von der Aufgabenstellung und der Art der Instruktion ab (vgl. Abschnitt 2.2 und 2.3.1).

Nach Stränger (1979) entsteht, quasi als „kognitives Ergebnis“ des intentionalen Beobachtungslernens von Bewegungs- und/oder Handlungsabläufen beim Beobachter ein mentaler *Handlungsplan* (vgl. 2.7). Dieser kann durch wiederholtes Beobachten verfeinert werden (Bandura, 1976). Der Handlungsplan dient dem Beobachter später als mentaler „Leitfaden“ bei der Reproduktion des gelernten Verhaltens (vgl. Abschnitt 2.7).

2.2 Beobachtungslernen nach Bandura

Obwohl Bandura's Theorie des Beobachtungslernens (Bandura, 1969, 1971, 1976, 1986) ursprünglich im Zusammenhang mit sozialen Lernvorgängen am Modell formuliert wurde, wird er dennoch auch als einer der führenden Theoretiker auf dem Gebiet des Beobachtungslernens von Bewegungsabläufen und prozeduralem Handlungswissen angesehen (Adams, 1990). Im Grundsatz besteht seine Theorie in der Erkenntnis, daß Individuen neue Bewegungen oder Handlungsabläufe erwerben, indem sie die entscheidenden Aspekte eines Modellverhaltens erfassen und die so empfangene Information in Form einer kognitiven Repräsentation speichern, die sie später abrufen können. Diese Repräsentationen erlauben dem Beobachter, neue Bewegungen oder Handlungsabläufe durch Beobachtungslernen zu erwerben und auszuführen, indem sie diese Repräsentationen als internen Standard nutzen, mit dem sie ihre eigenen Bewegungen während der Ausführung vergleichen. Voraussetzung dafür ist allerdings, daß das Individuum entsprechend motiviert ist, die beobachteten Aktionen auch auszuführen. Die nach Banduras Auffassung dabei beteiligten Prozesse werden im folgenden genauer erläutert:

Aufmerksamkeit. Aufmerksamkeitsprozesse beim Beobachter sind ausschlaggebend dafür, welche Anteile des beobachteten Verhaltens bemerkt und verarbeitet werden. Welcher Stellenwert welchen Anteilen dabei zukommt, ist abhängig von der Vertrautheit mit dem beobachteten Verhalten, der Art der Aufgabe oder Instruktion und der (Rück-) Wirkung, die sie auslösen. Die auffälligste Komponente des vom Modell vermittelten Verhaltensstroms besteht dabei in der Information über relative räumliche und zeitliche Merkmale des Bewegungsvorgangs oder Handlungsablaufes (Newell, Morris & Scully, 1985). Verlangsamte Darbietung bringt nach Bandura Details besser zur Geltung und bei komplexeren Bewegungsvorgängen oder Handlungsabläufen ist eine wiederholte Darbietung nötig, um auszugsweises oder bruchstückhaftes Lernen zu vermeiden.

Von Sheffield und Maccoby (1961) konnte in diesem Zusammenhang gezeigt werden, daß die Aufteilung von komplexen Anteilen in (als natürlich empfundene) Segmente und die Hervorhebung der darin enthaltenen Fertigkeiten zu besseren Lernergebnissen führte als kompakte Darbietung des kompletten Modellverhaltens.

Behalten. Die während der Beobachtung fortlaufend gewonnenen Informationen, Eindrücke und Erfahrungen werden im Gedächtnis als kognitive Repräsentationen (speziell Bilder und Worte) modelliert und durch kognitives Üben (cognitive rehearsal) verstärkt. Diese Repräsentationen sind dynamische Konstruktionen, die auch Operationen zur Umsetzung von Symbolen in Aktionen einschließen. Beim Anlegen der Repräsentationen werden die Informationen über Vorgänge (events) restrukturiert und in multidimensionale Symbolsysteme transformiert, die deren Struktur und Funktion erfassen. Dabei können die Repräsentationen durchaus variieren in Bezug auf Prägnanz, semantische Komplexität und Kohärenz (Bandura, 1986; Piaget, 1970/1983). Wenn erst einmal ein solcher symbolischer Code generiert worden ist, kann eine Wiederholung desselben dabei helfen, ihn im Gedächtnis zu behalten (Bandura & Jeffrey, 1973; Bandura, Jeffrey & Bachicha, 1974).

Allerdings bleibt es unklar, wieviel des beobachteten Modellverhaltens explizit und symbolisch repräsentiert werden kann, und wieviel als rein motorische Bewegungsschemata kodiert wird, auf die kognitiv nicht zugegriffen werden kann (Carroll & Bandura, 1987 und 1990; Pylyshyn, 1986).

Ausführung. Nach Bandura erfordert die Reproduktion von Bewegungen oder Handlungsabläufen eine Transformation der kognitiven Repräsentationen in adäquate räumlich-zeitliche Aktionen. Die Reproduktion beinhaltet dabei einen Ist-Soll-Vergleichsprozeß, bei dem einzelne Bewegungsrückmeldungen während der Ausführung kognitiv so verarbeitet, organisiert und mit den Repräsentationen verglichen werden, daß im Resultat ein Bewegungsvollzug entsteht, der zumindest grob dem ursprünglichen Modellverhalten ähnelt. Dabei dienen die repräsentierten Informationen als eine Art Standard. Allerdings beeinflussen sich Akquise und Reproduktion gegenseitig, speziell bei wiederholtem Beobachten des Modellverhaltens mit dazwischenliegenden Ausführungs- und Übungsintervallen. Fehler und Informationsdefizite, die während der Reproduktion bemerkt werden, lenken die Aufmerksamkeit beim erneuten Beobachten des Modellverhaltens auf die bislang unbewältigten Aspekte des Verhaltensstroms und erlauben somit Abänderungen der symbolischen Repräsentation und Konzepte, die dann wiederum mit den Bewegungsrückmeldungen bei der erneuten eigenen Ausführung verglichen werden.

Motivation. Bandura geht hier von der Theorie der Maximierung des erwarteten Nutzens aus. Nach dieser Theorie ist mit einer Reproduktion beobachteten Modellverhaltens dann zu rechnen, wenn in einer gegebenen Situation der erwartete Nutzen der Handlungsreproduktion höher ist als der erwartete Nutzen für die Ausführung anderer Handlungen. Bei der Abschätzung des Nutzens werden die Erwartungen über das Handlungsergebnis, über die sozialen Folgen und über die Selbstbewertung mit einbezogen. Die Ausbildung der Erwartungen geht dabei zum Teil auch auf frühere Modellbeobachtungen zurück.

2.3 Allgemeine Konzeption der Verarbeitung von modellvermittelten Handlungen nach Stränger

Stränger (1979) legt mit seiner allgemeinen Konzeption der Verarbeitung von modellvermittelten Handlungen einen synthetischen, integrativen Modellentwurf vor. Hierbei bezieht er sich auf verschiedene Arbeiten von Bandura, Piaget, Koffka (1921 und 1952) sowie Sheffield (1961) und versucht diese mit theoretischen Überlegungen aus der allgemeinen Psychologie zu verbinden.

2.3.1 Strukturannahmen

Im Zentrum des heuristischen Entwurfes von Stränger (1979) steht die Annahme von vier koordinierten Langzeitspeichern für verschiedene Modalitäten von erworbenen Handlungsschemata:

- ein Speicher für visuelle Merkmale von motorisch ausgeführten Operationen;
- ein Speicher für motorische Operationsprogramme, die im Vollzug von Handlungen weitgehend automatisch eingesetzt werden;
- ein semantischer Speicher, mittels dessen Gruppen von motorischen Operationen unter Bezug auf den Kontext als bedeutungshaltig interpretiert und damit als spezifische Handlung aufgefaßt und benannt werden können;
- ein artikulatorischer Speicher, mittels dessen eine Handlung auch sprachlich dargestellt werden kann.

Die einzelnen Speicher sind dabei durch ein nicht näher spezifiziertes System von erworbenen Koordinationsregeln verbunden, so daß eine Übertragung von Inhalten in gewissem Umfang möglich ist. Stränger weist dabei ausdrücklich auf eine hohe Übereinstimmung seiner Konzeption mit Piaget's Schemabegriff in diesem Punkt hin. Die empirische Überprüfung der hier postulierten Koordinationsregeln und deren Erwerb war und ist dabei auch Thema der entwicklungspsychologischen Forschung (z. B. Piaget, 1935, 1973/1975 u. 1969/1975; Luria, 1961; Bronckhardt, 1973; Wozniak, 1972). Die Langzeitspeicherkomponenten seines Entwurfs betrachtet Stränger dabei als Bausteine, mit denen die Beobachter das Handeln von Modellen durch visuelle Analyse, semantische Interpretation und Beschreibung intern rekonstruieren, kurzfristig speichern und gegebenenfalls auf symbolischer Ebene wiederholen und dabei verdichten können. Folglich hängt nach dieser Konzeption die Reproduzierbarkeit einer Handlung nicht davon ab, ob die dazu benötigten motorischen Operationen vorliegen. Vielmehr muß vorausgesetzt werden, daß hinreichend differenzierte Strukturen für die Analyse und Interpretation der Bewegung und ihrer Ziele gegeben sind, und daß diese Strukturen bereits mit motorischen Operationshierarchien koordiniert sind. In diesen Punkten weicht Strängers Konzeption von der Konzeption Banduras ab.

Eine gewisse Analogie zu Annahmen von Johansson (1973) zur Existenz eines integrierenden Kurzzeitgedächtnisses und von Jenkins, Wald und Pittenger (1978) sowie Freyd (1987) zur Existenz von dynamischen Ereignismodellen beim Beobachter, die während der Beobachtung entstehen und eine Speicherung der beobachteten dynamischen Vorgänge erlauben, ist nicht von der Hand zu weisen (vgl. Abschnitt 2.5.2).

Der Entwurf von Stränger geht dabei aber über die Repräsentation von rein dynamischen Ereignissen weit hinaus und bietet auch Erklärungsmöglichkeiten für die Integration und Repräsentation von weiteren Ereignistypen und sonstigen Informationen an.

2.3.2 Prozessannahmen

Nach Stränger ist davon auszugehen, daß ein Beobachter durch die explizite Instruktion zur Beobachtung spezielle Analysestrategien aktiviert, über die er bereits schon verfügt. Mit Hilfe von speziellen Augenbewegungen (Fixation) tastet er dann das Modell ab, um (unwissentlich) seinen visuellen sensorischen Speicher aufzufüllen. Die in diesem Speicher enthaltenen visuellen Informationen werden dann fortlaufend mit den langfristig gespeicherten visuellen Merkmalen von Bewegungen und Zielen verglichen. Als Vergleichsmaßstab dienen dabei nach Stränger zuvor erworbene „Bündel von visuellen Bewegungsmerkmalen“. Diese Bündel sollen als erworbene funktionale Einheiten die visuelle Identifikation der Bewegung ermöglichen. Damit wird die visuelle Rekonstruktion einer beobachteten Bewegung immer in Einheiten erfolgen, über die der Beobachter schon verfügt. Der Beobachter entnimmt nach dieser Vorstellung dem Vorgang Informationen durch Vergleich mit gespeicherten Inhalten. Dabei dürfte es von den aktivierten Schemata abhängen, auf welcher Korngröße diese Analyse erfolgt. Visuell identifizierbare Abschnitte einer Bewegungsfolge dürften dabei nahezu automatisch semantisch interpretiert und oft auch verbal rekodiert werden, sofern die Bewegung beschreibbar ist. Allerdings sind sich Beobachter über diese Verarbeitungsprozesse kaum bewußt und können beispielsweise selten Auskunft darüber geben, aufgrund welcher Bewegungen sie zu welchen Schlüssen gelangt sind.

Weiterhin spricht Stränger von Segmentierungsprozessen seitens der Beobachter. Unter Segmentierung wird hier der Prozeß verstanden, durch den der Verhaltensstrom in mehr oder weniger umfassende Einheiten gegliedert wird. Diese Gliederung hängt einerseits von objektiven Merkmalen des Vorgangs ab (Pausen, Wechsel, Handstellung u. a.), andererseits ist sie von der Einstellung des Beobachters bestimmt. In diesem Zusammenhang wird von Stränger auf empirische Studien und entsprechende Ergebnisse von Newton (1973), Dickman (1963) und Stränger (1979) verwiesen, die diese Annahme belegen. Newton (1973) hat darüber hinaus nachgewiesen, daß Beobachter abhängig von der jeweiligen Instruktion verschiedene Niveaus der visuellen Analyse realisieren können. Sie können dabei sehr kleine Einheiten selektieren oder auch größere Einheiten bilden, in die die kleineren weitgehend eingebettet sind.

Stränger geht außerdem davon aus, daß die phänomenale Repräsentanz einer beobachteten Handlung in einem Kurzzeitspeicher bewahrt wird. Um den Inhalt des Kurzzeitspeichers über die Zeit zu erhalten, kann der Beobachter diese Bestände durch mentale Übung (vgl. Richardson, 1967) oder durch verbales Rehearsal aktiv erhalten. Die Folge ist die Verfestigung und die zunehmende Abstraktion der Gedächtniscodes (vgl. Bandura & Jeffrey, 1973; Bandura, Jeffrey & Bachicha, 1974). Wenn das Rehearsal unterbleibt oder unterbunden wird, dann dürfte eine beobachtete neue Handlung schon nach relativ kurzer Zeit nicht mehr reproduzierbar sein. Stränger weist darauf hin, daß diese Annahme empirisch leicht überprüfbar sei, indem man zwischen Beobachtung und Reproduktion gezielt Wartezeiten unterschiedlicher Länge einfügt, in denen die Beobachter am Rehearsal bewußt verhindert werden.

Fuhrer (1984) führte eine entsprechende empirische Studie durch, bei der die Versuchspersonen zunächst ein Modellverhalten in Form einer Bewegung beobachteten. Anschließend wurden sie während eines Behaltensintervalls von 20 Sekunden systematisch gestört. Danach sollten sie die gesehene Bewegung wiedererkennen. Es zeigte sich, daß die Wiedererkennensleistung mit zunehmender Störungsintensität abnahm. Eine Nachahmungsleistung wurde zwar nicht erhoben, dennoch spricht dieses Ergebnis für die Annahme von Stränger (1979) zur Bedeutung mentalen Rehearsals.

Zum Prozeß der (motorischen) Reproduktion der beobachteten Handlung macht Strängers Konzeption die Aussage, daß wenn die Reproduktion der Handlung auf motorischem Niveau erfolgen soll, die erworbene Gedächtnisrepräsentanz die Steuerung der motorischen Operationen unter Bezug auf die vorgefundene Umgebung übernehmen muß. Hierzu sind laufende Vergleichsprozesse zwischen den gespeicherten Repräsentanzen der beobachteten Handlung und deren Zielen und den repräsentierten aktuellen Umgebungsmerkmalen erforderlich. Dabei können sich verschiedene Transformationsnotwendigkeiten ergeben (z. B. Anpassung der Bewegung an andersartigen Kontext, räumliche Rotation u. a.). Diese Transformationen werden unter Rückgriff auf überdauernd gespeichertes Regelwissen erfolgen. Während der Handlungsausführung müssen fortlaufend rückgekoppelte visuelle und kinästhetische Informationen verarbeitet werden. Auch diese Steuerungsprozesse dürften nur in Ausnahmefällen bewußt werden.

Zur Existenz und Funktion der von ihm postulierten Langzeitspeicherkomponenten (vgl. Abschnitt 2.3.1) schreibt Stränger: „Bei der Darstellung der Handlungsausführung erweist sich die Notwendigkeit des Postulats von Langzeitspeicherkomponenten. Nur eine Annahme dieser Art, die noch weiter präzisiert werden muß, kann prinzipiell verständlich machen, wie visuelle Vorstellungsrepräsentanzen und/oder verbale Selbstinstruktionen und schließlich Handlungsintentionen die Steuerung von erworbenen motorischen Operationsprogrammen übernehmen können“ (Stränger, 1979, S. 154). In diesem Sinne kann man Strängers Langzeitspeicherkomponenten zur Steuerung der späteren Handlungsausführung auch als Handlungspläne verstehen (vgl. Abschnitt 2.7).

Zu motivationalen Aspekten beim Beobachtungslernen nimmt Stränger nur am Rande Stellung und verweist im wesentlichen auf die unter anderem von Bandura vorgetragene Theorie der Maximierung des erwarteten Nutzens (vgl. Abschnitt 2.2).

2.3.3 Grenzen des Beobachtungslernens

Stränger (1979) weist darauf hin, daß mit Hilfe von Beobachtungslernen nur solche Handlungen erlernbar sind, die innerhalb der strukturellen Grenzen des Beobachters liegen oder nur geringfügig davon abweichen. Ansonsten müßten beispielsweise Kleinkinder, sobald sie artikulieren können, sehr schnell komplexe Satzstrukturen von Erwachsenen übernehmen können, oder zur Einübung neuer Fertigkeiten müsste allein die intensive Beobachtung von Experten ausreichen, um selbst deren Expertisegrad zu erreichen. Die Alltagserfahrung zeigt aber, daß der Erwerb vieler Fertigkeiten ein hohes Maß an Übung voraussetzt. Stränger geht davon aus, daß durch Modellbeobachtung erlernte Handlungsschemata in komplexere Organisationen und in neue Sequenzen gebracht werden können. Dabei steht die strategische Aneignung im Vordergrund. Die taktische Ausfüllung dieser Strategie bis hin zur Automatisierung und stabileren Integration in komplexere Schemata ist erst durch die wiederholte Ausführung möglich.

2.3.4 Präziserungsanforderungen

Stränger ist sich im klaren darüber, daß eine von ihm versuchte kognitive Explikation des Beobachtungslernens eigentlich eine ausgearbeitete und empirisch abgesicherte psychologische Handlungstheorie erfordert, die aber bis dato nicht existiert und von ihm auch nicht angeboten werden kann. Solch ein handlungstheoretischer Entwurf muß dabei auf einschlägigen allgemeinspsychologischen Theorien beruhen, die allerdings teilweise in ihren jeweiligen Grundlagenforschungsbereichen ihrerseits umstritten sind, obwohl sie (noch) nicht empirisch falsifiziert werden konnten.

Ein weiteres Problem seines Entwurfes ist, daß dieser selbst in Ausschnitten nicht ohne weitere Präzisierung empirisch überprüfbar ist. So ist eine Umwandlung seines Entwurfes in eine Theorie mit Erklärungswert davon abhängig, daß die Formulierung von allgemeinen Hypothesen und die Spezifikation empirisch überprüfbarer Vorhersagen gelingt. Dafür ergeben sich zwei Anforderungen: [1] Es ist zweckmäßig, die Präzisierung für bestimmte Handlungsklassen vorzunehmen, wozu man am besten auf eine Typologie des menschlichen Handelns zurückgreifen sollte, die aber nicht vorliegt. Dies würde erlauben, spezifischere Modelle für einzelne Handlungsklassen zu entwickeln, die eine erhebliche praktische Bedeutung für die Übermittlung und Aneignung von Handlungen gewinnen könnten. [2] Eine weitere Präzisierung sollte vom Entwicklungsstand des Beobachters ausgehen. Diese Forderung folgt für Stränger aus den kognitiven und motivationalen Veränderungen im Entwicklungsverlauf des Menschen.

Zusammenfassend sei gesagt, daß die hier vorgestellte allgemeine Konzeption der Verarbeitung von modellvermittelten Handlungen nach Stränger (1979) trotz der von ihm selbst eingeräumten Mängel und ihrem zusätzlichem Präziserungsbedarf sowie ihrer mangelnden empirischen Absicherung dennoch als weitgehend brauchbares Gerüst für die Erklärung und Einordnung der im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit angefallenen Beobachtungen und gewonnenen Erkenntnisse Verwendung finden soll.

2.4 Cognitive Effort beim Beobachtungslernen

Zum Thema des Beobachtungslernens legten Lee, Swinnen und Serrien (1994) einen integrativen Ansatz vor, in dessen Zentrum die Frage des kognitiven Aufwandes (cognitive effort) beim Beobachtungslernen steht. Diesen definieren sie als das Maß der mentalen Bemühungen, welches das Erlernen von Modellverhalten durch Beobachtung und die Bewegungs- und/oder Handlungsausführung während der Reproduktion dieses beobachteten Modellverhaltens erfordert. Ihr Ansatz besteht im wesentlichen in der Annahme, daß es einen direkten Zusammenhang gibt zwischen dem kognitiven Aufwand, den ein Lernender bei der Akquise und Reproduktion investiert, und der erzielten Behaltensleistung. Sie nehmen weiterhin an, daß die Rahmenbedingungen bei der Akquise durch Beobachtungslernen auf unterschiedliche Art gestaltet werden können, um auf diese Weise gezielt das Maß an kognitivem Aufwand zu beeinflussen. Beispielsweise sind Übungsbedingungen, bei denen die Anzahl der möglichen Beobachtungszyklen reduziert ist, und/oder die es erzwingen, sich vorwiegend auf die bereits kognitiv repräsentierte Information zu verlassen (beispielsweise durch hohe kontextuale Interferenz), dazu angetan, den kognitiven Aufwand zu erhöhen.

Shea und Morgan (1979) führten in diesem Zusammenhang ein Experiment durch, bei dem zwei Gruppen von Probanden jeweils drei einfache Laboraufgaben lernten. Alle Details des Lern- und Übungsvorgangs waren dabei identisch, außer der Reihenfolge, in der die Aufgaben gelernt wurden. Bei der Block-Bedingung wurden alle Lern- und Übungszyklen zu einer Aufgabe abgeschlossen, bevor die nächste Aufgabe an der Reihe war. Im Gegensatz dazu wurden in der Zufalls-Bedingung die Aufgaben in zufälliger Folge erlernt und geübt, so daß ständig zwischen verschiedenen Aufgaben gewechselt werden mußte. Somit war bei dieser Bedingung wesentlich mehr kontextuale Interferenz zwischen den Aufgaben gegeben als in der Block-Bedingung. Dementsprechend war die Performanz bei der Akquisition (gemessen über die Zeitdauer) bei der Zufallsbedingung deutlich schlechter. Die Behaltensleistung nach 10 Minuten und nach 10 Tagen war allerdings bei der Zufalls-Bedingung signifikant besser als bei der Block-Bedingung. Shea und Morgan bezeichneten das in ihrer Studie aufgetretene Phänomen als „*kontextualen Interferenz-Effekt*“. Dessen Existenz konnte in weiteren empirischen Studien mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen bestätigt werden (Shea & Titzer, 1993; Wulf & Lee, 1993; Chamberlain & Lee, 1993).

Die These von Lee, Swinnen und Serrien (1994) besteht nun darin, daß eine Erhöhung des kognitiven Aufwandes bei der Akquise (inkl. Übungsphasen) typischerweise die Akquisitionsleistung verringert, im Vergleich zu Bedingungen, bei denen der kognitive Aufwand minimiert wird. Allerdings wirkt sich dieser erhöhte kognitive Aufwand bei der Akquise in vielen Fällen positiv auf die Behaltensleistung und das Lernergebnis aus. Eine Parallele zu den von Salomon berichteten Beobachtungen im Zusammenhang mit Wissensaufnahme aus Texten oder aus dem Fernsehen drängt sich an dieser Stelle auf (Salomon-Effekt, vgl. 3.2). Auch Salomon fand, daß der erhöhte mentale Aufwand beim Lesen von Texten im Vergleich zum Fernsehen zu besseren Behaltensleistungen führte (Salomon, 1984; Renner, 1994).

Weeks, Hall und Anderson (1996) führten eine Studie zum Beobachtungslernen durch, bei der die Probanden die 26 Zeichen des amerikanischen Taubstumm-Alphabets erlernen sollten. Es gab 3 Bedingungen: [1] Die parallele Bedingung, in der die Probanden die Zeichen jeweils einzeln parallel zur Beobachtung nachahmten und einübten, [2] die verzögerte Bedingung, bei der die Probanden die Zeichen erst dann nachahmen und einüben durften, wenn 3 Zeichen aufeinanderfolgend demonstriert worden waren und [3] die gemischte Bedingung, bei der zu Beginn des Lernvorgangs wie in der parallelen Bedingung und später wie in der verzögerten Bedingung vorgegangen wurde. Fünf Minuten und 48 Stunden nach der Akquisitions-Phase wurde der Lernerfolg überprüft durch verschiedene Performanz- und Erinnerungs-Tests. Es zeigte sich, daß die verzögerte Bedingung bei den meisten Tests überlegen war, speziell bei den Langzeit-Performanz- und Erinnerungs-Tests. Die gemischte Bedingung lag dabei stets zwischen der parallelen und der verzögerten Bedingung. Weeks et al. folgern daraus, daß die Probanden durch die Verzögerung gezwungen waren, mehr kognitiven Aufwand in die Kodierung und kognitive Repräsentation des beobachteten Modellverhaltens zu investieren, mit entsprechenden Vorteilen für den Lernerfolg und speziell die Langzeitspeicherung.

Auch Cennamo, Savenye und Smith (1991) stellten im Zusammenhang mit videovermittelten Lernvorgängen fest, daß der investierte mentale Aufwand (AIME, vgl. Salomon, 1984) als ein bestimmender Faktor für Lernerfolg und Langzeitspeicherung gelten kann, wobei hohes AIME meist für bessere Ergebnisse sorgt (vgl. Abschnitt 3.1).

Eine weitere Möglichkeit, den kognitiven Aufwand beim Beobachter zu steigern besteht darin, keine Experten als Modelle zur Demonstration des zu lernenden Verhaltens einzusetzen. Anstelle der Experten können auch Novizen als Modell dienen, die gerade selbst dabei sind, das Verhalten zu lernen und zu Üben. Hierbei sollten sie allerdings von einem Experten angeleitet werden. Adams (1986) führte in diesem Zusammenhang eine empirische Studie durch, bei der zwei Gruppen von VPN ein Novizen-Modell beim Erlernen und Üben (50 Übezyklen) einer zeitabhängigen Bewegungsaufgabe beobachten konnten. Der Unterschied in den Versuchsbedingungen bestand darin, daß die eine Gruppe der VPN die anleitenden und rückmeldenden Informationen des Experten an das Novizen-Modell mithören konnten, während die andere Gruppe dies nicht konnte. Adams fand nun, daß beide Gruppen bei nachgeschalteten Lerntests besser abschnitten als die Novizen-Modelle selbst, wobei die Gruppe, die die Rückmeldungen mithören konnte, am besten abschnitt. Weitere ähnlich angelegte Studien kamen zu vergleichbaren Ergebnissen (McCullagh & Caird, 1990; McCullagh & Meyer, 1993). Man kann also davon ausgehen, daß in vielen Fällen Novizen-Modelle keine Nachteile für den Lernvorgang bringen. In einigen Fällen können sie sogar Vorteile bringen. Lee, Swinnen und Serrien (1994) erklären diesen Effekt damit, daß der Expertisegrad des Modells einen Einfluß auf den kognitiven Aufwand beim Beobachter hat. Ein Experten-Modell liefert zwar einen perfekten Verhaltensstrom als Vorlage, ein Novizen-Modell bezieht aber den Beobachter stärker in die Problemlöseprozesse mit ein, die mit seinem eigenen Lernvorgang einhergehen (vgl. Adams, 1986). Der Beobachter kann dabei sowohl den eigentlichen Verhaltensstrom des Modells beobachten als auch dessen Erfolg bei der Bemühung, in iterativen Übezyklen eventuelle Fehler bei der Ausführung zu verringern.

2.5 Dynamische Informationen

Aufgrund der in dieser Arbeit untersuchten Fragestellungen (siehe auch Kapitel 5 sowie Abschnitte 6.1 und 7.1) gilt den Anteilen dynamischer Information innerhalb des zu beobachtenden Modellverhaltens besonderes Interesse.

2.5.1 Wahrnehmung dynamischer Informationen

Das visuelle System des Menschen ist, wie bei allen höheren Säugetieren, in der Lage, eine Bewegung vor einem stillstehenden oder auch bewegten Hintergrund weitgehend eindeutig und mit hoher Genauigkeit zu erkennen. Auf der Basis dieser physiologischen Fähigkeit gelingt es uns, perzeptiv auch abstraktere Kategorien von Bewegung aufzunehmen und ganze Bewegungszusammenhänge zu unterscheiden und zuzuordnen.

Johansson (1976) führte Untersuchungen zur Wahrnehmung biologischer Bewegung durch, in dem er an den Hauptgelenken sich bewegender Personen Lämpchen anbrachte. Die sich bewegenden Personen führten dabei verschiedene Tätigkeiten aus. Durch entsprechende Kontrast-Manipulation des dabei aufgezeichneten Videomaterials gelang

es, die handelnde Person selbst auszublenden und nur die Bewegung der Lämpchen sichtbar zu machen. Auf diese Weise konnte der Einfluß von Vorwissen seitens eines Beobachters ausgeschlossen werden und die visuelle Wahrnehmung quasi getrennt untersucht werden. Den beobachtenden Probanden gelang es dabei mit erstaunlich hoher Treffsicherheit die Bewegungen des Modells, wie Radfahren, Tanzen und dergleichen eindeutig aus der Bewegung der Lichtpunkte als menschliche Tätigkeiten zu erkennen und zu benennen. Dies galt allerdings nur für den Fall, daß die Modelle sich bewegten. Aus entsprechenden statischen Vorlagen konnten keine Personen oder Handlungen erkannt werden. Kozlowski und Cutting (1977) konnten zeigen, daß Beobachter aus dem Gang von Lichtpunkt-Darstellern das Geschlecht der Personen aus deren Gehweise ermitteln konnten. In weiteren Studien gelang es den beobachtenden Probanden gar, das Gewicht von unsichtbaren, durch die Lichtpunkt-Darsteller angehobenen Gewichten ziemlich genau anhand des Bewegungsablaufs beim Anheben zu bestimmen (Runeson & Frykholm, 1981; Valenti & Costall, 1997).

Diese Befunde zeigen, daß unsere Wahrnehmung offensichtlich in der Lage ist, uns mit sehr präzisen Informationen über (menschliche) Bewegungsabläufe und deren Zusammenhänge zu versorgen, selbst wenn die zu beobachtenden Bewegungsabläufe in stark abstrahierter Form angeboten werden. Auch die Wahrnehmung von Intentionen (z. B. Runeson & Frykholm, 1983), von Emotionen (z. B. Bassili, 1979) und Kausalität (z. B. Michotte, 1966) aus Bewegungsabläufen konnte nachgewiesen werden, was hier aber nicht vertieft dargestellt werden soll.

Eine genauere Betrachtung der hier angesprochenen Wahrnehmungsphänomene läßt vermuten, daß an den Vorgängen bei der Wahrnehmung dynamischer Informationen von rein physiologischen über eher perzeptuelle, unwillkürliche Prozesse niedrigerer Ordnung bis hin zu kognitiven, informationsverarbeitenden oder -selektierenden Prozessen höherer Ordnung verschiedene Prozesse mit Anteilen in unterschiedlicher Gewichtung beteiligt sind (vgl. Abschnitte 2.2, 2.3.1, 3.4).

2.5.2 Speicherung dynamischer Informationen

Von großer Bedeutung für die hier vorgelegte Arbeit sind Betrachtungen und Erkenntnisse über die Speicherung von wahrgenommenen Bewegungsereignissen durch die Beobachter. Das beobachtete Verhalten hat dabei stets eine gewisse zeitliche Ausdehnung. Diese Tatsache impliziert, daß anfänglich wahrgenommene Anteile des Bewegungsereignisses mit später wahrgenommenen Anteilen verknüpft und gemeinsam verarbeitet werden müssen, um eine Wahrnehmung ganzer Bewegungszusammenhänge zu ermöglichen. Johansson (1973) ging aus diesem Grunde von der Existenz eines integrierenden Kurzzeitgedächtnisses aus. Weitergehende Untersuchungen von Jenkins, Wald und Pittenger (1978) und Freyd (1987) führten zu der Annahme der Existenz von dynamischen Ereignismodellen beim Beobachter, die während der Beobachtung entstehen und eine Speicherung der beobachteten dynamischen Vorgänge erlauben.

Bei den so postulierten dynamischen Ereignismodellen handelt es sich nach Freyd (1987) um eine Art von Speicher, in den zu verschiedenen Zeitpunkten Informationen eingebracht werden können und der es erlaubt, zwischen eben diesen Informationen Kohärenz herzustellen. Der von Hommel und Stränger (1994) in diesem Zusammenhang erwähnte Wahrnehmungsansatz geht dabei davon aus, daß zur Gewinnung eines

dynamischen Ereignismodells nicht zwingend eine kontinuierliche Abbildung sensorischer Repräsentationen auf ein Perzept notwendig ist, sondern daß mit Hilfe einzelner perzeptiver Stichproben ein Ereignismodell erstellt und durch neue Wahrnehmungen laufend aktualisiert und ergänzt wird (vgl. Hommel und Stränger, 1994, S. 550).

Um die Existenz dynamischer Ereignismodelle zu überprüfen, führten Jenkins, Wald und Pittenger (1978) eine Folge von empirischen Studien durch, während derer sie Probanden jeweils eine Serie von einzelnen Dias vorführten, die alle aus einem gemeinsamen Handlungszusammenhang entnommen waren. So wurde zum Beispiel eine Dame bei der Zubereitung einer Tasse Tee fortlaufend fotografiert. Aus der kompletten Folge der so gewonnenen Dias wurde zunächst jedes dritte Dia entfernt (*belonging slides*). Die so modifizierte Dia-Serie wurde den Probanden zweimal vorgeführt (*original slides*). Anschließend wurden den Probanden in einem Erinnerungstest erneut Dias gezeigt, mit der Bitte zu bestimmen, ob diese Dias bereits zuvor gesehen wurden, oder nicht. Diese bestanden zu gleichen Teilen aus [1] Dias der Original-Serie, die bereits gezeigt wurden (*original slides*), [2] aus Dias die zwar aus der Original-Serie stammten, aber zuvor entfernt und somit noch nicht gezeigt worden waren (*belonging slides*) und [3] speziellen Kontroll-Dias, die zwar aus der gleichen Szene stammten, aber absichtliche Fehler enthielten, wie beispielsweise die Tasse in der falschen Hand, oder ein zusätzlicher auffälliger Gegenstand auf dem Tisch, oder aus einem anderen Blickwinkel aufgenommen (*control slides*). Die Resultate waren verblüffend: 80 % der bereits anfänglich gezeigten *original slides* wurden als solche erkannt, aber 50 % der zuvor entfernten *belonging slides* wurden fälschlicherweise auch für *original slides* gehalten, wogegen nur 10 % der *control slides* fälschlicherweise für *original slides* gehalten wurden. Weitere ähnliche Untersuchungen kamen zu vergleichbaren Resultaten, wobei die Anzahl der fälschlicherweise für *original slides* gehaltenen *belonging slides* deutlich abnahm, wenn der aufgenommenen Szene keine ausgesprochene zusammenhängende, narrative Handlungsstruktur zu Grunde lag.

Jenkins, Wald und Pittenger (1978) schließen aus diesen Ergebnissen, daß die Probanden aus der stichprobenartigen Bildfolge die zugrundeliegende Handlung in ihrer zeitlichen Abfolge (*pictorial event*) entnommen hatten, wobei sie offensichtlich die fehlenden Anteile durch eine Art Interpolation ergänzt hatten. Sie waren daher nur schwer in der Lage, zusätzliche Bilder aus derselben Handlung von den bereits gesehenen zu unterscheiden. Eine spezifische Erinnerung an einzelne Bilder wurde dabei dem Anschein nach durch eine Art abstrakter, eher genereller Erinnerung an die erkannte Handlung als solche überlagert oder überdeckt. Gleichzeitig waren die Probanden sehr wohl in der Lage, die inkongruenten Merkmale der *control slides* zu erkennen und diese somit als unstimmig zu identifizieren, also eine Abweichung vom zuvor aufgebauten dynamischen Ereignismodell festzustellen. Die Autoren folgern daraus, daß es ein Primat des dynamischen Ereignismodells gibt gegenüber der Erinnerung an Einzelinformationen, die zu seiner Gewinnung beigetragen haben.

Hierbei ist interessant, daß es dem Menschen offenbar relativ mühelos gelingt, aus derartigen Einzelinformationen auf die darunterliegende Handlung zu schließen und dabei eine Form der Kohäsion oder auch Kohärenz zu empfinden. In mehreren empirischen Untersuchungen konnte Jennifer Freyd (1983 und 1987) nachweisen, daß Probanden in der Lage sind, dynamische Ereignismodelle aus wenigen Standbildern

abzuleiten, wenn diese Standbilder die entscheidenden dynamischen Informationen implizit enthalten. Dabei kommt es nicht darauf an, daß die Abfolge der Bilder in Echtzeit dargeboten wird. Freyd argumentiert, daß unser Wahrnehmungssystem ständig auf der Suche nach Anhaltspunkten für dynamische Veränderungen ist, selbst in Standbildern. Um diese These zu belegen führte sie Probanden Standbilder vor, in denen bewegte Objekte fotografisch „eingefroren“ waren. So war beispielsweise ein Mann zu sehen, der von einer Mauer sprang, und zwar mitten in dieser Bewegung, quasi in der Luft hängend. In diesem Bild war rein objektiv keinerlei Bewegung vorhanden, jedoch implizit konnte vom Betrachter auf einen vergangenen Beginn und eine mögliche Fortsetzung der Bewegung geschlossen werden. Freyd nahm an, daß beim Betrachter auch durch die Betrachtung nur dieses einen Standbildes die Bildung eines dynamischen Ereignismodells induziert wurde. Wenn dem so war, so sollte ein anschließend dargebotenes Bild, das die Bewegung in einem etwas fortgeschritteneren Stadium zeigt, schlecht vom Originalbild (Standard) unterschieden werden können. Zum Vergleich wurden einer Kontrollgruppe zwei identische Bilder angeboten. Im Resultat zeigte sich, daß die Probanden besonders viel Zeit für die Unterscheidung der Bilder benötigten, wenn das zweite Bild den Standard besonders gut fortsetzte. Ähnlich wie bei den Ergebnissen von Jenkins, Wald und Pittenger hing dabei die Unfähigkeit zur Unterscheidung der Bilder stark von deren innerem Zusammenhang ab. Ein hoher Zusammenhang, also eine möglichst gute Fortsetzung des Standards sorgte dabei für eine hohe Zahl von Verwechslungen, bzw. eine lange zur Unterscheidung nötige Zeitdauer. Diese Ergebnisse bestärken also ebenfalls die Annahme von der Existenz dynamischer Ereignismodelle als eigenständige Formen mentaler Repräsentation beim Menschen, mehr oder weniger unabhängig von anderen Formen. Freyd (1987) geht sogar so weit zu vermuten, daß in manchen Fällen statische mentale Repräsentation eine Art Sonderform der dynamischen Repräsentation sei und daß die dynamische Form eher die Regel als die Ausnahme sei. Hier sieht sie weiteren Forschungsbedarf für die Zukunft.

Zur Abgrenzung der dynamischen mentalen Repräsentationen von anderen Formen mentaler Repräsentation führt Freyd (1987) zwei wesentliche Unterscheidungskriterien an: [1] In einer dynamischen mentalen Repräsentation ist die Zeit analog (oder *intrinsisch* nach Palmer, 1978) repräsentiert und hat damit dieselbe oder eine ähnliche Struktur, wie die Zeit in der realen Welt. [2] Die Zeit als solche ist zwingend in einer dynamischen mentalen Repräsentation repräsentiert, was bedeutet, daß die repräsentierte Dimension der Zeit nicht aus der Repräsentation entfernt werden kann, ohne daß diese komplett ihren Sinn verliert. Nicht unerwähnt soll auch bleiben, daß Freyd und andere einen Einfluß bereits vorhandenen Vorwissens auf die kognitive Bildung dynamischer Ereignismodelle annehmen. So werde bei der Bildung eines dynamischen Ereignismodells sowohl direkt auf die aktuell perzipierten dynamischen Informationen als auch auf eventuell vorhandenes Vorwissen (z. B. Fallgesetze, o. Ä.) des Beobachters zurückgegriffen (Freyd, 1983 u. 1987; Valenti und Costall, 1997).

2.5.3 Bedeutung dynamischer Information für das Beobachtungslernen

Aus dem bisher Gesagten geht nur zum Teil hervor, welche Bedeutung speziell die dynamische Komponente der Information aus der Beobachtung eines Modellverhaltens für das Beobachtungslernen als Solches hat.

Hommel und Stränger (1994) weisen in diesem Zusammenhang auf eine Reihe empirischer Untersuchungen hin, deren Ergebnisse dafür sprechen, daß sowohl Körperbewegungen im Sinne der prozessähnlichen Bewegungsnachahmung als auch zielgerichtete Handlungen im Sinne der resultatorientierten Handlungsnachahmung (vgl. Abschnitt 2.1) nach dynamischer Darbietung des Modellverhaltens besser reproduziert werden können als nach Darbietung einer Sequenz von einzelnen Standbildern (Roshal, 1961; Stränger, 1979; Gray et al., 1991). Sofern bei diesen Arbeiten eine sorgfältige Auswahl der Einzelbilder, z. B. im Sinne von Breakpoints nach Newton (1973) (vgl. Abschnitt 2.6) durchgeführt worden ist, kann davon ausgegangen werden, daß über den Umweg der Wahrnehmung auch die Reproduktion des Modellverhaltens von der dynamischen Darbietung desselben profitierte.

Wetzel, Radtke und Stern (1994, S. 73) weisen darauf hin, daß dynamische Informationen Lernprozesse speziell unterstützen und erleichtern könnten, [1] indem sie Kontinuität in sequentiellen, temporal-spatialen Beziehungen von Objekten und/oder Bewegungen zueinander begreifbar machen; [2] wenn eine Bewegung als solche erlernt werden soll; [3] wenn durch sie Inhalte und Informationen vermittelt werden können, die auf anderem Wege, beispielsweise verbal, nur schwer beschrieben werden können. Diese drei Gesichtspunkte sind speziell kritisch im Fall von Lernvorgängen im Zusammenhang mit prozeduralen Bewegungs- und/oder Handlungssequenzen, wie beispielsweise dem Auseinandernehmen und/oder Zusammensetzen von Geräten oder dem Herstellen komplizierter Objekte durch eine organisierte Abfolge von einzelnen komplizierten Bewegungen. Die kontinuierliche Darstellung vermittelt dabei eine räumlich-zeitliche Verbindung zwischen einzelnen Handlungsabschnitten indem sie zeigt, wie diese im zeitlichen Fluß ineinander übergehen oder überleiten. Einige Typen von zu erlernenden prozeduralen Bewegungs- und/oder Handlungssequenzen lassen sich zwar als Abfolge einzelner, eher unabhängiger Schritte auffassen, andere allerdings erfordern eine kontinuierliche Darstellung. Kontinuität ist dabei vor allem dann hilfreich, wenn eine verkettete Abfolge von Einzelschritten untereinander dynamisch verknüpft ist und sequentiell betrachtet werden muß (Allen & Weintraub, 1968; Gropper, 1968; Spangenberg, 1973). Kontinuität kann darüber hinaus Details aufdecken, die durch eine Segmentierung in einzelne Abschnitte oder Standbilder verloren gehen könnten, wie z. B. kleinste Veränderungen oder gleichzeitige Bewegung mehrerer Objekte.

Allen und Weintraub (1968) führten eine empirische Studie durch zur Bedeutung von dynamischen Informationen in Lehrfilmen. Hierbei wurden Oberschülern insgesamt 81 Lehr-Darbietungen unterschiedlicher Art vorgeführt, allesamt ohne Audio-Anteil. Der Effekt der dynamischen Komponente wurde dabei dadurch untersucht, daß alternativ [1] (Stumm-) Filme, [2] Einzelbildfolgen mit Bewegungssimulation oder [3] einzelne Standbilder der wichtigsten Stellen verwendet wurden. Inhaltlich gab es drei Themengebiete: [I] Wissenschaft, [II] gekonnte Körperbewegung (Gymnastik, etc.) und [III] Sozialwesen. Weiterhin gab es 3 Instruktionsvarianten: Die Schüler sollten aus den verschiedenen Vorführungen entweder [A] Faktenwissen, [B] Organisationswissen (die Abfolge der Aktionen) oder [C] Konzeptwissen extrahieren. Somit ergaben sich also insgesamt 27 verschiedene Bedingungen. Im Ergebnis zeigte sich, daß in 70 % der Fälle die Film-Bedingung [1] den anderen beiden Bedingungen [2] und [3] überlegen war, was den Lernerfolg anbetraf. Dabei gab es praktisch keine Unterschiede zwischen

Bedingung [2] und [3]. Am meisten von der Filmdarbietung schien die Instruktionsvariante Organisationswissen [B] zu profitieren, während Konzeptwissen [C] am geringsten profitierte. Da die Daten mit Hilfe von Fragebögen erhoben wurden, läßt sich keine Aussage über Vorteile bei Nachahmungsaufgaben machen. Der deutliche Vorteil für die Instruktionsvariante Organisationswissen [B] läßt aber die Vermutung nahe liegen, daß der Erwerb von prozeduralem Handlungswissen im durchgeführten Experiment von dynamischer Darbietung profitiert hat.

Roshal (1949 und 1961) führte eine Studie zum Erlernen und zur Ausführung von Seemannsknoten durch Beobachtungslernen durch. Hierbei wurde einer Gruppe von Probanden ein Film des jeweils herzustellenden Knotens gezeigt, während eine andere Gruppe sorgfältig gewählte Standbilder zu sehen bekam. Hierbei zeigte sich im Lernergebnis ein signifikanter Vorteil für die Film-Bedingung. Das zusätzliche Zeigen von Händen bei der Herstellung des Knoten brachte keinen Vorteil im Vergleich zur reinen Darbietung der Bewegung des Seils (Trickfilm). Die Darbietung der Herstellung der Knoten aus dem subjektiven Betrachtungswinkel des vorführenden Modells war einer um 180 Grad gedrehten Darbietung aus einer Beobachterperspektive deutlich überlegen.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, daß dynamische Darbietungen im Rahmen des Beobachtungslernens immer dann eine fördernde Wirkung für den Aufbau eines Handlungsplanes haben, wenn durch sie eine spezifische Art von dynamischen Informationen übertragen und wahrgenommen werden kann, die in anderen Modalitäten von Information so nicht oder nur unzureichend angeboten werden kann (vgl. Wetzell, Radtke & Stern, 1994, S. 73 ff). Diese Erkenntnis spielt für die Wahl von Symbolsystemen beim Beobachtungslernen über Medien eine entscheidende Rolle (vgl. Abschnitt 3.5).

2.6 Segmentierung

Der im Rahmen des Beobachtungslernens von Bewegungs- und/oder Handlungsabläufen durch den Beobachter wahrgenommene Verhaltensstrom des vorführenden Modells wird vom Beobachter selten in Form einer einzigen umfassenden kompakten mentalen Repräsentation abgespeichert werden. Viel eher ist davon auszugehen, daß der Beobachter meist nach gewissen Kriterien Teilsegmente bildet (Dickman, 1963; Newton, 1973; Stränger, 1979; Kozma, 1991; Verhagen, 1992 und 1993).

Stränger (1979) spricht von Segmentierungsprozessen, durch die der beobachtete Verhaltensstrom in mehr oder weniger umfassende Einheiten gegliedert wird. Diese Gliederung hängt einerseits von objektiven Merkmalen des Vorgangs ab (Pausen, Wechsel, Handstellung u. a.), andererseits ist sie von der Einstellung des Beobachters bestimmt (vgl. Abschnitt 2.3.2).

Newton (1973) konnte nachweisen, daß Beobachter abhängig von der jeweiligen Instruktion verschiedene Niveaus der visuellen Analyse realisieren können. Sie könnten dabei sehr kleine Einheiten selektieren oder auch größere Einheiten bilden, in die die kleineren weitgehend eingebettet seien.

Verhagen führte eine empirische Studie zum Beobachtungslernen mit interaktivem Video durch. Er zerlegte zunächst einen 36-minütigen Videofilm über Käseproduktion nach inhaltlichen Gesichtspunkten in 252 kleinste Informationseinheiten. Seinen VPN

ermöglichte er nun, die Präsentation während der Beobachtung jederzeit anzuhalten, wobei diese immer noch bis zum Ende der aktuellen Informationseinheit weiterlief. Danach wurden jeweils Fragen zum gerade Gesehenen beantwortet, worauf die Präsentation fortgesetzt wurde. Er fand heraus, daß die Versuchspersonen sehr unterschiedliche Segmentlängen zwischen 16 Sekunden und 11 Minuten wählten. Die mittlere Länge lag dabei bei 1,7 Minuten. Im Vergleich zu Kontrollgruppen mit fester Segmentlänge oder ohne Möglichkeit zum Anhalten der Präsentation fand er heraus, daß generell kurze Segmentlängen bessere Behaltensleistung beim Test unmittelbar nach dem Anhalten brachten, wobei die Freiheit der selbstgewählten Segmentlängen keine zusätzlichen Vorteile brachte. Im Langzeitbehaltentest nach drei Wochen schnitten allerdings diejenigen am Besten ab, die sehr lange Segmente gesehen hatten oder ganz ohne Abbruchmöglichkeit gewesen waren. Verhagen führt dies auf den Effekt des erhöhten kognitiven Aufwandes bei der Verarbeitung der langen Segmente zurück, welcher zu besseren Langzeiterinnerungsleistungen führt. Dieser Effekt wurde auch von Weeks et al. (1996) und weiteren Autoren beschrieben (vgl. Abschnitt 2.4).

Hommel und Stränger (1994) interpretieren Segmentierung als vorwiegend kognitive Leistung. Sie ist eine begriffliche Klassifikation auf der Grundlage aktivierter Wissensstrukturen. Der Verhaltensstrom beinhaltet dabei anatomische oder physikalische Gliederungsmerkmale, die zur Identifikation von Handlungen genutzt werden (Barker, 1963; Dickman, 1963; Newton 1973). Stränger (1979) geht davon aus, daß die Größe der gebildeten Segmente die Reproduktionsleistung beeinflusst, kann aber keinen empirisch belegten, eindeutigen Zusammenhang angeben. Der unmittelbare Einfluß der Segmentierung auf das Beobachtungslernen bleibt somit etwas im Unklaren und bietet damit offene Forschungsfragen für die Zukunft an.

2.7 Handlungspläne

In Zusammenfassung der bisher dargestellten Erkenntnisse läßt sich formulieren, daß als wichtigstes Ergebnis eines intentionalen Beobachtungslernvorganges zum Erwerb von Bewegungs- und/oder Handlungsabläufen der mentale Handlungsplan angesehen werden kann. Dieser wird während der Beobachtung des Modellverhaltens durch eine Kombination perzeptueller und kognitiver Prozesse beim Beobachter erworben, mental repräsentiert und überdauernd gespeichert (vgl. Abschnitte 2.1, 2.3.1, 2.3.2 und 2.5.2). Während der Reproduktion des Modellverhaltens durch den Beobachter dient der Handlungsplan dann als Grundlage und Referenzwert für die motorische Ausführung und sequentielle Ablaufsteuerung des auszuführenden Verhaltens und seiner Teilschritte.

Stränger (1979) gibt hierzu an, daß die Beobachter vom Modell den strategischen Handlungsplan lernen, der durch bereits verfügbare motorische Operationen realisiert wird. Ob dieser Plan eher eine Sequenz von Orten ist, die möglicherweise zu einer Simultanrepräsentanz der Umgebung (vgl. Tolman, 1949: „cognitive map“) organisiert werden oder eine Folge von Bewegungsabläufen enthält, wird nach Stränger wahrscheinlich mit davon abhängen, wie der Betrachter die Aufgabe interpretiert. Gelernt wird also eine figurale Vorstellung, die als Handlungsplan in der Reproduktionsphase die Anpassung der Bewegung an verschiedene Bezugssystemgrößen ermöglicht (vgl. Abschnitt 2.3.2).

Fuhrer (1984) spricht in diesem Zusammenhang vom Handlungsraumkonzept. Die Modellbeobachtungen dienen dabei dem Beobachter in Anlehnung an das Handlungsgrundschema von Kaminski (1981) als wichtige Grundlage zum Aufbau eines solchen aufgabengemäßen, antizipativen Handlungsplanes. Die anschaulich-modellhaft präsentierte Bewegungshandlung liefert dabei die Basisinformation für die zu Beginn des Aufbaus eines neuen Handlungsplanes erforderliche visuelle Wahrnehmung. Diese ermöglicht nun dem Beobachter eine Modifikation seines Handelns in Richtung der vordemonstrierten Zielhandlung. Der Aufbau dieses Handlungsraumkonzeptes vollzieht sich dabei unter Verwendung bereits verfügbaren Wissens (Kaminski, 1970 u. 1981). Dessen Einbeziehung in den Handlungsaufbau wird durch die Modellbeobachtung aktiviert. Mit Hilfe dieses Vorwissens interpretiert und kategorisiert der Beobachter den wahrgenommenen Handlungsvollzug und baut damit einen Vorentwurf der aktionsrelevanten Bewegungshandlung auf. Derart repräsentierte Informationen bestehen nach Neisser (1967) aus Spuren früherer Akte kognitiver Konstruktionen. Diese sind untereinander im Sinne mentaler Strukturen organisiert. Die handlungssteuernde Wissensbasis des Beobachters wird auf dem Fundament solcher Strukturen organisiert.

Der Ansatz der sensomotorischen Konzeptualisierung von Dauterive und Blischke (1984) geht davon aus, daß ein Beobachter während der Beobachtung des Modellverhaltens durch visuomotorischen Informationsumsatz ein allgemeines Bewegungskonzept erwirbt, das sich sowohl aus statischen als auch aus dynamischen Hinweisreizen speist. Nach Blischke (1988) ist diese Bewegungsvorstellung als kognitionsseitiges Korrelat des sensomotorischen Lernprozesses und als „personinterne Ausführungsvorschrift“ für die nachfolgende Realisierung anzusehen. Die bei der Beobachtung erworbene Bewegungsvorstellung fungiert nach Blischke dabei als organisierender Rahmen für die Koordinationsprozesse bei der Bewegungsrealisierung. Das so erworbene allgemeine Bewegungskonzept ist nach Bedeutungseinheiten strukturiert. Diese Bedeutungseinheiten können beispielsweise Teilbewegungen (sensomotorische Operationen) umfassen.

Müller (1995) unterscheidet in seiner Dissertation zur anteilmäßigen Bedeutung kognitiv-konzeptbildender und motorisch-adaptiver Teilprozesse in frühen und in späteren Abschnitten des sportmotorischen Modelllernens zwei Hauptphasen:

- Kognitiv-konzeptbildende Teilprozesse: Diese leisten den fortschreitenden Aufbau einer Bewegungsvorstellung (sensomotorische Konzeptualisierung; Blischke, 1988) als einem wesentlichen kognitiven Korrelat des visuomotorischen Lernprozesses;
- Motorisch-adaptive Teilprozesse: Diese bewirken im wesentlichen den Feedback-basierten Aufbau und die Weiterentwicklung funktioneller Mechanismen der Bewegungsproduktion und -kontrolle.

Die wichtige Bedeutung der in der ersten Hauptphase der kognitiv-konzeptbildenden Teilprozesse aufgebauten Bewegungskonzepte besteht nach Müller (1995) darin, daß sie [1] als intern repräsentierte Sollwertinformationen eine ausführungsleitende Funktion besitzen, indem sie ein adäquates raum-zeitliches Innervationsmuster generieren und daß sie [2] als Referenzwert für Feedback aus einer physischen Bewegungsausführung dienen. Aus der bei einem permanenten Vergleich mit diesem Referenzwert resultierenden Differenzinformation können dabei Korrekturen für nachfolgende Ausführungs-

versuche abgeleitet werden (Müller, 1995). Somit können die Bewegungskonzepte nach Müller (1995) auch als Handlungspläne im Sinne Strängers (1979) angesehen werden.

Handlungspläne als Ergebnis eines Beobachtungslernvorganges bestehen vermutlich aus einer Ansammlung untereinander verbundener Gedächtnisrepräsentationen (vgl. Abschnitt 2.3.1). Es kann davon ausgegangen werden, daß diese über eher perzeptive, motorische Anteile hinaus speziell auch kognitiv-konzeptuelle Anteile enthalten (Probst & Perrig, 1988; Blischke, 1988; Engelkamp, 1991; Wiemeyer, 1994 und 1995). Erworbene konzeptuelle Anteile ergänzen dabei das enaktive Wissen, indem sie das zur Verfügung stehende Handlungsrepertoire erweitern und somit den Aufbau eines unmittelbar umsetzbaren Handlungsplanes ermöglichen (Piaget, 1974). Konzeptuelle Wissensanteile erlauben dabei auch den Aufbau eines mentalen Modells der Aufgabe und der Effekte der eigenen Handlungen innerhalb dieses Modells (Johnson-Laird, 1983). Solche mentalen Modelle können auf verschiedenem Niveau aufgebaut werden (z. B. den Finger bewegen oder mit Hilfe des bewegten Fingers zu Hause anrufen). Allerdings gibt es eine Tendenz zu eher abstrakten mentalen Modellen (Vallacher & Wegner, 1987).

Drei Faktoren beeinflussen nach Ferrari (1996) den Aufbau eines mentalen Modells beim Beobachter durch die Beobachtung des Modellverhaltens: [1] Der Kontext der Aktion, [2] deren empfundener oder objektiver Schwierigkeitsgrad (Komplexität, Vertrautheit) und [3] der persönliche Expertisegrad des Beobachters bezüglich der vorgeführten Bewegung oder Handlung. Letzterer hat einen starken Einfluß auf das Verständnis der beobachteten Verhaltensweisen im Hinblick auf deren Bedeutungen, Effekte und Implikationen im Sinne von eher semantischen Zusammenhängen, also über deren rein motorische oder physikalische Dimension hinaus (vgl. Abschnitt 2.3.1).

Anderson (1976, 1982) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen deklarativem und prozeduralem Wissen. Beim Aufbau von Wissen verändert sich nach seiner Ansicht die Struktur dieses aufgebauten Wissens durch Anhäufung aufgabenbezogener Erfahrungen. Anfänglich in einer neuen Wissensdomäne erworbenes Wissen wird dabei in einer relativ unanalysierten Form gespeichert. Hier spricht Anderson von deklarativem Wissen. Für den Bereich des Erwerbs von Bewegungs- und/oder Handlungsabläufen durch Beobachtungslernen wird diese Art von Wissen aus der Instruktion, der Beobachtung des Modells selbst oder auch aus Rückmeldungsinformationen gewonnen. In dieser Phase kann der Beobachter deklaratives Wissen speichern, ohne genau zu wissen, wie oder wozu er diese Informationen verwenden kann (Ferrari, 1996, S. 349). Typischerweise hat ein Lernender Schwierigkeiten, nur mit Hilfe dieses deklarativen Wissens Bewegungen oder Handlungen eigenständig auszuführen (Carroll & Bandura, 1987). Anderson geht davon aus, daß mit zunehmender Anzahl aufgabenrelevanter Erfahrungswerte deklaratives Wissen implizit in eine andere Wissensform umgewandelt wird, die er als prozedurales Wissen bezeichnet. In dieser Phase ist die Struktur des Wissens in Form von Prozeduren organisiert und repräsentiert, die direkt zur Ausführung von Bewegungen oder Handlungen genutzt werden können. Die Analogie von Andersons prozeduralem Wissen und den Handlungsplänen nach Stränger (1979) ist dabei nicht zu übersehen. Aus einer qualitativen Verbesserung der Reproduktionsleistung bei der Wiedergabe des gelernten Modellverhaltens durch den Beobachter kann nach Anderson also indirekt auf die erfolgte Umwandlung von deklarativen in proze-

durale Wissenstrukturen rückgeschlossen werden. Ist diese Umwandlung erst einmal erfolgt, dann könnten weitere aufgabenrelevante Erfahrungswerte zur Verbesserung und Verfeinerung der prozeduralen Wissensstruktur dienen. Diese Verfeinerung ist zu erkennen an einer erfolgreichen Ausführung der erworbenen Bewegungen, Handlungen oder Verhaltensweisen nicht nur im Originalkontext, sondern auch übertragen auf andere Aufgaben oder Umgebungsbedingungen (Anderson, 1982).

2.8 Bedeutung von Übung beim Aufbau von Handlungsplänen

Eher kontrovers wird in der Literatur die Rolle der Übung beim Aufbau von Handlungsplänen diskutiert. Nach Bandura (1965, 1969, 1971, 1986) ist Übung zum Erwerb eines Handlungsplanes nicht erforderlich. Anderson (1979, 1982) geht andererseits davon aus, daß zu Beginn des Lernvorgangs erworbenes deklaratives Wissen zunächst durch Erwerb weiterer Erfahrungswerte in prozedurales Wissen umgewandelt werden muß, bevor es zu einer erfolgreichen Handlungsausführung kommen kann. Inwieweit diese Erfahrungswerte beim praktischen Üben gewonnen werden müssen bzw. rein durch wiederholtes vertieftes Beobachten oder mentales Üben nach Bandura (vgl. Abschnitte 2.2 und 2.3.2) erlangt werden können, bleibt letztlich im Unklaren.

Baggett (1988) führte in diesem Zusammenhang mehrere empirische Studien durch, bei denen die Versuchspersonen durch Beobachtungslernen mit Hilfe von interaktivem Video den Zusammenbau eines 80-teiligen Spielzeugkranes aus Fischer-Technik-Teilen erlernen sollten. Dabei war es je einer Gruppe gestattet, während der Lernphase ständig begleitend die gesehenen Teilschritte des Zusammenbauvorgangs praktisch zu üben. Die andere Gruppe musste die Lernphase zunächst komplett beenden, bevor ein praktisches Üben erlaubt war. Die Gruppe mit den intermittierenden Übungsintervallen schnitt bei anschließenden Tests zur aufgebauten Wissensstruktur und praktischen Handlungskompetenz in keinem Fall besser ab, bei manchen Tests sogar schlechter als die Gruppe mit der Lernphase ohne zwischengeschaltete Übungsintervalle. Baggett führt diese Ergebnisse darauf zurück, daß die beim Üben erworbenen motorischen Wissensanteile nicht mit in die mental repräsentierte prozedurale Wissensstruktur übernommen wurden, sondern außerhalb dieser blieben. In Übereinstimmung mit dem Ansatz von Lee, Swinnen und Serrien (1994) zum „cognitive effort“ beim Beobachtungslernen (vgl. Abschnitt 2.4) geht Baggett davon aus, daß der Zwang zum kompletten Memorieren während der Lernphase zu einer kompletteren mentalen Repräsentation und somit zum Aufbau eines vollständigeren Handlungsplanes führte.

Auf der anderen Seite gibt es eindeutige Hinweise und empirische Belege aus dem Bereich der Sportpsychologie (z. B. McCullagh, 1994; Müller, 1995; Wiemeyer, 1994 und 1995; Ferrari, 1996) die zeigen, daß im Rahmen des Beobachtungslernens speziell komplizierte Bewegungen oder Bewegungsfolgen oft nur durch intensives Üben, gekoppelt mit qualifizierter Rückmeldung erlernt werden können. Müller (1995) hebt in seiner Dissertation zur anteilmäßigen Bedeutung kognitiv-konzeptbildender und motorisch-adaptiver Teilprozesse in frühen und in späteren Abschnitten des sportmotorischen Modellerns die Bedeutung der zweiten Hauptphase der motorisch-adaptiven Teilprozesse, in der intensives Üben stattfindet, ausdrücklich hervor. Er bezieht sich dabei auf einschlägige Forschungsergebnisse und diverse empirische Belege.

Die Auflösung dieser Kontroverse zur Rolle der Übung beim Beobachtungslernen könnte unter Bezug auf die Unterscheidung von Hommel und Stränger (1994) zwischen resultatorientierter Handlungsnachahmung und prozessähnlicher Bewegungsnachahmung gelingen (vgl. Abschnitt 2.1). Es scheint dabei plausibel, daß bei der resultatorientierten Handlungsnachahmung der Faktor der Übung eine eher untergeordnete Rolle spielt. Hier geht es ja in der Regel um den Erwerb und die gekonnte Ausführung einer Abfolge an sich eher einfacher, oft bereits bekannter Aktionen, die meist bereits schon zum motorischen Repertoire des Lernenden gehören. Ganz anders liegen die Dinge bei der prozessähnlichen Bewegungsnachahmung. Hierbei erscheint die von Müller (1995) beschriebene, entscheidende Bedeutung der Übung, verbunden mit qualifiziertem Feedback, durchaus plausibel. Dreht es sich doch hier häufig um den Erwerb von komplizierten, meist noch unbekanntem Bewegungen oder Bewegungsfolgen, die möglichst genau durch den Lernenden übernommen werden sollen (vgl. Ferrari, 1996).

Eine weitere Einflußgröße für die Generierung eines kognitiven Handlungsplanes ist in der aufgabenabhängigen Instruktion zu sehen. Diese kann wesentlichen Einfluß auf das Anlegen und die kognitive Ausgestaltung eines Handlungsplanes haben (vgl. Abschnitte 2.2 und 2.3.1). Hierbei ist wiederum speziell zu berücksichtigen, ob bei der angebotenen Aufgabe eher die prozessähnliche Bewegungsnachahmung oder die resultatorientierte Handlungsnachahmung im Vordergrund steht (vgl. Abschnitt 2.1). Darüber hinaus sind motivationale Aspekte von Bedeutung (vgl. Abschnitt 2.2).

Für die hier vorgelegte Arbeit wird mit Stränger (1979) und Anderson (1979, 1982) davon ausgegangen, daß begleitende Übung den Aufbau von mentalen Handlungsplänen beim Beobachtungslernen unterstützt. Das erforderliche Ausmaß an Übung ist stark von der Art des zu erlernenden Modellverhaltens abhängig (vgl. Abschnitt 2.8) sowie von der Art der Aufgabe oder dem zu erreichenden Lernziel.

2.9 Zusammenfassung zum Thema Beobachtungslernen

Neben anderen Möglichkeiten des Lernens stellt das Beobachtungslernen eine eigene Forschungsrichtung dar. Hierbei wird davon ausgegangen, daß ein Individuum durch reine Beobachtung eines anderen Individuums dessen Verhaltensweisen übernehmen kann. Das beobachtete Individuum wird dabei als *Modell*, dessen Verhalten als *Modellverhalten* bezeichnet.

Geht es hierbei um die Vermittlung und den Erwerb von Bewegungs- und Handlungsabläufen mittels Beobachtung, so lassen sich nach Hommel und Stränger (1994) zwei Formen des Beobachtungslernens voneinander abgrenzen:

- Die prozessähnliche Bewegungsnachahmung, bei der es auf das Erkennen und anschließende Ausführen von z. B. Körperbewegungen und deren spezifischer räumlicher und zeitlicher Merkmale ankommt.
- Die resultatorientierte Handlungsnachahmung, bei der es nicht in erster Linie um eine Übereinstimmung des Bewegungsablaufes, sondern viel mehr um die Wirkung oder das Resultat der Bewegung im Bezug auf ein angestrebtes Handlungsziel geht.

Wird der Lernvorgang durch das lernende Individuum dabei bewußt und willentlich ausgeführt und geschieht nicht eher zufällig oder beiläufig, so spricht man nach Stränger (1979) von *intentionalem* Beobachtungslernen.

Als Ergebnis des intentionalen Beobachtungslernens von Bewegungs- und/oder Handlungsabläufen entsteht nach Stränger (1979) beim Beobachter ein mentaler *Handlungsplan*. Der Handlungsplan dient dem Beobachter als mentaler „Leitfaden“ bei der späteren Reproduktion des gelernten Verhaltens.

Eine wichtige Einflußgröße auf die kognitive Ausgestaltung eines solchen mentalen Handlungsplanes ist in der Definition des zu erlangenden *Lernzieles* zu sehen. Hierbei ist es von nicht zu unterschätzender Bedeutung, ob es sich bei der gestellten Aufgabe eher um die prozessähnliche Bewegungsnachahmung oder um die resultatorientierte Handlungsnachahmung handelt (vgl. Abschnitt 2.1). Weiterhin spielen motivationale Aspekte in diesem Zusammenhang eine Rolle (vgl. Abschnitt 2.2).

Nach Bandura (1976) kann der Handlungsplan durch *wiederholtes Beobachten* verfeinert werden. Bei komplexeren Bewegungsvorgängen oder Handlungsabläufen ist wiederholte Darbietung nötig, um auszugsweises oder bruchstückhaftes Lernen zu vermeiden. Dabei bringt *verlangsamte Darbietung* nach Bandura Details besser zur Geltung. Wiemeyer (1995) empfiehlt in diesem Zusammenhang, das Modellverhalten mehrmals, mindestens aber dreimal zu präsentieren, je nach Aufgabe auch in zeitgedehnter Geschwindigkeit (z. B. Zeitlupe).

Von Sheffield und Maccoby (1961) konnte gezeigt werden, daß die *Aufteilung* von komplexen Anteilen des Modellverhaltens in (als natürlich empfundene) *Segmente* zu besseren Lernergebnissen führte als eine kompakte Darbietung des kompletten Modellverhaltens. In dieselbe Richtung gehen Erkenntnisse von Verhagen (1992, 1993).

Der *kognitive Aufwand*, den ein Lernender beim Beobachtungslernen aufbringt, steht nach Lee, Swinnen und Serrien (1994) in einem direkten Zusammenhang zu der zu erwartenden Behaltensleistung. Hierbei führt ein erhöhter kognitiver Aufwand oft zu einer verbesserten Behaltensleistung.

Hervorzuheben ist die Bedeutung *dynamischer Informationen* für das Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen. Nach Wetzel, Radtke und Stern (1994, S. 73) unterstützen und erleichtern dynamische Informationen Lernprozesse speziell, indem sie Kontinuität in sequentiellen, temporal-spatialen Beziehungen von Objekten und/oder Bewegungen zueinander begreifbar machen.

Die *Grenzen des Beobachtungslernens* bestehen nach Stränger (1979) darin, daß mit Hilfe von Beobachtungslernen nur solche Handlungen erlernbar sind, die innerhalb der strukturellen Grenzen des Beobachters liegen oder nur geringfügig davon abweichen. So ist es einem Novizen meist nicht möglich, nur mit Hilfe von Beobachtungslernen den Expertisegrad eines Experten zu erlangen. Vielmehr erfordert der Erwerb vieler Fertigkeiten über den eigentlichen Lernvorgang hinaus unter Umständen ein großes Maß an *Übung*, um stabil in das Verhaltensrepertoire des Lernenden integriert zu werden. Das erforderliche Ausmaß an Übung ist dabei stark von der Art des zu erlernenden Modellverhaltens abhängig (vgl. Abschnitt 2.8), sowie von der Art der Aufgabe oder dem zu erreichenden Lernziel.

Begleitende Übung des zu erlernenden Modellverhaltens *kann* beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und/oder Handlungsabläufen den *Aufbau eines adäquaten Handlungsplanes* unterstützen.

3 Intentionales Beobachtungslernen über technische Medien

Im vorangegangenen Kapitel wurde die Bedeutung des Beobachtungslernens für den Erwerb von Bewegungs- und Handlungsabläufen ausführlich erläutert. Hierbei wurde implizit davon ausgegangen, daß sich das vorführende Modell und der beobachtende Lerner zur selben Zeit im selben Raum befinden. Das vermittelte Modellverhalten ist hierbei in der Regel reich an verschiedenen Hinweisreizen und Informationsanteilen, über deren Zusammensetzung sich der Beobachter im Detail meist gar nicht vollständig im Klaren ist. Dennoch nutzt er im Rahmen des Beobachtungslernens diese Vielfalt, meist bestehend aus dreidimensional wahrgenommenen visuellen und auditiven Informationen über das Modellverhalten, über die Umgebung, über die unterschiedlichen Wechselwirkungen zwischen Modellverhalten und Umgebung oder weiteren Hinweisreizen, die ihm seine Wahrnehmung zur Verfügung stellt (vgl. Bandura, 1976).

Die Frage ist nun, inwieweit sich ein zu vermittelndes Modellverhalten zum Erwerb von Bewegungs- und Handlungsabläufen über unterschiedliche technische Medien zum Beobachter übermitteln läßt, und zu welchen positiven oder negativen Einflüssen auf das Beobachtungslernen es dabei kommt. Generell muß hierbei davon ausgegangen werden, daß die Übermittlung eines Modellverhaltens über ein technisches Medium zu einer irgendwie gearteten Veränderung der ursprünglichen Information führen kann.

So wird beispielsweise die vom Menschen stereoskopisch und binokular wahrgenommene dreidimensionale visuelle Information in der Regel über visuelle Medien nur monoskopisch und zweidimensional wiedergegeben (vgl. Olivier, 1987, S. 8). Darüber hinaus kommt es meist zu einem eingeschränkten Sichtwinkel und möglicherweise auch zu einer Beeinträchtigung oder Aufhebung der zeitlichen Kontinuität des Modellverhaltens. Neben Einflüssen auf der auditiven Ebene kann es auch zu einer Verarmung an Hinweisreizen aus der Umgebung und dem Kontext kommen, um stellvertretend hier nur einige denkbare Veränderungen zu nennen.

Auf der anderen Seite bietet die Möglichkeit der Übermittlung eines Modellverhaltens über technische Medien unbestreitbare Vorteile hinsichtlich der zeitlichen und räumlichen Verfügbarkeit, speziell wenn man die dadurch meist gegebene Möglichkeit zur Speicherung, Wiederholung oder massenhaften Distribution in Betracht zieht.

Im folgenden wird nun zu klären sein, welche Einflüsse bei der Übermittlung eines Modellverhaltens über technische Medien für das Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen bedeutsam sind und welche Medienformen für diesen Zweck am geeignetsten erscheinen. Hierzu wird auf die einschlägige Literatur im Zusammenhang mit Medien und Lernvorgängen eingegangen, Symbolsysteme als wichtiges Merkmal zur besseren Unterscheidung von Medienformen vorgestellt, die Verwendung von Symbolsystemen in gängigen Medienformen erläutert und auf den Abstraktionsgrad medialer Darstellung von dynamischen Informationen als mögliche Einflußgröße für das Beobachtungslernen eingegangen. Die vorgestellten Erkenntnisse werden bezüglich ihrer Bedeutung für das Beobachtungslernen bewertet und entsprechende Konsequenzen für den Einsatz technischer Medien beim Beobachtungslernen abgeleitet.

3.1 Zum generellen Einfluß des Mediums auf Lernvorgänge

In der einschlägigen Literatur findet sich eine sehr große Zahl von Beiträgen und wissenschaftlichen Untersuchungen zur Frage der Wirksamkeit der verschiedenen technischen Medienformen bei der Auslösung und Unterstützung von Lernvorgängen (zusammenfassend z. B.: Düker & Tausch, 1957; Issing, 1974; Jamison, Suppes & Welles, 1974; Clark & Snow, 1975; Leifer, 1976; Salomon & Clark, 1977; Schramm, 1977; Dwyer, 1978; Fleming & Levie, 1978; Heidt, 1978; Suppes, 1979; Wilkinson, 1980; Clark, 1983; Kearsley, Hunter & Seidel, 1983; Lesgold & Reif, 1983; Sheingold, et al., 1983; Salomon & Gardner, 1984; Clark & Salomon, 1986; Wetzell, Radtke & Stern, 1994). Im Rahmen dieser Beiträge und Untersuchungen wurde häufig der Frage nachgegangen, welche der bekannten oder auch innovativeren Medienformen die größten Vorteile als Lernmedium besitze und damit anderen Medienformen, oder auch klassischen Unterweisungsmethoden ohne Einsatz technischer Medien, vorzuziehen sei. Typischerweise erschien jeweils eine neue Flut solcher Untersuchungen mit dem Erscheinen einer neuen technischen Medienform (Radio, Film, Video, Computer, Multimedia, etc.). Die Erkenntnisse und Ergebnisse der meist relativ global angelegten Untersuchungen sind oft eher diffus und häufig sehr widersprüchlich. Dies führte in der Folge zu einer teils heftig ausgetragenen wissenschaftlichen Kontroverse in der Fachwelt zum Thema der Lernwirksamkeit von technischen Medien. Hierbei bildeten sich zwei Lager:

Das eine Lager geht davon aus, daß der Einsatz von technischen Medien keinen nennenswerten Einfluß auf Lernvorgänge ausübt. Bereits in den sechziger Jahren äußerten beispielsweise Lumsdaine (1963) und Mielke (1968) Zweifel daran, ob breit angelegte Studien zum Einfluß verschiedener Medien auf Lernvorgänge überhaupt sinnvoll seien. Sie gingen davon aus, daß Medien nichts weiter seien als spezialisierte elektromechanische Geräte und damit lediglich Instrumente zur Übertragung und Verbreitung von Botschaften. Wenn alle anderen Rahmenbedingungen konstant gehalten würden, könne kein Nachweis für einen direkten Einfluß unterschiedlicher Medien als solche auf Lernvorgänge erbracht werden. Clark (1983) lehnt als Vordenker des ablehnenden Lagers einen Einfluß des Mediums auf Lernvorgänge rundweg ab. Für ihn ist das Medium ein reiner Lieferant von Lerninhalten ohne jeden Einfluß auf den Lernvorgang selbst, genauso wie der Lastwagen, der unsere Fleischwaren liefert, ohne Einfluß auf unsere Ernährung sei. Clark und andere Forscher gehen davon aus, daß die in diversen Studien und Metastudien aufgetretenen Effekte eher auf die pädagogische Methodik der Instruktion denn auf Einflüsse der beteiligten Medien zurückzuführen sind (Clark, 1983; Clark & Salomon, 1986; Clark & Sugrue, 1989; Clark & Craig, 1992; zu Metastudien: Wetzell, Radtke & Stern, 1994).

Das andere Lager räumt grundsätzlich die Möglichkeit eines gewissen Einflusses technischer Medien auf Lernvorgänge ein. Forscher wie Salomon (1979/1994) oder Kozma (1991) argumentieren dabei, daß Lernen als aktiver Vorgang der Wissenskonstruktion aus vorhandenen Informationsquellen zu sehen ist. Hierbei sind es speziell die jeweiligen Symbolsysteme, die direkten Einfluß auf die Art der kognitiven Verarbeitung und die dazu beim Rezipienten aktivierten mentalen Fähigkeiten ausüben, wodurch ein gewisser medienspezifischer Einfluß auf Lernvorgänge auf diesem Wege prinzipiell eintreten kann (Kozma, 1991; vgl. Abschnitt 3.2).

Das Prinzip der medialen Übermittlung bedingt es, die zu übertragenden Informationen zur Übertragung je nach Art des Mediums in eine eigene, dem Medium gemäße Darstellungsform und Darstellungsstruktur zu überführen (z. B. Text, Sprache, Bild, Laufbild, etc.). Diese Darstellungsform, auch als Code bezeichnet, basiert auf der Verwendung eines oder mehrerer vereinbarter Symbolsysteme (vgl. Salomon, 1979/1994). Das verwendete Symbolsystem ist eine intrinsische Qualität des Medium, wobei einige der heute gängigen technischen Medien mehrere Symbolsysteme gleichzeitig unterstützen können (z. B. audiovisuelle Medien, Multimedia).

Bei der Überführung der zu übertragenden Informationen in einen symbolischen Code mit Hilfe des oder der jeweils benötigten Symbolsysteme, die einer Art von Filtrations- oder Transkodierungsprozeß gleicht, kann es nach Meinung der Forscher durchaus zu letztlich medienspezifischen Veränderungen des Informationsgehaltes kommen. Diese können einerseits als eine Art Verarmung der Informationsmenge verstanden werden, andererseits können dadurch auch gewisse Anteile der Informationen betont oder hervorgehoben werden (vgl. Salomon, 1979/1994; Kozma, 1991).

Die spätere Rückwandlung oder Rekodierung der mit Hilfe von Symbolsystemen verschlüsselten Informationen geschieht im allgemeinen durch das kognitive System des Rezipienten in Form des oben angesprochenen aktiven Vorgangs der Wissenskonstruktion. Durch das bei diesem Vorgang notwendige Maß an kognitivem Aufwand und die dabei aktivierten mentalen Fähigkeiten kann es nach Meinung der Forscher durchaus zu lernwirksamen Artefakten der kognitiven Verarbeitung kommen (vgl. Salomon, 1984; Salomon 1979/1994; Cennamo, Savenye & Smith, 1991; Kozma, 1991; Lee, Swinnen & Serrien, 1994).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß der Stand der Forschung und Diskussion zum *generellen* Einfluß des verwendeten Mediums auf Lernvorgänge für die in dieser Arbeit adressierten Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen zwar interessante Anregungen, aber kaum ausreichend präzise Antworten bietet. Dies liegt in erster Linie an der sehr globalen Betrachtungsweise, mit der in vielen Fällen an die Fragestellung der Lernwirksamkeit von Medien herangegangen wurde, wobei häufig unzureichend zwischen Forschung *mit* Medien und Forschung *über* Medien unterschieden wurde (vgl. Clark & Salomon, 1986). Zu einem nicht geringen Teil liegt die manchmal relativ geringe Aussagekraft der einschlägigen Literatur auch an der mangelnden Präzision im Umgang mit dem Begriff „Medium“. Adl-Amini (1994) kritisiert den unpräzisen Sprachgebrauch und unterscheidet zwei semantische Ebenen des Begriffs Medium: [1] Das Medium als Hilfsmittel, wie z. B. Tafel und Kreide oder Overhead-Projektor, die fachunabhängig und themenneutral als Hilfsmittel für instruktive Zwecke zur Verfügung stehen. [2] Das Medium als gestalteter Inhaltsträger, wie z. B. ein speziell hergestellter Schulungs-Film oder ein multimediales Lernprogramm auf CD-ROM, die neben ihrer Funktion als Transportmittel für Informationen meist auch gleich deren strukturelle und didaktische Aufbereitung mitliefern. Um zu präziseren Aussagen für die in der hier vorgelegten Arbeit adressierten, spezifischen Fragestellungen zu gelangen, werden daher im folgenden einige relevant erscheinende Aspekte aus der vorliegenden, umfangreichen Forschungsliteratur herausgegriffen und vertieft dargestellt.

3.2 Symbolsysteme und ihre Bedeutung

Um dem geschilderten, bedeutsamen Einfluß der unterschiedlichen Symbolsysteme auf die Übertragung von Informationen durch technische Medien Rechnung zu tragen, sollen im folgenden die Überlegungen von Salomon (1979/1994) vorgestellt werden.

Das Konzept der Symbolsysteme geht davon aus, daß sich Symbolsysteme in der Art unterscheiden, wie sie Informationen repräsentieren und daß dieser Unterschied einen Einfluß ausübt auf die Art, wie wir Wissen aus ihnen beziehen. Die in einer (medialen) Botschaft enthaltenen Informationen können dabei auf sehr unterschiedliche Weise mit Hilfe von Symbolsystemen kodiert sein. Die symbolische Kodierung geschieht auf Seiten des Kommunikators einer (medialen) Botschaft mit Hilfe eines oder mehrerer Symbolsysteme und ist für Übertragung einer Botschaft über Medien in der Regel zwingend. Auf Seiten des Rezipienten dieser Botschaft ist zur Entschlüsselung der symbolisch kodierten Informationen eine kognitive Verarbeitung notwendig, um Wissen aus den verschlüsselten Informationen gewinnen zu können. Salomon geht davon aus, daß gewisse Arten von Informationen besser über gewisse Symbolsysteme übermittelt werden können als andere Arten von Informationen (vgl. Abschnitt 3.1).

Symbolsysteme im Detail erschließen sich am besten, wenn man sich zunächst ihrer kleinsten Einheit, dem einzelnen Symbol zuwendet. Ein Symbol zur Darstellung einer bestimmten Information kann beispielsweise ein Objekt, ein Zeichen, eine Bewegung oder ein sonstiger Vorgang sein, der in diesem Fall für etwas anderes steht oder etwas anderes bedeutet. Durch die Zuordnung einer Information zu einem Symbol, welches selbst keine oder eine andersartige Bedeutung hat, läßt sich dieses Symbol zur Repräsentation dieser Information und zu deren Übermittlung nutzen. Der Vorgang der Zuordnung einer Information zu einem Symbol wird als Kodierung, die Rückgewinnung der ursprünglichen Information aus dem Symbol als Dekodierung bezeichnet.

Klassen von verschiedenen Symbolen, verbunden durch gemeinsame Regeln zu ihrer Organisation und Kombination untereinander, werden dann zu Symbolsystemen, wenn sie konsistent im Bezug auf ein gewisses Anwendungs- oder Darstellungsfeld (Kontext) angewendet werden. Sie können somit auch als Kodierungsvorschrift verstanden werden. Symbolsysteme haben dabei eine syntaktische Dimension, die die Symbole selbst und die Regeln für ihre Anwendung und Zusammenstellung beschreibt. Symbolsysteme haben aber auch eine semantische Dimension, die die Zuordnung der einzelnen Symbole zu entsprechenden Elementen des Bezugssystems oder des Kontexts definiert (vgl. Wetzell, Radtke & Stern, 1994).

Als Beispiel hierzu können die Zeichen des Alphabets dienen, die als Symbolsystem den verschiedenen Lauten einer bestimmten menschlichen Sprache jeweils fest zugeordnet sind. Ein ähnliches Beispiel sind die Zeichen der musikalischen Notenschrift, die als Symbolsystem die Töne eines Musikinstrumentes repräsentieren. Auch eine Fotografie bedient sich eines Symbolsystems zur Darstellung der auf ihr wiedergegebenen Objekte, wobei die Kodierung in einer unterschiedlich dichten Häufung von geschwärzten Silberbromidkristallen auf einer zweidimensionalen Fläche besteht, entsprechend den Helligkeitswerten der wiedergegebenen dreidimensionalen Szene. Allen drei angeführten Beispielen ist gemein, daß die Kodierung mit Hilfe des

jeweiligen Symbolsystems eine Abhilfe gegen die Flüchtigkeit der entsprechenden Originalinformation darstellt. Die kodierte Form läßt sich in allen drei Fällen, im Gegensatz zur Originalinformation, auf einem Blatt Papier festhalten. Aus dieser Motivation heraus muß wohl auch die Einführung von Symbolsystemen im Zuge der Entwicklung der menschlichen Zivilisation verstanden werden. Erst die symbolische Kodierung von flüchtigen Informationen mit Hilfe von Symbolsystemen ermöglichte deren langfristige Speicherung und Verbreitung über Raum und Zeit hinweg.

Unterschiede zwischen verschiedenen Symbolsystemen sind nach Salomon im wesentlichen bezüglich dreier Kategorien zu suchen:

- *Eindeutigkeit*: Sie beschreibt, inwieweit ein Symbolsystem unzweideutig auf ein Bezugssystem bezogen ist. Als eindeutiges Symbolsystem gilt ein Symbolsystem, bei dem es eine feste, konsistente Korrelation zwischen einer definierten Menge von Symbolen und einer entsprechenden Menge von Objekten oder Konzepten im Bezugssystem gibt. Als Beispiel hierfür können mathematische Symbole und Formeln oder musikalische Notation gelten. Uneindeutige Symbolsysteme hingegen lassen zweideutige Bezüge zwischen den verwendeten Symbolen und den von ihnen jeweils repräsentierten Objekten zu, so daß es zu Mehrdeutigkeiten, Trugschlüssen oder fehlenden Bezügen kommen kann. Als Beispiel hierfür können Symbolsysteme bildhafter Darstellungen, wie Zeichnungen, Grafiken, Illustrationen, Fotografien oder Video gelten, deren Bezug auf ihr jeweiliges Bezugssystem weniger eindeutig, eher inkonsistent und stark vom Kontext abhängig ist, da sie meist nicht aus eindeutig zuzuordnenden Zeichen bestehen, wie es bei eindeutigen Symbolsystemen der Fall ist.
- *Dichte*: Sie beschreibt die relative Vielfalt an Dimensionen, welche ein Symbolsystem zur Kodierung von Informationen bereitstellt. So weist beispielsweise das Symbolsystem einer einfarbigen Skizze weniger Dichte auf als das Symbolsystem einer mehrfarbigen detaillierten Illustration, da ersteres über weniger Dimensionen zur Repräsentation der Informationen verfügt.
- *Ähnlichkeit*: Sie beschreibt den relativen Grad an Übereinstimmung zwischen Symbolsystemen, bzw. deren Symbolen, und den Objekten oder Konzepten, die sie symbolisch repräsentieren. Ein hohes Maß an Ähnlichkeit ist gegeben bei nahezu kompletter Übereinstimmung von Symbolen eines Symbolsystems und den durch sie repräsentierten Objekten. Ein sehr geringes Maß an Ähnlichkeit liegt vor bei der Repräsentation von konkreten Objekten oder Konzepten durch vollständig abstrakte Symbole, wie dies beispielsweise bei numerischen Symbolen der Fall ist. Hierbei kann noch unterschieden werden zwischen *depiktiver Ähnlichkeit*, bei der das Symbol im Extremfall eine Art Kopie seines Bezugsobjektes darstellt, und *deskriptiver Ähnlichkeit*, bei der das Symbol eher eine abstrakte Beschreibung seines Bezugsobjektes repräsentiert.

Bezogen auf diese drei von Salomon vorgestellten Kategorien lassen sich die gängigen Symbolsysteme besser einordnen. So weisen beispielsweise verbale Symbolsysteme einen höheren Grad an Eindeutigkeit auf als Symbolsysteme bildhafter Darstellungen. Dafür haben verbale Symbolsystemen in der Regel eine geringere Dichte als

Symbolsysteme bildhafter Darstellungen. Ein hohes Maß an depiktiver Ähnlichkeit wiederum ist typisch für Symbolsysteme bildhafter Darstellungen, die dann allerdings typischerweise ein geringeres Maß an Eindeutigkeit bei gleichzeitig hoher Dichte aufweisen. Verbale Symbolsysteme weisen im Gegensatz hierzu ein geringeres Maß an deskriptiver Ähnlichkeit auf, wobei sie über einen hohen Grad an Eindeutigkeit bei gleichzeitig geringerer Dichte verfügen.

Ein niedriger Grad an Eindeutigkeit, wie ihn beispielsweise Symbolsysteme bildhafter Darstellungen aufweisen, räumt dem Rezipienten einen höheren Freiheitsgrad bei der Interpretation der symbolisch kodierten Informationen im Zuge der kognitiven Verarbeitung ein. Hierin liegt aber auch die Gefahr von Fehldeutungen und Mißverständnissen auf Seiten des Rezipienten. So kann es in Abwesenheit von zusätzlichen, meist verbalen Anweisungen zur Interpretation leicht dazu kommen, daß wichtige Elemente der visuell dargebotenen Information ignoriert werden, oder daß der Rezipient bei der Interpretation eine irrtümliche Gewichtung bezüglich der relativen Bedeutsamkeit von wichtigen und unwichtigen Informationselementen vornimmt.

Die kognitive Verarbeitung symbolisch kodierter Informationen beim Rezipienten geschieht nach Salomon in zwei Schritten. Der erste Schritt ist die Dekodierung, bei der die mit Hilfe von Symbolsystemen zur Übertragung kodierten Informationen aus diesem Übertragungscode in einen internen, mentalen Code übersetzt werden. Der zur Dekodierung nötige mentale Aufwand ist dabei abhängig von der Kongruenz zwischen den Symbolen des jeweiligen Symbolsystems und deren korrespondierenden mentalen Repräsentation. Da unterschiedliche Symbolsysteme dieselben Informationen oft sehr unterschiedlich repräsentieren, kann der zur Dekodierung notwendige mentale Aufwand mit der Verwendung unterschiedlicher Symbolsysteme stark schwanken.

Der zweite Schritt nach der Dekodierung ist die Elaboration. Hierunter wird die an die Dekodierung anschließende, weitere kognitive Verarbeitung verstanden. Sie kann als aktiver mentaler Prozeß der Wissenskonstruktion gesehen werden, in dessen Verlauf Informationen extrahiert, aufeinander bezogen, mit früher gespeichertem Wissen verglichen und schließlich gespeichert werden. Der zur Elaboration notwendige mentale Aufwand hängt wiederum von der unterschiedlichen Art und Weise ab, wie verschiedene Symbolsysteme Informationen repräsentieren.

Die Verwendung unterschiedlicher Symbolsysteme kann nach Salomon also dazu führen, daß die beschriebene, zweistufige kognitive Verarbeitung der symbolisch kodierten Informationen je nach Art der verwendeten Symbolsysteme in der Summe ein sehr unterschiedliches Maß an mentalem Aufwand verursacht. Manche Symbolsysteme erlauben dabei eine sehr oberflächliche Art der kognitiven Verarbeitung, während andere eine sehr viel tiefere Verarbeitung erzwingen. Das Maß an mentalem Aufwand wird dabei von Salomon (1984) als AIME (amount of invested mental effort) bezeichnet und hat seiner Ansicht nach einen direkten Einfluß auf die Integration der kognitiv verarbeiteten Informationen seitens des Rezipienten, und damit auf die zu erwartende Behaltensleistung. Hierbei führt hohes AIME zu tieferer Integration und besserer Behaltensleistung als niedriges AIME. Bezogen auf Lernvorgänge kann somit davon ausgegangen werden, daß hohes AIME in der Regel zu besseren Lernergebnissen führt als niedriges AIME.

Salomon geht weiterhin davon aus, daß zur kognitiven Verarbeitung symbolisch kodierter Informationen unterschiedliche mentale Fähigkeiten aktiviert werden, je nach Art des verwendeten Symbolsystems. So beschreibt er, daß Symbolsysteme mit einem hohen Grad an Eindeutigkeit eher verbale kognitive Fähigkeiten aktivieren, während Symbolsysteme mit einem niedrigen Grad an Eindeutigkeit eher visuelle oder räumliche kognitive Fähigkeiten ansprechen. Dabei erzwingen Symbolsysteme mit einem hohen Grad an Eindeutigkeit tendenziell ein höheres AIME bei der kognitiven Verarbeitung, im Gegensatz zu Symbolsystemen mit einem niedrigen Grad an Eindeutigkeit, die nur ein niedrigeres AIME erfordern und damit eine eher oberflächliche kognitive Verarbeitung zulassen, indem sie eher realitätsnahe, oft visuelle Informationen anbieten. Die zur kognitiven Verarbeitung symbolisch kodierter Informationen aktivierten mentalen Fähigkeiten erwirbt der Mensch im Zuge seiner Entwicklung nach und nach. Häufige Anwendung dieser mentalen Fähigkeiten führt hierbei zu Übungs- und Trainingseffekten sowie zu einer zunehmenden Automatisierung, was in der Folge ein wieder sinkendes AIME bei der kognitiven Verarbeitung nach sich zieht.

Der Einfluß unterschiedlicher Symbolsysteme auf Lernprozesse ist nach Salomon also in der Tatsache zu sehen, daß unterschiedliche Symbolsysteme ein variierendes Maß an AIME zu ihrer kognitiven Verarbeitung erfordern, wobei die Tiefe der kognitiven Verarbeitung als Indikator für zu erwartende Behaltensleistung und damit auch letztlich für den Lernerfolg anzusehen ist. Wird der Lernende bezüglich seiner Entscheidung über das erforderliche AIME sich selbst überlassen, so wird er sich in erster Linie am verwendeten Symbolsystem orientieren. Dies kann allerdings dazu führen, daß es unter Umständen, z. B. an gewissen Stellen in einem Lernprogramm, zu einer oberflächlichen kognitiven Verarbeitung kommt, was im Sinne des Lernerfolgs unerwünscht sein kann. Der Autor von Lernmaterial hat jedoch die Möglichkeit, auf das AIME beim Rezipienten pädagogisch steuernd einzuwirken. Er kann dazu spezielle Aufgaben oder Zusatzaufgaben vergeben, die dafür sorgen, daß das AIME an gewissen Stellen ansteigt und somit eine höhere Behaltensleistung erzielt wird.

Salomon beschreibt noch weitere Möglichkeiten, wie ein Autor von Lernmaterial durch geeignete Maßnahmen bei der Kodierung von zu vermittelnden Informationen mit Hilfe von Symbolsystemen oder deren Elementen Einfluß nehmen kann auf die kognitive Verarbeitung seitens des Lernenden. Er kann auf diese Weise den Einsatz gewisser mentaler Fähigkeiten gezielt unterstützen oder die Entwicklung und vertiefte Ausprägung anderer mentaler Fähigkeiten fördern. Auch das Übertragen von mentalen Fähigkeiten der kognitiven Verarbeitung von symbolisch kodierten Informationen auf andere Zusammenhänge oder Situationen kann vom Autor angeregt werden:

- Das Prinzip der *Supplantation* oder *Modellierung* besteht darin, eine dem Lernenden noch unvertraute kognitive Operation so zu modellieren oder zu simulieren, daß der Lernende sie leichter ausführen und somit auch besser erwerben kann. Salomon führte dies in verschiedenen Studien beispielsweise mit Hilfe von Detailvergrößerungen relevanter Ausschnitte durch und konnte so eine gewisse aufmerksamkeitslenkende Wirkung erreichen. Die mentale Fähigkeit zum Herauslösen relevanter Details aus dem Gesamtzusammenhang konnte so angeregt werden.

- Das Prinzip des *Kurzschliessens* besteht darin, mentale Prozesse auf der Basis bereits vorhandener mentaler Fähigkeiten des Lernenden absichtlich zu umgehen, indem ihm direkt das Endresultat einer kognitiven Operation oder Transformation präsentiert wird. Auf diese Weise kann die Anwendung von bereits im Repertoire des Lernenden vorhandenen, möglicherweise inadäquaten mentalen Fähigkeiten oder Strategien gezielt unterbunden und der Lernende so letztlich zur Anwendung anderer oder Bildung neuer Fähigkeiten und Strategien veranlaßt werden.
- Das Prinzip der *Aktivierung* hat zum Ziel, daß der Lernende seine eigenen, bereits erworbenen mentalen Fähigkeiten oder Strategien zur Anwendung bringt. Dies wird erreicht, indem ihm lediglich der Ausgangszustand für eine mentale Operation präsentiert wird, ohne weitere Anregungen oder Hinweise für deren Durchführung.

Salomon konnte zeigen, das Lernende mit einem restringierten Repertoire an kognitiven Fähigkeiten und Strategien am stärksten von Supplantation profitieren, während Lernende mit einem elaborierten Repertoire dadurch eher behindert werden. Im Gegensatz dazu zeigten Lernende mit einem elaborierten Repertoire deutlich bessere Performanz als Lernende mit einem restringierten Repertoire, wenn sie mit Hilfe von Aktivierung dazu veranlaßt werden, ihre eigenen kognitiven Fähigkeiten oder Strategien anzuwenden. Zur Bestätigung dieser Ergebnisse konnte außerdem gezeigt werden, daß Supplantation und Aktivierung zu besserer Performanz führten als Kurzschliessen, das die Anwendung eigener mentaler Fähigkeiten oder Strategien eher unterbindet.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß nach Meinung von Salomon und anderen Forschern die Verwendung von verschiedenen Symbolsystemen zur symbolischen Kodierung von Informationen durchaus einen Einfluß auf die kognitive Verarbeitung beim Rezipienten ausüben kann (Salomon 1979/1994; Salomon, 1984; Cennamo, Savenye & Smith, 1991; Shea & Titzer, 1993; Wulf & Lee, 1993; Chamberlain & Lee, 1993; Renner, 1994; Lee, Swinnen & Serrien, 1994; vgl. Abschnitt 2.4).

Auf Basis dieser Erkenntnis kann ein Autor von Lernmaterialien über die Wahl der geeigneten Symbolsysteme zur symbolischen Kodierung der zu übertragenden Informationen und über bestimmte Techniken bei der Kodierung durchaus einen mehr oder weniger gezielten Einfluß auf die Verarbeitung dieser Informationen durch den Rezipienten im Sinne einer didaktischen Lenkung oder instruktionalen Methodik vornehmen. Die Wirksamkeit solcher Maßnahmen ist allerdings stark abhängig vom jeweiligen Aufgabentyp oder vom Lernziel, und kann vom Autor über Formulierung geeigneter Vorgaben in gewissen Grenzen beeinflußt werden.

3.3 Einsatz von Symbolsystemen in technischen Medien

Die Verwendung von Symbolsystemen in unterschiedlichen technischen Medien ist historisch gewachsen. So verwendete das älteste technische Medium, der Buchdruck, zunächst in erster Linie das verbale Symbolsystem der Schrift mit einem hohen Grad an Eindeutigkeit, aber geringem Grad an Dichte und Ähnlichkeit. Mit dem Fortschreiten der Technik ließen sich auch zunehmend Illustrationen im Buchdruck wiedergeben, wodurch bildhafte Symbolsysteme mit einem geringen Grad an Eindeutigkeit, dafür aber höherer Dichte und Ähnlichkeit hinzutraten. Dadurch war erstmals die Möglichkeit

zur multimodalen, komplementären Ergänzung zweier unterschiedlicher Symbolsysteme im Rahmen eines technischen Mediums gegeben (vgl. Paivio, 1971; Clark & Paivio, 1991). Die Fotografie war, wenn man von der Malerei einmal absieht, das erste technische Medium, dessen Symbolsystem ein sehr hohes Maß an Ähnlichkeit und Dichte aufweist, bei einem eher niedrigeren Grad an Eindeutigkeit. Die Telegrafie war das erste technische Medium, das den elektrischen Strom zur Übertragung von Information nutzte, wobei ein sehr abstraktes, quasi-verbales Symbolsystem zur Anwendung kam (Morse-Code). Telefonie und Radio, als weitere Meilensteine in der Entwicklung der technischen Medien, nutzen ebenfalls den elektrischen Strom zur Übertragung von Informationen. Beiden gelingt es, mit gewissen Abstrichen, das verbale Symbolsystem der menschlichen Sprache direkt zu verwenden. Die Cinematographie, der klassische Film, nutzte als Weiterentwicklung der Fotografie zunächst einmal deren Symbolsystem, wobei als entscheidende Erweiterung oder gar eigenes Symbolsystem die Dimension der Repräsentation von dynamischen Ereignissen mit einem sehr hohen Grad an Ähnlichkeit hinzutrat. Mit der Entwicklung des Tonfilms konnte als weiterer Modus ein vom Radio her bereits bekanntes Symbolsystem zusätzlich integriert werden. Hierdurch entstand erstmals die reizvolle Möglichkeit der komplementären Ergänzung der an und für sich sehr unterschiedlichen Symbolsysteme der sprachlichen und der visuellen Modi im Rahmen einer dynamischen, integrierten Präsentation. Der Tonfilm war somit das erste audiovisuelle Medium und leistete als solches Pionierarbeit bei der Entwicklung von Techniken und Traditionen im Umgang mit der integrierten symbolischen Kodierung von Informationen und Inhalten durch die unterschiedlichen, eher komplementären Symbolsysteme von Sprache, Laufbild und weiteren Anteilen.

Im Zuge ihrer Entwicklung, Verbreitung, und zunehmenden Nutzung haben alle genannten Medienformen spezifische Traditionen und Techniken im Umgang mit den von ihnen jeweils unterstützten Symbolsystemen hervorgebracht. Hierbei gibt es eine große Vielzahl von unterschiedlichen Vorgehensweisen und Techniken im Zusammenhang mit der symbolischen Kodierung von Informationen unter Zuhilfenahme von Symbolsystemen. Diese dienen in der Regel einer möglichst adäquaten Aufbereitung der zu übermittelnden Informationen im Hinblick auf das jeweils angestrebte Kommunikationsziel, wobei die verwendeten Vorgehensweisen und Techniken interkulturell oft sehr unterschiedlich gehandhabt werden und darüber hinaus stark dem Zeitgeist unterliegen. Auch die Zuordnung zu unterschiedlichen Mediengattungen, wie beispielsweise Unterhaltung, Information, wissenschaftliche Nutzung oder Nutzung im Rahmen von Aus- und Weiterbildung, hat oft entscheidenden Einfluß auf die spezifische, Genre-typische Art und Weise der Anwendung der angesprochenen unterschiedlichen Vorgehensweisen und Techniken im Zusammenhang mit der symbolischen Kodierung von Informationen im Hinblick auf das jeweils genutzte Medium und das jeweils angestrebte Kommunikationsziel.

Historisch junge technische Medien wie Video, Computer oder Multimedia haben nach Salomon kaum eigene Symbolsysteme entwickelt, sondern bieten stattdessen als audiovisuelle oder multimediale Medien die Möglichkeit, die meisten der gängigen Symbolsysteme der oben angesprochenen, klassischen technischen Medien zu unterstützen. Hierbei passen Sie sich in ihrer multimodalen Präsentation der Inhalte und Informationen quasi dynamisch an das jeweils verwendete Symbolsystem ihrer

klassischen Vorbilder an oder modifizieren dies geringfügig. Somit können sie zunächst einmal als große Sammelplätze oder Schmelztiegel für Symbolsysteme und mit ihnen assoziierte Traditionen und Techniken der symbolischen Kodierung von Informationen und Inhalten verstanden werden. Neuere Entwicklungen zeigen allerdings, daß sich durch die Möglichkeit zur integrierten Nutzung klassischer Symbolsysteme eine neue Form von Vorgehensweisen und Techniken der symbolischen Kodierung und Präsentation von Informationen im Sinne von „Meta“-Symbolsystemen herausbildet, die in ihrer Ausgestaltung oft weit über die Möglichkeiten der klassischen Symbolsysteme hinausgeht. Als Beispiel hierfür kann die zeitgenössische Art der multimodalen Präsentation von Inhalten und Informationen auf den Benutzeroberflächen multimedialer CD-ROMs oder auf den Bildschirmseiten von Internet und WWW im Rahmen von Hypermedia und interaktivem Multimedia gelten. Inspiriert von diesem Trend verändern sich derzeit auch die Kodierungs- und Präsentations-Vorlieben bei Fernsehen und Video, die sich zunehmend ihrer Fähigkeit als multimediale und multimodale Medien bewußt werden, auch wenn ihnen im Gegensatz zu Hypermedia und Multimedia die Möglichkeit zur direkten Interaktion mit den Anwendern fehlt. Interaktives Video nimmt in diesem Zusammenhang eine Sonderstellung ein, da es in der Lage ist, die Symbolsysteme von Fernsehen und Video mit den Vorzügen von Hypermedia und Multimedia zu kombinieren (vgl. auch Kapitel 4).

Nach Salomon und anderen Forschern kann, wie bereits dargestellt (vgl. Abschnitt 3.2), die Verwendung unterschiedlicher Symbolsysteme zur symbolischen Kodierung einen Einfluß auf die kognitive Verarbeitung von Informationen beim Rezipienten ausüben. Also kann ein Produzent von Medieninhalten über die Wahl geeigneter Symbolsysteme und über gewisse Techniken bei der Kodierung gezielten Einfluß auf die Verarbeitung von Informationen durch den Rezipienten ausüben.

Die Wahl des Mediums, das dann für die Übertragung der so gewonnenen symbolisch kodierten Informationen genutzt wird, sollte im Sinne dieser Erkenntnis eher von sekundärer Bedeutung sein und hauptsächlich davon abhängig gemacht werden, ob das entsprechende Medium die aus übergeordneten Gründen gewählten Symbolsysteme ausreichend unterstützt. Steht die Wahl des Mediums jedoch aus anderen Gründen, wie Verfügbarkeit oder ähnlichem, bereits fest, so sollte sich beispielsweise ein Autor von Lehrmaterialien darüber im Klaren sein, daß die Restriktionen des gewählten Mediums bezüglich der Unterstützung unterschiedlicher Symbolsysteme dazu führen können, daß gewisse didaktisch wünschenswerte Elemente oder Funktionen gar nicht oder zumindest nicht optimal umsetzbar sind.

Es existiert also eine komplexe Interaktion zwischen [1] den Einflüssen der verwendeten Symbolsysteme (und den bei der Kodierung angewandten Techniken, die wiederum von der Wahl des Mediums beeinflußt werden oder diese beeinflussen können), [2] den bei der kognitiven Verarbeitung durch den Rezipienten angewandten mentalen Fähigkeiten und Strategien, und [3] den letztlich motivations- und aufmerksamkeitssteuernden Einflüssen des Aufgabentyps oder der Lernziele als dritte Einflußgröße. Autoren von Lehrmaterialien, wie Medienschaffende allgemein, sehen sich somit mit der anspruchsvollen Aufgabe konfrontiert, die Möglichkeiten der geschilderten Interaktion im Sinne ihrer angestrebten Ziele bewußt und gekonnt einzusetzen.

Die Tatsache, daß moderne technische Medien heute oft mehrere Symbolsysteme unterstützen, führt dabei häufig zu der Annahme, daß sie deshalb als besonders effektiv bei der Vermittlung und Unterstützung von Lernvorgängen anzusehen sind. Nach Salomon (1979/1994) ist dies aber nicht generell der Fall. Er weist darauf hin, daß das vorhandene Potential bei konkret umgesetzten Projekten keineswegs immer optimal genutzt wird. So stellt zum Beispiel das reine Abfilmen einer vortragenden Lehrkraft (talking head) auf Video sicher keine optimale Nutzung des Potentials dieser Medienform dar und degradiert sie zum reinen Transportvehikel. Im Sinne des Beobachtungslernens könnte allerdings genau eine solche möglichst unverfälschte Übertragung des zu erlernenden Modellverhaltens speziell erwünscht sein.

3.4 Mediale Darstellung von dynamischen Informationen

Nachdem bereits im zweiten Kapitel die Bedeutung von dynamischen Informationen für den Aufbau von dynamischen mentalen Repräsentationen hervorgehoben wurde (vgl. Abschnitt 2.5.3), geht es hier nun um die Frage, inwieweit dynamische Informationen auch mit technischen Medien und den von ihnen unterstützten Symbolsystemen adäquat übertragen und dargestellt werden können.

Rieber und Kini (1991) weisen in diesem Zusammenhang ausdrücklich darauf hin, daß über technische Medien wiedergegebene Animation keine echte Bewegung ist, sondern nur deren Repräsentation. Diese Aussage läßt sich nach Meinung des Autors der hier vorliegenden Arbeit problemlos auf alle über technische Medien wiedergegebene dynamische Informationen generalisieren. So bleiben zum Beispiel bei der Darstellung von Bewegung auf einem Fernsehbildschirm die einzelnen Leuchtpunkte, aus denen das Bild aufgebaut ist, stets an derselben Stelle. Eine tatsächliche Bewegung findet also nicht statt.

Die klassische Darstellung von Bewegung mit technischen Medien, beispielsweise beim Film oder beim Fernsehen, beruht also prinzipiell auf einer Sinnestäuschung. Durch eine Folge von schnell nacheinander angebotenen Einzelbildern wird das temporale Auflösungsvermögen unseres Sehsinns gezielt überschritten und es entsteht die Vision einer Bewegung. Der Bewegungseindruck ist dabei nur durch eine Art von Simulation entstanden und stellt de facto eine Fiktion dar. Dennoch erscheint eine auf diese Art wiedergegebene Bewegung dem (unbefangenen) Betrachter unter Umständen durchaus als realistisch. Selbst aus einer Abfolge von nacheinander oder gleichzeitig dargebotenen Standbildern ist ein Betrachter in vielen Fällen in der Lage, sich eine dynamische mentale Repräsentation des zugrunde liegenden dynamischen Vorgangs aufzubauen (vgl. Jenkins, Wald & Pittenger, 1978; Freyd, 1987). Aber auch aus einer rein verbalen oder textuellen Beschreibung kann möglicherweise eine brauchbare dynamische Repräsentation aufgebaut werden (vgl. Stränger, 1977).

In diesem Zusammenhang stellt sich nun die Frage, inwiefern die Fähigkeit eines technischen Mediums und der von ihm unterstützten Symbolsysteme, dynamische Informationen möglichst ähnlich oder realitätsnah zu übertragen und wiederzugeben, von Bedeutung für den Aufbau von dynamischen mentalen Repräsentationen beim Betrachter ist.

Salomon (1979/1994) macht bezüglich der von ihm eingeführten Kategorie der Ähnlichkeit zur Unterscheidung von Symbolsystemen eine wichtige Einschränkung. So hält er es für entscheidend wichtig, zwischen tatsächlicher Ähnlichkeit und vom Beobachter wahrgenommener, „psychologischer“ Ähnlichkeit zu unterscheiden. Er geht davon aus, daß die Ähnlichkeit zwischen dem mentalen Konzept des Beobachters von einem Objekt und dem Symbol, das dieses Objekt repräsentiert, wichtiger ist, als die Ähnlichkeit zwischen dem Symbol selbst und dem Objekt, das durch das Symbol repräsentiert wird. Der Grad an Realismus, über den ein Symbolsystem verfügt, ist nach Salomons Überzeugung eine eher relative und zutiefst subjektive Charakteristik dieses Symbolsystems. So sei ein hohes Maß an Realismus nicht in jedem Falle notwendig und könne sogar vom Rezipienten als unnatürlich empfunden werden, wenn es nicht dem mentalen Konzept des Rezipienten von dem symbolisch beschriebenen Objekt entspricht. Andererseits könne auch eine sehr dichte, aber relativ deskriptive, abstrakte, symbolische Beschreibung als realistisch empfunden werden, wenn sie der mentalen Repräsentation von einem Objekt auf Seiten des Rezipienten entspricht.

In eine ähnliche Richtung gehen die Überlegungen von Gibson (1979), der davon ausgeht, daß für die visuelle Wahrnehmung von Objekten oder Vorgängen nicht in erster Linie der Realismus ausschlaggebend ist, sondern die Identifikation von Invarianten. Diese Invarianten sind dabei nach Gibson Merkmale oder Charakteristika von eher genereller Art und somit unabhängig von konkreten Objekten. So ist zum Beispiel die Wahrnehmung einer menschlichen Gehbewegung prinzipiell unabhängig von der konkreten Person die geht, oder der Hose, die sie gerade trägt.

Johansson (1976) konnte in Studien zur Wahrnehmung biologischer Bewegung zeigen, daß Versuchspersonen die Körperbewegungen von Darstellern im Dunkeln alleine anhand von Lichtpunkten, die an deren wichtigsten Gelenken angebracht waren, erkennen konnten. Untersuchungen von Kozlowski und Cutting (1977), Runeson und Frykholm (1981) sowie Valenti und Costall (1997) bestätigen diese Ergebnisse, wobei sogar das Geschlecht der Darsteller oder das Gewicht von angehobenen Gegenständen erstaunlich genau durch die jeweiligen Versuchspersonen bestimmt werden konnte. Den VPN war es dabei offensichtlich geglückt, in den Bewegungen der Lichtpunkte im Dunkeln die Invarianten menschlicher Bewegungen zu identifizieren, obwohl die reine Präsentation der Lichtpunkte einen hohen Abstraktionsgrad bei der Darstellung menschlicher Bewegung besaß. In allen Fällen mussten sich die Darsteller allerdings bewegen, damit die Identifikation gelang. Aus stillstehenden Situationen konnten die VPN keine Darsteller oder Bewegungen erkennen (vgl. Abschnitt 2.5.1). Somit läßt sich darauf schließen, daß in der dynamischen Komponente der Präsentation offenbar die entscheidende Information zur Identifikation der Invarianten enthalten war.

Die Darbietung der Lichtpunkte wurde dabei in allen genannten Studien über das technische Medium Video durchgeführt, wohl aus experimentalpraktischen Gründen. Die Symbolsysteme des Mediums Video waren dabei ganz offensichtlich in der Lage, die für die Identifikation der Invarianten menschlicher Bewegung entscheidenden dynamischen Informationsanteile in ausreichender Form zu übertragen, während die Symbolsysteme stillstehender Abbildungen dies nicht leisten konnten. Ob die Identifikation der Invarianten auch über verbale oder textuelle Beschreibung möglich gewesen wäre, wurde in den genannten Studien nicht geprüft, muß aber als sehr fraglich gelten.

Die Umsetzung von dynamischen Informationen in einen medienspezifischen Code mit Hilfe von entsprechenden medienspezifischen Symbolsystemen bewirkt also einen unterschiedlichen Grad der symbolischen Abstraktion bei der medialen Repräsentation dieser dynamischen Informationen (vgl. Wetzel, Radtke & Stern, 1994). Dabei muß davon ausgegangen werden, daß ab einem gewissen, hohen Grad der Abstraktion der Aufbau von dynamischen mentalen Repräsentationen aus den so symbolisch kodierten dynamischen Informationsanteilen durch den Transkodierungsprozess ungünstig beeinflusst wird oder gar ganz zusammenbrechen kann. Wann dieser kritische Punkt erreicht wird, läßt sich nicht allgemein beantworten, sondern hängt sicher in hohem Maß von der Art der dynamischen Informationen, den individuellen Fähigkeiten des Betrachters und weiteren Variablen, wie beispielsweise Motivation, Kontext oder Instruktion ab.

3.5 Konsequenzen für das Beobachtungslernen über Medien

Welche Konsequenzen die Fähigkeit verschiedener Medienformen und ihrer jeweiligen Symbolsysteme zur Übertragung und Wiedergabe dynamischer Informationen auf das intentionale Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über technische Medien haben kann, soll an dieser Stelle erörtert werden.

Die zu übertragenden dynamischen Informationen bilden im Fall des Beobachtungslernens einen wichtigen Teil der Informationen, die durch das Modellverhalten bereitgestellt werden (vgl. Abschnitt 2.1). Wieviel Realitätsnähe bei der symbolischen Kodierung der Informationen des Modellverhaltens mit Hilfe von Symbolsystemen zur medialen Übermittlung wirklich notwendig ist, hängt sicher in hohem Maß von der Art des zu erlernenden Modellverhaltens (eher prozessähnliche Bewegungsnachahmung oder mehr resultatorientierte Handlungsnachahmung; vgl. Hommel & Stränger, 1994) und von der Art der Lernaufgabe oder vom erwünschten Lernziel ab.

Die bekannte Einteilung gängiger Medienformen hinsichtlich ihrer Realitätstreue in unterschiedliche Abstraktionsgrade von Dwyer (1978) bringt in diesem Zusammenhang nur wenig Aufklärung, da sie in einem etwas anderen Kontext und außerhalb des Beobachtungslernens gewonnen wurde.

Stränger (1977) zeigte, daß reine Handlungsabläufe als serielle Folgen von eher einfachen Handlungsschritten auch rein verbal oder textuell kodiert und erfolgreich medial übermittelt werden können (vgl. Baggett, 1979; Glenberg, Meyer & Lindem, 1987). Dynamische Medien sind hierzu nicht unbedingt nötig, unter Umständen jedoch hilfreich. Eine andere Situation liegt vor, wenn einzelne Handlungsschritte in sich komplizierte Bewegungen enthalten oder ein ganzer Handlungsablauf möglichst exakt erlernt werden soll. Hier scheint der Einsatz von dynamischen Medien zur Übermittlung des Modellverhaltens in der Regel unverzichtbar zu sein (vgl. McCullagh, Stiehl & Weiss, 1990, S. 108; Hommel & Stränger, 1994, S. 571; Müller, 1995).

Die Frage nach dem für intentionales Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen nötigen Grad an Realitätstreue eines Mediums und seiner Symbolsysteme bei der Darstellung dynamischer Informationen kann also nur fallspezifisch im Zusammenhang mit der Art des zu erlernenden Modellverhaltens, dem jeweiligen Aufgabentyp und dem angestrebten Lernziel beantwortet werden (vgl. Wetzel, Radtke & Stern, 1994).

Hierbei ist nach Meinung vieler Autoren die wohl entscheidende Frage, *wieviel Realismus* für die jeweilige Lernsituation wirklich *relevant* ist (vgl. Allen & Weintraub, 1968; zusammenfassend Wetzel, Radtke & Stern, 1994, S. 103). So könnte beispielsweise in einem bestimmten Fall die Animation eines simplen Skelettmodells vor neutralem Hintergrund gerade die entscheidenden Aspekte eines Bewegungsablaufes herausstellen (Clark, 1984), ohne daß der Betrachter von einem verwirrenden Kontext abgelenkt wird, während in einem anderen Fall genau die möglichst realistische Wiedergabe des Kontextes von großer Bedeutung sein könnte.

Der Autor der hier vorgelegten Arbeit geht dabei davon aus, daß die Funktion eines technischen Mediums im Zusammenhang mit Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen zunächst einmal darin besteht, die in dem zu erlernenden Modellverhalten bereits beinhalteten Hinweisreize und Informationen möglichst so vollständig zu übertragen, daß einem Lernenden mit Hilfe der übertragenen Informationen der Aufbau eines adäquaten Handlungsplanes zur Reproduktion des zu erlernenden Modellverhaltens gelingt. Der Autor teilt in diesem Punkt die Auffassung von Clark (1983) von der Funktion eines Mediums als reines Transportvehikel. Wie vollständig allerdings ein Medium diese Transportaufgabe erledigen kann, hängt einerseits von seinen spezifischen technischen Gegebenheiten (wie Auflösung oder Bildrate) und den damit verbundenen Restriktionen für die Übertragungsqualität ab (Riempp & Schlotterbeck, 1995), andererseits von der spezifischen Art und Weise, mit der ein Medium die durch es zu übertragenden Informationen mit Hilfe von Symbolsystemen kodiert (Salomon, 1979/1994) und wie es den Zugang zu diesen Informationen ermöglicht.

Zusätzliche Möglichkeiten beim Beobachtungslernen durch technische Medien: Über die Erledigung der eigentlichen Transportaufgabe hinaus kann der Einsatz eines technischen Mediums zur Übertragung und Wiedergabe von Modellverhalten aber auch interessante zusätzliche Möglichkeiten beim Beobachtungslernen eröffnen, die über die Möglichkeiten, die in der ursprünglichen face-to-face Situation beim Beobachtungslernen gegeben sind, weit hinausgehen.

So bieten technische Medien mit Aufzeichnungsmöglichkeit eine wirkungsvolle Abhilfe gegen die Flüchtigkeit der Ereignisse eines Modellverhaltens. Ist ein Modellverhalten dabei erst einmal gespeichert, dann kann es in der Regel beliebig oft identisch wiederholt werden. Auch können einzelne Passagen gezielt herausgegriffen und speziell betrachtet werden, bei wahlfreiem Zugriff. Darüberhinaus können einzelne Passagen oft auch zeitgedehnt, zeitkomprimiert, rückwärts, vergrößert oder verkleinert betrachtet werden (vgl. Abschnitte 4.2, 4.3.2 und 6.3.2.3.1).

Alle diese Möglichkeiten bestehen in der face-to-face Situation beim Beobachtungslernen nur begrenzt oder gar nicht. Ein reales Modell ist beispielsweise oft nicht in der Lage, einen Bewegungsablauf mehrfach identisch zu wiederholen. Auch ist ein reales Modell nur begrenzt belastungsfähig und auch nicht ständig und überall verfügbar. Im Gegensatz dazu ist ein medial gespeichertes Modellverhalten mit geringem Aufwand zeitlich und räumlich verfügbar zu machen. Außerdem kann ein medial gespeichertes, musterhaftes Modellverhalten massenhaft kopiert und damit einer viel größeren Zahl von Beobachtern zugänglich gemacht werden, als dies beim Realmodell möglich wäre.

Man kann also festhalten, daß bei der Transkodierung eines realen Modellverhaltens in einen medienspezifischen Code mit Hilfe eines oder mehrerer Symbolsysteme zur Speicherung und Übertragung mit einem technischen Medium einerseits eine gewisse Verarmung der Informationsmenge des Modellverhaltens einher gehen kann (vgl. Abschnitt 3.4), andererseits werden durch diesen Schritt aber auch zusätzliche Möglichkeiten des Zugriffs auf die (verbliebenen) Informationen des Modellverhaltens geschaffen, die die Realität so nicht bietet (vgl. Abschnitt 4.2).

Salomon (1979/1994) beschreibt beispielsweise die Möglichkeit, durch eine Detailvergrößerung eines aufgezeichneten Bilddetails im Rahmen der von ihm beschriebenen Supplantation (vgl. Abschnitt 3.2) den kognitiven Prozess des Herauslösens eines relevanten Details aus dem Gesamtzusammenhang medial zu supplantieren (vgl. Salomon, 1979/1994, S. 232). Durch diese, erst nach der Aufzeichnung auf ein Medium gegebene, Möglichkeit wurde also eine kognitive Aktion beim Betrachter angeregt.

Auch zeigte bereits Barker (1963), daß unterschiedliche Darbietungsgeschwindigkeiten verschiedene Verhaltensaspekte eines Modellverhaltens hervortreten lassen. Zu diesem Zweck zeichnete er menschliche Mimik auf Film auf. Ein Lächeln wirkt zum Beispiel bei normaler Abspielgeschwindigkeit wie ein Lächeln. Bei stark verlangsamter Abspielgeschwindigkeit allerdings treten die Bewegungen der Gesichtsmuskulatur sehr viel deutlicher hervor und man kann einzelne kleine Veränderungen erkennen, die bei Normalgeschwindigkeit nicht wahrnehmbar waren.

Gerade im Bereich der Sportpädagogik als eines der klassischen Anwendungsgebiete für intentionales Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen werden diese erst durch die mediale Aufzeichnung (auf Video) gegebenen Möglichkeiten der Detailanalyse von Modellverhalten durch Manipulation der Abspielgeschwindigkeit intensiv genutzt (Olivier, 1987; Müller, 1995).

Durch die Nutzung spezieller Techniken bei der Umsetzung von Modellverhalten in medienspezifischen Code besteht außerdem die Chance zur didaktisch motivierten Vorverarbeitung der Informationen des Modellverhaltens durch den Autor/Regisseur von Lernmaterial während der Produktion. Hierbei kann er die bei jedem Lernvorgang anfallenden Prozesse der Informationssammlung und Informationsverarbeitung für den Lernenden vorstrukturieren oder auch zum Teil übernehmen (vgl. Hasebrook, 1995). Informationssammlung und Informationsverarbeitung sind also bei medial übermittelten Lernmaterialien auf zwei Instanzen verteilt: den Autor und den Lernenden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die mediale Aufzeichnung von Modellverhalten beim Beobachtungslernen eine Vielzahl von zusätzlichen Möglichkeiten eröffnet, die die mediale Aufzeichnung als reizvolle Alternative zur Präsentation eines realen, persönlich anwesenden Modells erscheinen läßt, wenn nicht sogar dieser zumindest in Teilaspekten überlegen macht. Für diese Sichtweise spricht auch die große Anzahl von empirischen Studien zum Thema des Beobachtungslernens, die mit Hilfe von medial aufgezeichnetem Modellverhalten (meist auf Video) durchgeführt wurde (zusammenfassend Wetzels, Radtke & Stern, 1994). Selbst Bandura (1976) spricht sich für wiederholte Darbietung des Modellverhaltens beim Beobachtungslernen aus und betont, daß zeitgedehnte Darbietung Details besser zur Geltung bringe, was beides mit Hilfe von medial aufgezeichnetem Modellverhalten leicht realisierbar ist.

Die Wahl eines geeigneten technischen Mediums für das Beobachtungslernen.

Wenn aus praktischen oder sonstigen Erwägungen heraus die Präsentation von Modellverhalten zum Beobachtungslernen über ein technisches Medium erfolgen soll, so sollte die Wahl des geeigneten Mediums unter Berücksichtigung unterschiedlicher Aspekte erfolgen, von denen einige bereits oben angeführt wurden.

So ist die mögliche relative Realitätstreue eines technischen Mediums und seiner Symbolsysteme sicher ein wichtiger Aspekt, der aber gegen die tatsächliche Relevanz dieser möglichen Realitätsnähe für die jeweilige Lernsituation oder das jeweilige Lernziel abgewogen werden muß.

Auch kann die Möglichkeit des Zugangs zu den symbolisch kodierten Informationen trotz Verwendung derselben Symbolsysteme von Medium zu Medium unterschiedlich sein, was durchaus Unterschiede in der kognitiven Verarbeitung nach sich ziehen kann (Kozma, 1991, S. 181). Technische Medien unterscheiden sich also nicht nur durch die Art und Anzahl der von ihnen unterstützten Symbolsysteme, sondern auch durch die spezifische Weise, wie sie den Zugang zu den symbolisch kodierten Informationen ermöglichen, erschweren oder begünstigen. Hierbei spielen auch Dimensionen wie Manipulationsmöglichkeiten oder Interaktivität (vgl. Verhagen, 1993; Schwan, 1999) eine zunehmende Rolle (vgl. Abschnitt 4.2).

Die Fähigkeit eines technischen Mediums und seiner Symbolsysteme zur adäquaten Übermittlung und Wiedergabe dynamischer Informationen spielt immer dann eine Rolle, wenn in dem zu erlernenden Modellverhalten lernrelevante Teile dynamischer Informationen enthalten sind (vgl. Abschnitte 2.5.3 und 3.4). Unter diesem Aspekt sind Bewegtbildmedien wie Film oder auch Video, deren Symbolsysteme ein hohes Maß an depictiver Ähnlichkeit und die Fähigkeit zur Repräsentation von dynamischen Informationen aufweisen, anderen Medienformen ohne diese Eigenschaften vorzuziehen.

Medienformen, die eine Aufzeichnung des Modellverhaltens ermöglichen, sind auf Grund der dadurch gegebenen Möglichkeit zur Wiederholung solcher Medienformen vorzuziehen, die nur eine reine Übertragung ohne Aufzeichnung anbieten.

Grundsätzlich scheint ein Beobachtungslernen auch über die Symbolsysteme von Sprache, Text, Graphik, Fotografie oder Animation möglich und durchführbar zu sein. Sofern es aber um die Darbietung eines durch die Bewegungen oder Handlungen eines realen, menschlichen Modells dargestellten Modellverhaltens gehen soll, scheinen die Bewegtbildmedien *Film und Video* für diese Aufgabe geradezu *prädestiniert* zu sein.

Durch einfaches Aufnehmen mit einer geeigneten Kamera kann hierbei das Modellverhalten in seiner ursprünglichen zeitlichen Kontinuität eingefangen und aufgezeichnet werden. Die relative Realitätstreue ist dabei hoch, die Möglichkeit des Zugangs zu den symbolisch kodierten Informationen auf vielfältige Weise gegeben, auch im Sinne der erweiterten Möglichkeiten, die erst durch die mediale Aufzeichnung entstehen. Außerdem beherrschen beide Medienformen auch die Übermittlung und Wiedergabe dynamischer Informationen in ihrem ursprünglichen Zeitbezug. Somit erfüllen Film und Video alle genannten Kriterien für geeignete Medienformen zur Verwendung beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über technische Medien. Dabei sind die unterstützten Symbolsysteme bei den Medien Film und Video praktisch identisch oder zumindest äquivalent.

Allerdings muß Film aufgrund seiner Produktionsweise in diesem Fall als eher unpraktisch gelten. Die Notwendigkeit der Filmentwicklung mit der damit immer verbundenen Wartezeit und die kompliziertere Nachbearbeitung beim Filmschnitt und bei der Tonbearbeitung können für das Einsatzgebiet des Beobachtungslernens die sicher gegebenen Vorteile bei der Darstellungsqualität nach Meinung des Autors nicht aufwiegen. Darüber hinaus eignet sich Film weniger für elektronische Manipulationsmöglichkeiten zur Verbesserung des Zugangs zu den symbolisch kodierten Informationen, die auf ihm fotochemisch gespeichert sind. So ist Film beispielsweise nur mit großem Aufwand „interaktivierbar“ und eignet sich deshalb beispielsweise weniger für interaktive, multimediale Lernanordnungen (vgl. Abschnitt 4.2). Film scheidet aus den genannten Gründen also heute häufig aus, wenn es um die Verwendung beim Beobachtungslernen geht, womit *Video als am besten geeignetes technisches Medium* dasteht.

Video hat für den Einsatz beim Beobachtungslernen ganz unbestreitbare Vorzüge. Es unterstützt als audiovisuelles Medium mehrere Symbolsysteme, womit gute Voraussetzungen für eine hinreichend vollständige Erfassung eines Modellverhaltens bei dessen Aufnahme bestehen. Video ist vergleichsweise einfach zu handhaben und kann fast überall ohne großen Aufwand verfügbar gemacht werden. Es bietet die Möglichkeit zur beliebigen Wiederholung des Modellverhaltens bei wahlfreiem Zugriff auf einzelne Passagen des Modellverhaltens. In vielen Fällen ist bei Video die Möglichkeit zur zeitgedehnten oder zeitkomprimierten Betrachtung und zum „Einfrieren“ einzelner Standbilder gegeben, wodurch eine detaillierte Analyse des Modellverhaltens und seiner Teilaspekte möglich wird.

Somit verwundert es nicht, daß sich in der Literatur eine Vielzahl von empirischen Studien und theoretischen Abhandlungen zum Thema des Beobachtungslernens finden lassen, die sich mit der Darbietung des zu erlernenden Modellverhaltens über das Medium Video beschäftigen (z. B. Gropper, Lumsdaine & Shipman, 1961; Bandura, Grusec & Menlove, 1966; Gropper, 1968; Bandura & Jeffrey, 1973; Jamison, Suppes & Welles, 1974; Bandura, 1976; Stränger, 1979; Daus & Blischke 1984; Fuhrer, 1984; Bagget, 1987; Olivier, 1987; Bagget, 1988; Arwady & Gayeski, 1989; Cennamo, Savenye & Smith, 1991; Dowrick, 1991; Gray, Neisser, Shapiro & Konus, 1991; Barnard, 1992-1993; Hommel und Stränger, 1994; Lee, Swinnen & Serrien, 1994; McCullagh, 1994; Wetzel, Radtke & Stern, 1994; Müller, 1995; Wiemayer, 1995; Ferrari, 1996; Goodyear, 1996; Weeks, Hall & Anderson, 1996).

Außerdem kann Video die Symbolsysteme anderer Medienformen integrieren, von Sprache über Geräusch und Musik bis hin zu Text, Graphik, Fotografie oder Animation. Somit ist auch die komplementäre Ergänzung von Symbolsystemen im Sinne von Clark und Paivio (1991) sowie Multimodalität und Multimedialität mit Video gut möglich. Dabei wird häufig als primäre Komponente das Laufbild eingesetzt, das dann durch andere Symbolsysteme, wie Sprache, Text oder Graphik ergänzt werden kann, die häufig zur Aufmerksamkeitssteuerung eingesetzt werden.

Zusätzlich bietet Video als elektronisches Medium günstige Voraussetzungen für erweiterten Zugriff auf die mit ihm gespeicherten symbolisch kodierten Informationen. So sind elektronische Bildmanipulationen, Veränderungen der Abspielgeschwindigkeit und interaktiver Zugriff auf einzelne Passagen oder Ähnliches relativ einfach möglich.

Schlußfolgerung: Aus den im dritten Kapitel gemachten Ausführungen zum Thema des intentionalen Beobachtungslernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen über technische Medien lassen sich folgende Schlußfolgerungen ableiten:

- Die Aussagen in der Fachliteratur zum generellen Einfluß von Medien auf Lernvorgänge sind für das Thema des Beobachtungslernens über Medien zu wenig präzise.
- Bei absolut vollständiger Übertragung des zu erlernenden Modellverhaltens durch ein technisches Medium ist kein Einfluß des verwendeten Mediums zu erwarten.
- Allerdings ist durch die mit der medialen Übertragung zwingend verbundene Notwendigkeit zur Transkodierung der Informationen des Modellverhaltens mit Hilfe von Symbolsystemen sowie bei der anschließenden Dekodierung durch das kognitive System des Rezipienten durchaus „durch die Hintertür“ ein gewisser Einfluß des verwendeten Mediums auf den Vorgang des Beobachtungslernens als plausibel anzusehen (vgl. Abschnitte 2.4 und 3.2).
- Der zu erwartende Einfluß eines Mediums hängt dabei stark von der Auswahl des Medientyps und der damit gekoppelten Auswahl der verwendeten Symbolsysteme ab.
- Auch bei Verwendung derselben Symbolsysteme unterscheiden sich technische Medien möglicherweise dennoch durch die Art, wie sie den Zugang zu den symbolisch kodierten Informationen ermöglichen, erleichtern oder erschweren.
- Die Fähigkeit der gewählten Symbolsysteme, dynamische Informationen zu übertragen und darzustellen, spielt für den Aufbau von adäquaten Handlungsplänen im Rahmen des intentionalen Beobachtungslernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen über technische Medien oft eine bedeutende Rolle (vgl. Abschnitte 2.5.3 und 3.4).
- Über die Erledigung der reinen Transportaufgabe hinaus bringt die Übertragung von Modellverhalten mit technischen Medien zusätzliche Möglichkeiten beim Beobachtungslernen. Durch die Aufzeichnung wird z. B. eine beliebige Wiederholbarkeit und die Möglichkeit zur detaillierten Analyse über die zeitgedehnte Darstellung eingeführt.
- Allgemein gesehen eröffnet die Verwendung von technischen Medien zur Übermittlung des zu erlernenden Modellverhaltens beim Beobachtungslernen unter Umständen einen stark erweiterten Zugang zu den im Modellverhalten enthaltenen Informationen, den die Realität so oft nicht anbieten kann.
- Die Präsentation von Modellverhalten über technische Medien beim Beobachtungslernen kann unter gewissen Umständen dem realen Modell auch überlegen sein und spezifische Vorteile bringen.
- So erscheint eine deutliche Verbesserung des Lernerfolgs oder der Lerneffizienz bei Einsatz von technischen Medien beim Beobachtungslernen im Vergleich mit realer Modelldarbietung durchaus denkbar. Dies gilt speziell dann, wenn durch den Einsatz des technischen Mediums der Zugang zu den Informationen des Modellverhaltens stark erweitert und verbessert wird (vgl. Abschnitt 4.3.1).
- Video kann als dasjenige technische Medium angesehen werden, das unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Kriterien als am besten geeignet für die Übermittlung und Wiedergabe von Modellverhalten beim Beobachtungslernen erscheint.

4 Interaktives Video

Die British Open University, eine Fernuniversität mit ungefähr 65000 Studenten, bot in den achtziger Jahren einen Teil ihrer Lernmaterialien über die Ausstrahlung im öffentlichen Fernsehen an, vielleicht vergleichbar den Telekolleg-Sendungen im deutschen Fernsehen (Brown, et. al., 1982; Brown, 1983, Bates, 1987). Jede Lektion wurde dabei anfangs jeweils mehrfach zu unterschiedlichen Sendezeiten ausgestrahlt, damit die überwiegend berufstätige Studentenschaft bessere Möglichkeiten hatte, jede Lektion im Fernsehen mitzuverfolgen. Als dieses Angebot weiter ausgedehnt wurde und deutlich an Beliebtheit gewann, wurden die Sendeplätze langsam knapp. So entschloß man sich, jede Lektion nur noch einmal im Fernsehen auszustrahlen. Zum Ausgleich dafür konnten sich die Studenten auf Wunsch die Lektionen auf Videokassetten ausleihen. Diese Maßnahme war ursprünglich nur dazu gedacht, eventuelle Nachteile durch die nur noch einmalige Fernsehausstrahlung und ungünstigere Sendezeiten aufzufangen.

Bei einer Evaluation zur Akzeptanz und zum Nutzerverhalten bei der Nutzung dieser auf Video verbreiteten Lektionen zeigten sich allerdings überraschende Effekte. Die Nutzung der Videokassetten überstieg schnell die Nutzung der Fernsehsendungen, auch verglichen mit dem Zeitraum, in dem die Lektionen noch mehrfach im Fernsehen ausgestrahlt worden waren. Von den Studenten wurde dabei als sehr positiv empfunden, daß durch die Videokassetten der individuelle Zugang zu den Lektionen besser und flexibler möglich war. Außerdem wurde das Angebot der Videokassetten pauschal als hilfreicher erachtet, als das Angebot der Fernsehsendungen. Die Videokassetten wurden dabei durchschnittlich 1,7 mal betrachtet.

Speziell auffällig war aber die Art, wie die Studenten die Videokassetten benutzten im Vergleich mit den Fernsehsendungen: Die Darbietung wurde häufig unterbrochen, um kurz zurückzuspulen, einzelne Passagen noch einmal anzuschauen, unklare Stellen aufzuklären und sich Notizen zu machen. Die Anzahl der gemachten Notizen lag dabei um 14 % höher als bei den Fernsehsendungen. Ein Drittel der Studenten unterbrach die Darbietung bereits beim ersten Durchgang. Nur ein Drittel sah sich das Band auch beim zweiten Durchgang ohne Unterbrechung ganz an.

Die Studenten hatten das Lehrmaterial auf den Videokassetten also überwiegend interaktiv genutzt und dabei an ihre individuellen Lernbedürfnisse angepasst.

Dieses Beispiel unterstreicht eindrucksvoll die bereits im vorangegangenen Kapitel gemachte Aussage (vgl. Abschnitt 3.5), daß sich technische Medien nicht nur durch die von ihnen unterstützten Symbolsysteme unterscheiden, sondern bei gleichen Symbolsystemen (wie im obigen Beispiel) auch durch die Art und Weise, wie sie Zugang zu den übertragenen oder gespeicherten, symbolisch kodierten Informationen gewähren. Der Zugang war im obigen Beispiel bei den Videokassetten verbessert, da den Studenten so eine gewisse Art von interaktivem Zugriff auf die Informationen möglich wurde.

Interaktives Video ist nach Floyd (1982) definiert als jede Videodarbietung, bei der die Abfolge oder Auswahl der angebotenen medialen Botschaften durch die Art bestimmt wird, wie der Betrachter auf die angebotenen Informationen reagiert.

4.1 Herkömmliche Formen interaktiven Videos

Bei der beginnenden Einführung von Videorecordern für die breite Masse zu Ende der siebziger Jahre war sicherlich der ausschlaggebende Punkt und der motivierende Faktor, eine kostengünstige technische Möglichkeit zur Aufzeichnung der bis dato für den privaten Fernsehkonsumenten flüchtigen Informationen des Fernsehens zu schaffen. Auch sollte wohl ein weiterer Vertriebskanal für Spielfilme neben dem Kino entstehen. Die Tatsache, daß die so eingeführte Videotechnologie auch eine Art von interaktivem Zugriff auf die mit Video aufgezeichneten Informationen erlaubt, war höchstens ein willkommener Nebeneffekt, keineswegs aber die hauptsächliche Absicht hinter der Einführung der Videotechnologie für die breite Masse.

Deutlich anders lagen die Dinge bei der Einführung der *Video-Disc Technologie* zu Ende der siebziger Jahre. Dieses, auf deutsch *Bildplatte* genannte, alternative Trägermedium für analoge Videoinformationen (im Unterschied zu CD-ROM, Video-CD oder DVD, die digitale Videoinformationen tragen) erlaubte im Gegensatz zum Videoband keine eigene Aufzeichnung durch den Käufer, sondern mußte bereits auf Seiten des Herstellers mit Videoinformationen beschrieben werden. Diesem offensichtlichen Nachteil mußte ein entsprechender Vorteil gegenüber gestellt werden, um überhaupt an eine erfolgreiche Markteinführung denken zu können.

Dieser Vorteil lag nach Meinung der Anbieter, neben der etwas besseren Bildqualität, speziell in der Tatsache, daß die Video-Disc als rotierende Scheibe im Gegensatz zum Magnetband aus technischen Gründen einen wesentlich schnelleren wahlfreien Zugriff auf die auf ihr abgelegten Videoinformationen bietet. Somit entfallen langes Suchen und umständliches Hin- und Herspulen ganz.

Wurde nun ein derartiger Video-Disc Abspieler mit einem Computer gekoppelt, so entstand die Möglichkeit, je nach Eingabe eines Benutzers am Computer, blitzschnell zu beliebigen Stellen auf der Video-Disc zu springen und die dort gespeicherten Videoinformationen auf einem eigenen Bildschirm abzuspielen. Dabei war das Videobild von guter Qualität, bildschirmfüllend und ruckelfrei. Eine derartige Videowiedergabe war den damaligen Computern allein, ohne Video-Disc Abspieler, aufgrund der geringen Leistungsfähigkeit, verglichen mit heutigen Maßstäben, unmöglich.

Die so entstandene Computer-Video Kopplung wurde in der Folge als „interaktives Video“ bekannt und häufig als Lernmedium eingesetzt. Dabei war es mit Hilfe von „Video-Overlay“ auch möglich, daß die Videoszenen direkt auf dem Computer-Monitor dargestellt wurden, wodurch der Eindruck einer integrierten Präsentation, wie wir sie heute oft unter Multimedia verstehen, entstehen konnte. Daneben existierten auch Systeme, bei denen anstelle des Video-Disc Abspielers ein herkömmlicher Videorecorder von einem Computer angesteuert wurde, was aber bei jedem Zugriff mit teils langen Umspulzeiten verbunden war und daher als eher ungünstig anzusehen ist.

Die Weiterentwicklung der Video-Disc Abspieler erlaubte später auch die Erstellung von interaktiven Videoprogrammen, die ohne die Hilfe eines externen Computers direkt auf dem Video-Disc Abspieler ablaufen konnten. Der Video-Disc Abspieler verfügte dabei selbst über die Möglichkeit zur Ausführung eines kleinen Computerprogramms von maximal 7 KByte Größe, das auf der Video-Disc gespeichert war. Die interaktive Steuerung erfolgte über die Fernbedienung des Abspielers. Zur Navigation wurden

beispielsweise einzelne Standbilder genutzt, bei denen der Ablauf jeweils angehalten wurde. Der Nutzer wurde auf diesen Standbildern jeweils durch entsprechende Informationen in Textform auf die bestehenden Verzweigungsmöglichkeiten hingewiesen, die sich über die Tasten der Fernbedienung auslösen ließen. Das jeweilige Angebot an Verzweigungsmöglichkeiten mußte dabei im Vorfeld der industriellen Herstellung der Video-Disc durch eine einfache Form der Programmierung definiert werden.

Die Logik des auf dem Video-Disc Abspieler ausgeführten Computerprogramms erlaubte auch eine einfache Form der Reaktion auf Benutzereingaben, die beispielsweise durch Aufforderung zur Auswahl zwischen verschiedenen Optionen auf den Standbildseiten eingefordert wurden. Auf diese Weise wurde ein bedingtes Verzweigen zu unterschiedlichen Stellen auf der Video-Disc (Standbilder wie Laufbildsequenzen) möglich. Auf dieser Basis wurde beispielsweise eine interaktive Video-Disc zum Thema AIDS realisiert, bei der zunächst durch Abfrage der Benutzereigenschaften die passende Zielgruppe ermittelt wurde und der Nutzer dann eine speziell für seine Zielgruppe zugeschnittene Variante des Inhalts angeboten bekam (Cavalier, 1991).

An dieser Stelle muß darauf hingewiesen werden, daß sich die, mit der Computer-Video-Kopplung und der Video-Disc Technologie realisierte Form von Interaktivität (vgl. Abschnitt 4.3) in erster Linie auf das bedingte Verzweigen zwischen Szenen oder Passagen herkömmlich erstellten Videomaterials bezog. Sie war von der Grundidee her mit Hypertext und Hypermedia vergleichbar. Interaktives Video diente damit vor allem der Aufhebung der starren Linearität von Video auf Band und ermöglichte so die Entwicklung von komplexen interaktiven Lernsystemen unter Einsatz videobasierter Lernmaterialien, in dem es eine inhaltsbasierte, fallbedingte Verzweigung einführte.

Weitergehende Formen der Steuerung interaktiver Funktionen (vgl. Abschnitt 4.3.2) wurden nicht direkt von der Video-Disc Technologie unterstützt und erforderten den Einsatz eines Personal Computers zur Ansteuerung des Video-Disc Abspielers sowie von umfangreicheren Programmen auf Diskette oder Festplatte. Auf dieser Basis wurde beispielsweise das Programm „Decision Point“ realisiert, das zur Schulung von Managern diente und lebensnahe Fallstudien von Entscheidungssituationen im Berufsalltag eines Managers beinhaltete (Cavalier, 1991). Der Nutzer befand sich dabei in der Rolle eines Vertriebsmanagers. Das Programm generierte nun dynamisch verschiedene Szenarios aus den Videosequenzen auf der Video-Disc, in denen der Nutzer als Manager Entscheidungen treffen mußte und dabei Lernprozesse durchlief.

Die weiterentwickelte Video-Disc Technologie erlaubte auch bereits eine zeitgedehnte oder zeitkomprimierte Wiedergabe von Videosequenzen. Diese Möglichkeit wurde beispielsweise von interaktiven Videodiscs zu Verhaltensstudien bei Menschen und Tieren genutzt. Eine Anwendung aus dem Bereich des Beobachtungslernens war ein Kurs zum Erlernen von Taubstummensprache auf Videodisc. Bei diesem Kurs wurde die gegebene Möglichkeit zu Zeitlupe, Zeitraffer und Standbild zur Beobachtung und Analyse der zu erlernenden Bewegungen intensiv eingesetzt (Cavalier, 1991).

Die Existenz des neuen Lernmediums „interaktives Video“ löste in den achtziger Jahren eine gewisse Euphorie aus und es wurden viele interaktive Lernsysteme für ein mehr oder weniger selbstgesteuertes Lernen entwickelt. Mit interaktivem Video konnten relativ komplexe Lernsysteme realisiert werden, wobei die Freiheitsgrade der Nutzer bei

der interaktiven Steuerung des Lernsystems und des Ablaufs in weiten Grenzen schwanken konnten (vgl. Schaffer & Hannafin, 1986). Hierbei war oft das Bestreben, sich bei der Auslegung der angebotenen Verzweigungsoptionen an didaktischen Modellen der Wissensvermittlung zu orientieren, um somit eine adäquate inhaltliche Struktur zu erreichen (vgl. Allen, 1986; Hannafin & Phillips, 1987; Laurillard, 1987; Steinberg, 1989; Dowrick, 1991; Steinberg, 1991; Schwier & Misanchuk, 1993).

Lernsysteme auf Basis von interaktivem Video wurden für die unterschiedlichsten Gegenstandsbereiche und Lerngebiete eingesetzt. Ein großer Teil der Lernsysteme wurde dabei zur Vermittlung überwiegend komplexen, abstrakten, deklarativen Wissens entwickelt. So realisierte in den Vereinigten Staaten das National Institute of Mental Health zusammen mit der National Library of Medicine ein interaktives Lernsystem auf drei Videodiscs für die Ausbildung von Studenten zum Themenbereich suizidgefährdeter Erwachsener (Cavalier, 1991). Laurillard (1987) beschreibt die Entwicklung und Evaluation einer interaktiven Videodisc zum Themenbereich Metallurgie und Materialeigenschaften. Eine interaktive Videodisc für Chemiestudenten hat das Periodensystem der Elemente zum Gegenstand (vgl. Hoffer, Radke & Lord, 1992). In dieser Art wurden noch eine große Zahl weiterer Anwendungen von interaktivem Video zur Vermittlung deklarativen Wissens realisiert (vgl. Wetzel, Radtke & Stern, 1994).

Es existieren aber auch Lernsysteme auf Basis von interaktivem Video zur Vermittlung von prozeduralem Handlungswissen oder von Handlungs- und Bewegungsabläufen, bei denen eher intentionales Beobachtungslernen eher im Vordergrund steht. Patricia Baggett (1988) entwickelte beispielsweise ein Lernsystem auf Videodisc, mit dem der Zusammenbau eines 80-teiligen Krans aus Fischertechnik durch Beobachtung eines Modellverhaltens erlernt werden sollte. Shyu und Brown (1992) realisierten ein Lernsystem zum Erlernen von Origami, einer japanischen Papierfaltkunst, bei dem die Lernenden einen Kranich aus Papier falten sollten, in dem sie einen Experten bei der Herstellung eines Kranichs beobachten. Auch hier gäbe es weitere Beispiele, auf deren Aufzählung aber an diese Stelle verzichtet werden soll.

Wissenschaftliche Erkenntnisse zu herkömmlichen Formen interaktiven Videos.

Die, gegenüber den herkömmlichen Möglichkeiten der Wissensvermittlung, erwarteten Vorteile der neuen Lerntechnologie „interaktives Video“ lösten ab ungefähr 1978 eine ganze Welle von forscherschen Aktivitäten aus, die auch in der wissenschaftlichen Literatur mit einer Vielzahl von Veröffentlichungen deutlich ihren Niederschlag fand.

McNeil und Nelson (1991) analysierten in einer Meta-Studie 63 Untersuchungen zum Thema der Lerneffektivität von interaktivem Video und fanden dabei einen positiven Gesamteffekt von .53 (Standardabweichung, korrigiert um Ausreißer). Dies besagt nach McNeil und Nelson, daß interaktives Video eine effektive Form der Wissensvermittlung ist, wobei der Effekt ungefähr gleich groß sei, wie der Effekt von computerunterstütztem Lernen. Die 63 untersuchten Studien waren dabei aus einer Gesamtheit von 367 Studien aus den Jahren 1978 bis 1988 nach strengen Kriterien ausgewählt worden und hatten gemeinsam, daß in allen 63 ausgewählten Studien jeweils die Lernergebnisse einer Gruppe von Nutzern von interaktivem Video mit den Lernergebnissen einer Vergleichs- oder Kontrollgruppe, die eine andere Form des Wissenserwerbs genutzt hatte, verglichen worden waren.

Fletcher (1990) führte ebenfalls eine Meta-Studie zum Thema der Lerneffektivität von interaktivem Video durch, in die er 28 ausgewählte Studien einbezog. Er fand dabei einen Effekt von .50 (Standardabweichung, korrigiert um Ausreißer) zu Gunsten von interaktivem Video im Vergleich mit anderen Formen des Wissenserwerbs. Fletcher untersuchte dabei speziell vier Kategorien der Lerneffektivität: [1] Wissenserwerb, [2] Performanz (bei der Ausführung der erworbenen Handlungen oder Fähigkeiten), [3] Lernzeit und [4] Behaltensleistung. Er fand heraus, daß interaktives Video deutlich effektiver war, als andere Formen der Wissensvermittlung. Der Effekt war im Bezug auf Wissenserwerb (.35) und im Bezug auf Performanz (.35) gleich groß. Bei der Lernzeit fand er eine Lernzeiterparnis von durchschnittlich 31% gegenüber anderen Formen der Wissensvermittlung. Bei der Langzeitbehaltensleistung traten keine nennenswerten Unterschiede zwischen der Nutzung von interaktivem Video oder anderen Formen der Wissensvermittlung auf. Bei der Untersuchung des Einflusses verschiedener Grade an Interaktivität auf die Lerneffektivität fand Fletcher, daß höhere Interaktivität höhere Lerneffektivität bewirkte.

Nun mögen derartige Meta-Studien wenig präzise sein und außerdem die Gefahr von Konfundierungen beinhalten, einen gewissen Hinweis auf ein mögliches lernförderndes Potential von interaktivem Video geben sie nach Meinung des Autors der hier vorgelegten Arbeit dennoch (vgl. auch Pollard, 1992).

Detailliertere Ergebnisse legten beispielsweise Schaffer und Hannafin (1986) vor, die in einer Studie das Lernverhalten von 98 Gymnasiasten beim Lernen mit interaktivem Video untersuchten. Dabei wurde der Faktor Interaktivitätsgrad systematisch variiert, wobei es vier Stufen des Interaktivitätsgrades von linear bis voll interaktiv gab. Untersuchungsgegenstand war die Erstellung von graphischen Spezialeffekten für Fernsehsendungen, wobei keine Möglichkeit zu eigener Ausführung gegeben war und im Anschluss nur deklaratives Wissen abgefragt wurde. Es zeigte sich, daß die direkt im Anschluss erhobene Behaltensleistung mit steigendem Interaktivitätsgrad signifikant zunahm. Allerdings war die benötigte Lernzeit negativ korreliert mit dem Interaktivitätsgrad und bei allen höheren Interaktivitätsgraden signifikant länger als bei linearer Videodarbietung. Es ist allerdings fraglich, ob die Ergebnisse von Schaffer und Hannafin auch auf Beobachtungslernen mit interaktivem Video übertragbar sind.

Baggett (1988) untersuchte anhand ihres Lernsystems auf Videodisc, mit dem der Zusammenbau eines 80-teiligen Krans aus Fischertechnik durch Beobachtung eines Modellverhaltens erlernt werden sollte, ebenfalls den Einfluß des Interaktivitätsgrades und gleichzeitig auch den Einfluß begleitenden Übens auf die Lernergebnisse von 204 Psychologiestudenten beiderlei Geschlechts. 172 Versuchspersonen in fünf verschiedenen Gruppen bekamen dabei die Möglichkeit, interaktives Video in drei verschiedenen Varianten zu nutzen. Die sechste Gruppe von 32 Versuchspersonen bekam das zu erlernende Modellverhalten als lineare Videodarbietung auf Videoband zu sehen. Das Videomaterial war für alle sechs Gruppen identisch und dauerte 27 Minuten bei linearer Betrachtung. Drei der fünf Gruppen von Nutzern interaktiven Videos hatten außerdem die Möglichkeit, während der Betrachtung der Videoszenen parallel das Gesehene zu üben, während die anderen beiden Gruppen der Nutzer interaktiven Videos und die Nutzer linearer Videodarbietung keine Möglichkeit zum Üben hatten. Das zu erlernende Modellverhalten mußte von allen Nutzern nach Abschluss der Betrachtungs-

phase aus dem Gedächtnis reproduziert werden. Das Ergebnis dieser Reproduktion wurde jeweils auf seine Korrektheit überprüft und als Maß für den Lernerfolg gewertet, außerdem wurde ein spezielles Maß für die Lerneffizienz erhoben.

Es zeigte sich, daß es entgegen den Erwartungen keine signifikanten Unterschiede im Lernerfolg zwischen den Nutzern linearer Videodarbietung und den Nutzern interaktiven Videos mit gleichzeitiger Übung gab. Nutzer interaktiven Videos, die nicht gleichzeitig üben konnten, waren allen anderen Gruppen überlegen in der Lerneffizienz, im Lernerfolg aber nur ebenbürtig. Eine weitere Variante interaktiver Videodarbietung war, daß begleitendes Üben zwar zugelassen war, aber während des Übens der Bildschirm jeweils schwarz geschaltet war. Die Gruppe, die diese Variante nutzte, war ebenfalls bezüglich Lernerfolg den anderen Gruppen ebenbürtig. Die Lerneffizienz lag leicht tiefer, als bei der interaktiven Bedingung ohne Übung und es traten signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern auf, die ansonsten in keiner Bedingung aufgetreten waren. Männliche Nutzer von interaktivem Video mit Übung und schwarzem Bildschirm waren weiblichen signifikant überlegen und auch im Vergleich mit allen anderen Bedingungen am erfolgreichsten. Baggett konnte allerdings mit der von ihr durchgeführten Studie weder eine signifikante Überlegenheit interaktiven Videos gegenüber linearer Betrachtung hinsichtlich Lernerfolg oder Lerneffizienz, noch Vorteile begleitenden Übens gegenüber reinem Memorieren zeigen.

Shyu und Brown (1992) führten eine Untersuchung zum Beobachtungslernen mit interaktivem Video durch, bei dem 52 Versuchspersonen lernen sollten, mit Hilfe von Origami, einer japanischen Papierfaltkunst, einen Kranich aus Papier zu falten, in dem sie einen Experten bei der Herstellung eines solchen Kranichs auf Video beobachteten. Untersucht wurde erneut der Einfluß des Interaktivitätsgrades auf den Lernerfolg. Dabei gab es zwei Bedingungen: [1] Die programmkontrollierte Bedingung, bei der eine Einführung und eine Zusammenfassung in Normalgeschwindigkeit dargeboten wurde, sowie der ganze Herstellungsablauf, unterteilt in 12 Sequenzen, die sequentiell jeweils in Zeitlupe dargeboten wurden. Nach jeder der 12 Sequenzen wurden die VPN befragt, ob sie die gerade gesehene Sequenz noch einmal sehen wollten. War die Antwort bejahend, so wurde die Sequenz erneut dargeboten, wobei diese Wiederholungsmöglichkeit bei jeder Sequenz unbegrenzt oft gegeben war. Wurde aber einmal zur folgenden Sequenz übergegangen, so konnte die vorangegangene Sequenz nicht mehr betrachtet werden. Die Reihenfolge der Sequenzen war dabei für alle VPN identisch. [2] Die lernerkontrollierte Bedingung, bei der zunächst dieselbe Einführung gezeigt wurde, dann aber ein Menü erschien, aus dem die VPN die 12 Sequenzen in beliebiger Reihenfolge aufrufen konnten. Dazu gab es eine unverbindliche Empfehlung für eine günstige Reihenfolge. Somit waren die VPN bei der Auswahl der Sequenzen völlig frei und konnten die Sequenzen in jeder beliebigen Reihenfolge betrachten. Außerdem war es den VPN möglich, Sequenzen zu wiederholen und an jedem beliebigen Punkt den Ablauf anzuhalten, um ihn später wieder fortzusetzen.

Zugelassen zum Experiment waren nur Novizen, die zufällig auf die Bedingungen verteilt wurden und das Experiment jeweils einzeln durchliefen. Vor Beginn des Beobachtungslernens wurde allen beteiligten ein kompletter Origami-Kranich gezeigt, den sie aber nicht zerlegen durften. Allen beteiligten VPN war es erlaubt, während der Beobachtung des Modellverhaltens begleitend zu üben. Gemessen wurde bei dieser

Studie der Lernerfolg, die selbst empfundene Lerneffizienz vor und nach dem Lernvorgang, die Lernzeit, die Reproduktionszeit und die persönliche Einschätzung über den Nutzen der Lernumgebung als Lernhilfe.

Hierbei zeigte sich, daß die VPN in der lernerkontrollierten Bedingung im Durchschnitt signifikant erfolgreicher bei der Herstellung des Origami-Kranichs waren als die VPN in der programmkontrollierten Bedingung, was den Erwartungen voll entsprach. Keine Unterschiede gab es bei der selbst empfundenen Lerneffizienz vor und nach dem Lernvorgang sowie bei der persönlichen Einschätzung über den Nutzen der Lernumgebung als Lernhilfe. Auffällig war, daß die VPN in der lernerkontrollierten Bedingung im Durchschnitt signifikant mehr Lernzeit benötigt hatten als die VPN in der programmkontrollierten Bedingung.

Shyu und Brown sehen durch diese Ergebnisse die Theorie von Merrill (1975) grundsätzlich bestätigt, die besagt, daß Lernende effektiver lernen können, wenn sie eine gewisse Kontrolle über den Lernvorgang haben, da sie dann selbst entscheiden können, wie sie in der gegebenen Lernsituation am besten lernen. In Frage gestellt sehen sie dagegen die These von Hannafin (1984), die besagt, daß prozedurales Handlungswissen mit interaktivem Video am besten in einer programmkontrollierten Bedingung gelernt wird. Die längere Lernzeit der VPN in der lernerkontrollierten Bedingung führen Shyu und Brown darauf zurück, daß die VPN sich erst einmal orientieren mußten.

Einschränkend soll hier angemerkt werden, daß die auf der Basis der herkömmlichen interaktiven Videotechnologie gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse über den Einsatz interaktiv ansteuerbarer Videoszenen in interaktiven Lernprogrammen für die hier vorgelegte Arbeit nur bedingte Aussagekraft haben. Dies liegt daran, daß die bei herkömmlichem interaktivem Video eingesetzte Form der Interaktivität sich stark von der Form unterscheidet, die in der vorgelegten Studie untersucht wird (vgl. Abschnitt 4.3.2): Geht es bei der interaktiven Steuerung von herkömmlichem interaktivem Video in erster Linie um die *makrointeraktive* Verzweigung zwischen Szenen aus einem Vorrat von Videosequenzen im Umfang von 20 Minuten bis zu mehreren Stunden, so untersucht die hier vorgelegte Arbeit die *mikrointeraktive* Fein-Steuerung des Ablaufs einzelner Videosequenzen einer Länge von ca. 14 bis 35 Sekunden, wobei keinerlei Verzweigungen durchgeführt werden (vgl. Abschnitte 4.3.2 und 6.3.2.3.1).

Interaktives Video in seiner klassischen Form mit Video-Disc Abspieler und/oder Computer-Video-Kopplung wird daher in der hier vorgelegten Arbeit nicht weiter untersucht. Diese Technologie wurde außerdem durch die enorme Weiterentwicklung der Computertechnik und die Einführung multimedialer Lernprogramme mit Video-Einsatz für Personal Computer (digitales Video auf Festplatte, CD-ROM, CD-i oder DVD) technisch überholt (vgl. Riempp & Schlotterbeck, 1995) und spielt mittlerweile keine Rolle mehr. Die Produktion von Video-Discs und von Video-Disc Abspielern ist deshalb von der Industrie eingestellt worden.

Die erwähnten neueren Formen des Einsatzes von (digitalem) interaktivem Video im Zusammenhang mit interaktivem Multimedia für Personal Computer stehen weit eher im Mittelpunkt des Interesses der hier vorgelegten Arbeit als die herkömmlichen Formen interaktiven Videos und sollen im folgenden Abschnitt thematisiert werden.

4.2 Neuere Formen interaktiven Videos

Durch die Einführung multimedialfähiger Personal Computer zu Beginn der neunziger Jahre veränderten sich die technischen Voraussetzungen für die Realisation von interaktiven Lernsystemen grundsätzlich. Mit dem Fortschreiten der technischen Entwicklung wurde es immer besser möglich, unterschiedliche statische und dynamische Medienformen unter dem gemeinsamen Dach integrierter multimedialer, interaktiver Präsentationen zusammenzubringen und so sehr komplexe Lernsysteme zu realisieren. War dabei der Einsatz von Video zu Anfang noch mit großen technischen Problemen verbunden und konnte nur in kleinen Fenstern mit ruckelnder Wiedergabe erfolgen, so verbesserte sich diese Situation zunehmend, so daß heute die Möglichkeit besteht, in interaktiven Lernsystemen digitales Video ruckelfrei im Vollbildmodus bei sehr guter Bildqualität einzusetzen. Interaktives Video ist als eigenständige Medienform daher kaum noch anzutreffen und bildet heute als digitales Video in interaktiven Medien einen Bestandteil interaktiver multimedialer Präsentationen oder Lernsysteme.

Die technischen Details des Einsatzes von digitalem Video in interaktiven Medien werden ausführlich in dem Fachbuch „Digitales Video in interaktiven Medien“ erörtert, das der Autor der hier vorgelegten Arbeit, als Ingenieur der Medientechnik, zusammen mit einem Fachkollegen bereits 1995 im Springer-Verlag, Heidelberg veröffentlicht hat (Riempp & Schlotterbeck, 1995). Daher wird an dieser Stelle auf eine vertiefte Darstellung der technischen Grundlagen neuerer Formen interaktiven Videos in Verbindung mit interaktivem Multimedia für Personal Computer verzichtet und nur an den Stellen, wo es für das Verständnis unverzichtbar erscheint, kurz darauf eingegangen.

Der wohl auffälligste Unterschied in der Nutzung von Videosequenzen zwischen herkömmlichen und neueren Formen interaktiven Videos ist darin zu sehen, daß bei herkömmlichem interaktivem Video meist sehr lange Sequenzen von vielen Minuten Dauer zum Einsatz kommen, während bei neueren Formen interaktiven Videos oft nur sehr kurze Sequenzen im Bereich von wenigen Sekunden bis ungefähr 1 bis 2 Minuten Dauer eingesetzt werden. Der Unterschied erklärt sich dadurch, daß bei herkömmlichem interaktivem Video der ganz überwiegende Teil der zu vermittelnden Informationen über das Medium Video übermittelt werden mußte, wobei sich nicht alle Modalitäten von Information gleich gut zur Vermittlung durch Video eignen. Neuere Formen interaktiven Videos stellen dagegen nur eine Möglichkeit unter vielen im Medienmix multimedialer Präsentationen dar, so daß es möglich wird, nur diejenigen Informationen über das Medium Video zu übermitteln, für die sich das Medium Video auch optimal eignet.

Ein weiterer wichtiger Unterschied zwischen herkömmlichen und neueren Formen interaktiven Videos ist die Tatsache, daß bei neueren Formen interaktiven Videos aufgrund der technischen Gegebenheiten deutlich erweiterte Möglichkeiten der Interaktion zwischen Nutzer und Abspielsystem bestehen. So existieren neben der bereits beschriebenen Möglichkeit der bedingten Verzweigung zwischen einzelnen Videoszenen, die bei den herkömmlichen Formen interaktiven Videos die wesentliche Form der Interaktivität darstellt, bei neueren Formen interaktiven Videos weitere mögliche Dimensionen der Interaktivität. Hier sei beispielsweise temporale Mikrointeraktivität genannt (vgl. Abschnitt 4.3.3), also der interaktive Zugriff auf die Zeitbasis des Ablaufs einer Videosequenz (Zeitlupe, Zeitraffer, etc.), oder auch spatiale Mikrointeraktivität

(vgl. Abschnitt 4.3.3) als Möglichkeit, die räumlichen Parameter der Darstellung einer Videosequenz interaktiv zu beeinflussen (Zoom, Perspektive, etc.). Weiterhin gibt es die Möglichkeit, einzelne im Video dargestellte Objekte mit *hot spots* zu versehen und so mit interaktiven Funktionen zu hinterlegen, die bei Anklicken des Objekts mit der Maus ausgelöst werden. Auf diese Weise können zum Beispiel kontextsensitive Zusatzinformationen selektiv aufgerufen werden, die dann innerhalb oder außerhalb des Videofensters erscheinen, oder der Nutzer kann seine Position innerhalb der dargestellten Szene verändern. Auf diese Weise lassen sich ganze virtuelle Videowelten erschaffen, durch die ein Nutzer dann interaktiv wandeln kann, in dem er Mikrointeraktivität nutzt (z. B. *QuickTime VR* von *Apple*). In naher Zukunft scheinen weitere Möglichkeiten der interaktiven Steuerung denkbar.

Im Rahmen dieser Arbeit steht speziell die Dimension der temporalen Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.3) im Mittelpunkt des Interesses. Hierbei geht es um die interaktive Fein-Steuerung des Ablaufs einzelner Videosequenzen einer Länge zwischen wenigen Sekunden bis ungefähr 1 bis 2 Minuten durch spezielle interaktive Funktionen, die hier unter dem Begriff der temporalen Mikrointeraktivität zusammengefasst wurden.

Neuere Formen interaktiven Videos stellen also in diesem Sinne einen sehr deutlich erweiterten Zugriff auf die mit dem Medium Video gespeicherten, symbolisch kodierten Informationen dar und unterscheiden sich dadurch von solchen Medienformen, wie Fernsehen, Film, herkömmlichem Video und herkömmlichen Formen interaktiven Videos, trotz Nutzung derselben Symbolsysteme.

Bei der Verwendung auditiver Symbolsysteme innerhalb neuerer Formen interaktiven Videos ist allerdings Vorsicht geboten. So kann ein interaktiver Zugriff auf die Zeitbasis eines Videos, beispielsweise in Form von Zeitlupe oder Zeitraffer (temporale Mikrointeraktivität, vgl. Abschnitt 4.3.3), auf der visuellen Ebene zu einer Verbesserung der Informationsaufnahme führen, ohne entstellend zu wirken. Auf der auditiven Ebene ist aber schon bei geringer Veränderung der Zeitbasis eine deutliche Entstellung der auditiven Informationen zu erwarten, die bei stärkerer Veränderung der Zeitbasis schnell bis zur völligen Unbrauchbarkeit der angebotenen Audioinformationen führen kann. Dies geht bis hin zu stark komisch wirkenden Effekten der Veränderung der Abspielgeschwindigkeit von gesprochenen Informationen (zum Beispiel „Mickey Mouse“ Stimme), die nachteilige Wirkungen auf die Wahrnehmung der visuellen Informationen haben könnten. Beim Einsatz von neueren Formen interaktiven Videos ist also zu prüfen, in wie weit die Nutzung der auditiven Symbolsysteme wirklich sinnvoll ist und tatsächlich eine komplementäre Ergänzung der visuell dargebotenen Informationen darstellt, oder bei dieser Form der Anwendung von Video eher als Störfaktor wirkt.

Im Hinblick auf das intentionale Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video läßt sich festhalten, daß speziell die bei neueren Formen interaktiven Videos gegebenen, zusätzlichen Möglichkeiten der Interaktivität unter Umständen eine Verbesserung der gegenüber der realen Beobachtung des Modellverhaltens eventuell "verarmten" Videodarstellung bringen können, in dem sie neue Möglichkeiten bieten, die die Realität so möglicherweise gar nicht anbieten kann, beispielsweise Manipulationsmöglichkeiten wie Zeitlupe, beliebige Wiederholbarkeit oder Reversibilität, um nur einige zu nennen (vgl. Abschnitt 3.5).

Neuere Formen interaktiven Videos stellen somit Funktionalitäten zur Verfügung, die es erlauben, einen großen Teil der im Zusammenhang mit dem Beobachtungslernen von namhaften Forschern erhobenen Forderungen tatsächlich zu realisieren (vgl. Abschnitt 2.9). So kann nach Bandura (1976) der aufzubauende Handlungsplan durch *wiederholtes Beobachten* verfeinert werden. Bei komplexeren Bewegungsvorgängen oder Handlungsabläufen hält er wiederholte Darbietung für nötig, um auszugswises oder bruchstückhaftes Lernen zu vermeiden. Dabei bringt *verlangsamte Darbietung* nach Bandura Details besser zur Geltung. Wiemeyer (1995) empfiehlt, das Modellverhalten immer mehrmals, mindestens aber dreimal zu präsentieren, je nach Aufgabentyp auch in *zeitgedehnter Geschwindigkeit* (z. B. Zeitlupe). Von Sheffield und Maccoby (1961) konnte gezeigt werden, daß die *Aufteilung* von komplexen Anteilen des Modellverhaltens in (als natürlich empfundene) *Segmente* zu besseren Lernergebnissen führte als eine kompakte Darbietung des kompletten Modellverhaltens. In dieselbe Richtung gehen Erkenntnisse von Newtonson (1973) und Verhagen (1992, 1993).

Neuere Formen interaktiven Videos bieten diese und weitere Möglichkeiten ohne großen technischen Aufwand an, während herkömmliche Formen von Film, Video oder interaktivem Video diese Möglichkeiten gar nicht, nur eingeschränkt, nur mit deutlich höherem Aufwand oder nur weniger gezielt bieten.

Wissenschaftliche Erkenntnisse im Bezug auf neuere Formen interaktiven Videos.

Im Gegensatz zu den herkömmlichen Formen interaktiven Videos sind die neueren Formen noch nicht sehr intensiv beforscht worden, was bis dato auch nur zu einer geringen Anzahl von Veröffentlichungen in diesem Bereich geführt hat. In den meisten Fällen taucht neueres interaktives Video nur als Bestandteil von Multimedia in der Forschung auf. Die dabei gewonnenen Forschungsergebnisse machen oft nur wenig spezifische Aussagen im Hinblick auf Anteil oder Wirkung speziell der interaktiven Videoanteile multimedialer Präsentationen oder Lernsysteme im Verhältnis zu den anderen Komponenten von Multimedia. Engt man den Fokus der Betrachtung zusätzlich auf den Themenkreis des intentionalen Beobachtungslernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen ein, so sind die wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu neueren Formen interaktiven Videos aus diesem Blickwinkel rar.

Bork (1987) kritisierte bereits früh die seiner Meinung nach oft viel zu langen Videosequenzen bei herkömmlichem interaktivem Video. Er wies darauf hin, daß lange Videosequenzen zu einer eher passiven Rezeptionshaltung verleiten, während kurze Sequenzen und ein hoher Interaktivitätsgrad besser dazu geeignet seien, eine aktive Lernhaltung zu unterstützen. Dies steht in Übereinstimmung mit Beobachtungen von Salomon (1984), der herausfand, daß Lernende weniger mentalen Aufwand (AIME) investieren, wenn sie beim Betrachten von Lehrsendungen im Fernsehen in eine fernsehtypische, passive Rezeptionshaltung verfallen. Weniger mentaler Aufwand führt aber beim Beobachtungslernen häufig zu schlechteren Lernleistungen (Shea & Morgan, 1979; Cennamo, Savenye & Smith, 1991; Shea & Titzer, 1993; Wulf & Lee, 1993; Chamberlain & Lee, 1993; Lee, Swinnen & Serrien, 1994; vgl. Abschnitt 2.4).

Verhagen (1992, 1993) führte eine Untersuchung zu Segmentlängen von Videosegmenten bei Lernvorgängen mit interaktivem Video durch. Er fand dabei heraus, daß Segmentlänge und mentaler Aufwand im Zusammenhang stehen. Bei eher kurzen

Segmenten, die wenig Informationen enthalten, investieren Betrachter seiner Meinung nach auch wenig mentalen Aufwand bei der Betrachtung. Längere Videosegmente mit entsprechend mehr Information würden dagegen als schwieriger empfunden und daher auch mehr mentaler Aufwand investiert, was zu verbessertem Lernen führe. Wenn den Betrachtern freigestellt wird, ihre Segmentlängen selbst zu wählen, dann wählen sie nach Verhagen überwiegend mittlere Segmentlängen. Als empfehlenswerte Segmentlänge zur Vermittlung von deklarativem Wissen an Novizen gibt Verhagen 3 Minuten als groben Anhaltswert an. Als Alternative zu fest gewählten Segmentlängen sieht er die Möglichkeit, dem Betrachter die Wahl der Segmentlänge freizustellen. Er fand in seiner Studie heraus, daß verantwortungsvolle Lernende die Segmentlänge automatisch ihren mentalen Fähigkeiten anpassen. Dabei könne man nach Verhagen kein Optimum an mentalem Aufwand erwarten, liefe aber auch nicht Gefahr, daß zu wenig mentaler Aufwand aufgebracht würde.

Verhagen sah 1993 noch den erhöhten technischen Aufwand als Problem an für die individuelle Wahl der Segmentlängen durch die Betrachter. Neueres interaktives Video bietet mittlerweile derartige Möglichkeit nahezu ohne zusätzlichen technischen Aufwand (vgl. Abschnitt 4.3.2), so daß vieles dafür spricht, die diesbezügliche Empfehlung von Verhagen mit neuem interaktivem Video umzusetzen, genau wie seine weitere Empfehlung, den Betrachtern die Möglichkeit zu geben, zunächst einen Überblick zu erhalten, in dem sie zuerst sehr lange Videosegmente ohne Unterbrechung betrachten, um anschließend Teile des Gesamt Ablaufs als kurze Segmente speziell zu betrachten und damit das erworbene Wissen sukzessive anhand von Details zu vertiefen und abzurunden. Dabei ist es mit neueren interaktivem Video relativ problemlos möglich, die Wahl dieser kurzen Detailsegmente durch interaktive Funktionen völlig ins Ermessen des Betrachters zu stellen. Hierbei lassen sich auch Abspielgeschwindigkeit, Abspielrichtung, Wahl von geeigneten Standbildern, Wahl des Bildausschnitts oder Wahl des gewünschten Blickwinkels mit neuem interaktivem Video durch entsprechende interaktive Funktionen innerhalb gewisser Grenzen frei wählbar gestalten. Es erscheint dabei relativ plausibel, daß derartige Möglichkeiten auch für das intentionale Beobachtungslernen hilfreich sein könnten, was allerdings von Verhagen nicht untersucht wurde.

Roshal (1949, 1961) fand heraus, daß die Wahl des Blickwinkels und er dadurch gegebenen Perspektive beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über technische Medien eine bedeutende Rolle für den Aufbau eines adäquaten Handlungsplanes spielt. Roshal konnte zeigen, daß die filmische Darstellung aus der subjektiven Perspektive des späteren Betrachters beim Knüpfen von Seemannsknoten einer Darstellung aus der Beobachterperspektive überlegen ist, da letztere eine mentale Rotation des Gesehenen vor der eigenen Ausführung bedinge. Kraft (1987) geht in eine ähnliche Richtung, wobei er feststellte, daß die Wahl der Betrachtungsperspektive zwar eine bedeutende Rolle für den Wissenserwerb und den Aufbau mentaler Repräsentationen spielt, selbst aber nicht in die mentale Repräsentation eingeht und dementsprechend schlecht erinnert wird. In diesen Zusammenhang passen auch Erkenntnisse von Palmer, Rosch und Chase (1981), die bestimmten Geschehensabläufen jeweils eine ideale Betrachtungsperspektive zuordnen, die sich durch besondere Prägnanz und leichte Verständlichkeit auszeichnet und die sich darüber hinaus im Verlauf des Geschehens sowie in Abhängigkeit von der Nutzerintention dynamisch ändern kann.

Palmer, Rosch und Chase bezeichnen diese Betrachtungsperspektive als die kanonische Perspektive (vgl. Schwan, 1999). Neueren Formen interaktiven Videos ist es heute ohne großen Aufwand möglich, dem Betrachter durch das Angebot geeigneter interaktiver Funktionen die Wahl der Betrachtungsperspektive in gewissen Grenzen freizustellen.

Butcher (1987) und Gay, Trumbull und Smith (1988) beobachteten bei Studien zu Lernvorgängen mit Unterstützung von interaktivem Video, daß die Versuchspersonen häufig den Wunsch äußerten, die Abspielgeschwindigkeit der Videosequenzen bei der Betrachtung selbst regeln zu dürfen. Butcher gewährte diese Möglichkeit durch eine entsprechende Änderung seines Lernsystems und beobachtete anschließend eine rege Nutzung der neuen interaktiven Steuerungsmöglichkeit.

Stärker auf das intentionale Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit Hilfe von Video sind wissenschaftliche Veröffentlichungen aus der Sportliteratur. Olivier (1987) untersuchte den Einfluß von Zeitlupendarstellung auf den Aufbau von Handlungsplänen beim Erwerb von Sportbewegungen. Er fand klare Vorteile für eine zeitgedehnte Darbietung des Modellverhaltens, speziell zur Analyse schwieriger Passagen der Bewegungen. Olivier führt dies darauf zurück, daß bei zeitgedehnter Darstellung vermehrte Folgebewegungen der Augen möglich werden und so der Bewegungsablauf besser erfasst wird. Müller (1995) sieht ebenfalls Vorteile zeitgedehnter und zeitgeraffter Darstellung des Modellverhaltens beim Erwerb komplexer Sportbewegungen durch Beobachtungslernen. Neuere Formen interaktiven Videos bieten ohne großen technischen Aufwand die Möglichkeit zu zeitgedehnter und zeitgeraffter Darstellung nach eigenem Ermessen des Betrachters, in dem sie geeignete interaktive Steuerungsmöglichkeiten anbieten. Dieser Aspekt der interaktiven Möglichkeiten neuerer Formen interaktiven Videos steht unter anderem im Mittelpunkt des Interesses der empirischen Studien, die im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit durchgeführt wurden.

Weidenmann (1994; 1997, 1) sieht in neueren Formen interaktiven Videos, wie auch in Animationen, wichtige Gestaltungsmöglichkeiten im Rahmen von Multimedia-Anwendungen. Seiner Meinung nach können viele Gegenstandsbereiche mit Standbildern nur unzulänglich dargestellt werden, wie beispielsweise Bewegungsabläufe im Sport oder im Handwerk, dynamische Szenarien und Simulationen im technischnaturwissenschaftlichen Bereich oder auch soziale Interaktionen. Da mit bewegten Bildern auch das Risiko einer kognitiven Überfrachtung des Betrachters (cognitive overload) und damit einer unzulänglichen kognitiven Verarbeitung einhergehen kann, schlägt Weidenmann vor, durch Verlangsamung und Wiederholungen der Darbietung oder auch Standbildverlängerungen einer kognitiven Überfrachtung des Betrachters entgegenzuwirken. Neuere Formen interaktiven Videos können diese Möglichkeiten durch geeignete Implementation interaktiver Funktion in weitreichender Form anbieten, wobei die Kontrolle je nach Lernziel oder instruktionaler Situation mehr bei steuernden Software oder auch völlig beim Benutzer liegen kann. Die im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit durchgeführten empirischen Studien basieren auf einer speziellen Form der Interaktivität, die unter dem Sammelbegriff der temporalen Mikrointeraktivität sehr weitgehend die von Weidenmann angeregten Möglichkeiten bietet (vgl. Abschnitte 4.3.3 und 6.3.2.3.1).

4.3 Interaktivität

Der Begriff der Interaktion bezeichnet in den Sozialwissenschaften eine gegenseitige Beeinflussung, eine wechselseitige Abhängigkeit oder die wechselseitige Verbindungsaufnahme zwischen Individuen und sozialen Gebilden (Haack, 1997). Abgeleitet von diesem Bedeutungszusammenhang ist der Begriff der Mensch-Computer Interaktion (Wandmacher, 1993), der das wechselseitige Nutzungsgeschehen zwischen Mensch und Computer beschreibt und als wissenschaftliche Disziplin der Informatik zugerechnet wird (Haack, 1997). Davon wiederum abgeleitet ist der Begriff der Interaktivität.

Interaktivität wird hier als die Fähigkeit beispielsweise eines Präsentationssystems, eines Mediums, eines Computersystems oder einer Software verstanden, dem jeweiligen Betrachter oder Benutzer gewisse Kontroll- oder Steuerungsmöglichkeiten bei der Nutzung, Auswahl und Rezeption der von diesem System angebotenen Funktionen, Informationen und Inhalte zu gewähren.

Im Zusammenhang mit Lernprogrammen auf Basis von interaktivem Video und von computergestütztem interaktivem Multimedia legten Schwier und Misanchuk (1993) eine Taxonomie der Interaktivität von multimedialen interaktiven Lernprogrammen vor. Nachdem sie die gängige Form der Klassifikation von Interaktivität anhand technischer Merkmale für unzureichend und unpräzise ansahen, entwickelten sie ein Modell, das sich mehr an der Tiefe und der Qualität der Interaktivität orientiert, die dem Nutzer in einer bestimmten Situation tatsächlich zur Verfügung steht. Schwier und Misanchuk unterscheiden dabei drei Formen von zunehmender Interaktivität in der Lerner-Medium Interaktion, je nach Art der vom Nutzer zu leistenden kognitiven Prozesse:

1. *Reaktiv*: Der Nutzer reagiert nur auf präsentierte Stimuli (z.B. gibt er Antworten auf gestellte Fragen). Diese Form ermöglicht eine straffe Führung des Lernprozesses durch den Autor eines Lernsystems im Sinne von Training oder Coaching. Nutzer und Computer befinden sich dabei in einem relativ streng vordefinierten Dialog, von dem kaum abgewichen werden kann.
2. *Proaktiv*: Diese Form der Interaktivität ermutigt den Nutzer zu einer aktiven Wissenssuche und/oder Wissenskonstruktion und ermöglicht ihm dieses Verhalten. Die Handlungen des Lernenden gehen dabei über die Auswahl vorhandener Informationen und Inhalte, oder die Reaktion auf vorhandene Strukturen, hinaus. Der Lernende beginnt, seine eigenen Wissenskonstruktionen zu generieren und eigene Elaborationen vorzunehmen, die über die vom Autor vorgegebenen Inhalte, Regeln oder Grenzen durchaus hinausgehen können.
3. *Wechselseitig*: Wechselseitige Interaktion zwischen Nutzer und Medium setzt eine gewisse Form von Intelligenz auch auf Seiten des Mediums voraus, wie sie zum Beispiel im Zusammenhang mit künstlicher Intelligenz oder virtueller Realität gegeben ist. Der Nutzer wird hier zum autonomen Handelnden in einer virtuellen Lernumgebung. Lernender und Medium sind dabei wechselseitig adaptiv, können sich also gegenseitig in ihren Handlungen und Reaktionen aufeinander einstellen.

Implizit unterscheidet die hier vorgestellte Taxonomie von Schwier und Misanchuk auch nach Programm- und Lernerkontrolle. Bei reaktiver Interaktivität liegt immer

Programmkontrolle vor, während bei proaktiver und wechselseitiger Interaktivität eher Lernerkontrolle vorwiegt. Diese Typisierung verdeutlicht auch, daß Interaktivität eine Eigenschaft eines Lernsystems ist, die die möglichen Freiheitsgrade des Nutzers determiniert. In wie weit der Nutzer auch von diesen Freiheitsgraden Gebrauch macht, und in wie fern dies ihn bei seinem Lernvorgang unterstützt oder behindert, dazu macht die Taxonomie von Schwier und Misanchuk keine Angaben.

Nach Hannafin (1989) erfüllt Interaktivität in Lernprogrammen und Lernsystemen im wesentlichen fünf verschiedene Funktionen:

1. Bestätigung (confirmation).
2. Ablaufsteuerung (pacing).
3. Anfrage (inquiry).
4. Navigation.
5. Elaboration.

Diese Funktionen können vom Autor eines Lernprogrammes während der Erstellung gezielt eingesetzt werden, beispielsweise um Lernvorgänge zu ermöglichen, auszulösen, zu steuern oder zu überwachen. *Bestätigung* dient dabei zur Verifizierung von Lernvorgängen zum Beispiel durch die Abfrage von Nutzereingaben oder durch eingebettete Fragen. *Ablaufsteuerung* erlaubt dem Nutzer die Festlegung des Tempos, mit dem er neue Inhalte präsentiert bekommt und damit die Bestimmung des Lerntempos. *Anfrage* erlaubt es dem Nutzer, dem Lernsystem Fragen zu stellen und auf diese Weise beispielsweise zusätzliche Informationen zu erhalten. Durch *Navigation* wird der Weg des Nutzers durch das Lernprogramm determiniert, wobei der Autor bestimmen kann, zu welchem Zeitpunkt der Nutzer zu welchen Inhalten Zugang hat. *Elaboration* bezieht den Nutzer in der Form ein, daß dieser bereits vorhandenes Wissen mit den angebotenen Lerninhalten verbindet, indem sie Wissenszusammenhänge und Übergänge schafft, die es dem Nutzer ermöglichen, sich von der bereits bekannten zu der noch unbekannt Information vorzuarbeiten. Der Nutzer kann dann beim Lernvorgang von den, vom Autor für ihn vorbereiteten, Funktionen Gebrauch machen.

Für die Akzeptanz des Angebots an Interaktivität durch die Nutzer spielen auch Erkenntnisse eine Rolle, die die Human-Computer-Interface Forschung zusammengetragen hat (z. B. Wandmacher, 1993). Die Software-Ergonomie gibt dabei grundlegende Empfehlungen zur Gestaltung einer Mensch-Maschine Schnittstelle, wie beispielsweise das Prinzip der direkten Manipulation, das besagt, daß auf jede Nutzereingabe eine unmittelbare Reaktion des Systems erfolgen sollte, um Verwirrung oder Frustration auf Seiten des Nutzers zu vermeiden (Falzon, 1990).

Technisch wird Interaktivität heute meist über die Auswertung der Bildschirm-Koordinaten des Mauszeigers bei einem Mausklick durch den Nutzer bewerkstelligt. Die Bildschirmoberfläche ist dabei in passive und aktive Bereiche aufgeteilt. Aktive Bereiche werden als *Schaltflächen*, *hot spots* oder *links* bezeichnet. Diese können vom Autor frei definiert und mit gewünschten Funktionalitäten hinterlegt werden. Das System prüft bei jedem Mausklick ab, ob sich der Mauszeiger über einer aktiven Fläche befindet und löst gegebenenfalls die vordefinierte Funktionalität aus. Daneben gibt es weitere Eingabemöglichkeiten, wie Fernbedienung, Datenhandschuh oder Touchscreen.

4.3.1 Interaktivität als Möglichkeit zur Steuerung des Informationsflusses

Durch die Implementation von Interaktivität ist bei interaktiven Medien prinzipiell die Möglichkeit zur individuellen Steuerung des Informationsflusses durch den Betrachter oder Nutzer gegeben. Nicht zuletzt durch diese Tatsache unterscheiden sich interaktive Medien von linearen Medien. Interaktive Lernumgebungen sind in diesem Sinne als Untermenge interaktiver Medien anzusehen, für die diese Aussage ebenfalls zutrifft.

Steuerung des Informationsflusses durch Kontrolle der Ablaufsteuerung. Die von Hannafin (1989) beschriebene Funktion von Interaktivität zur Ablaufsteuerung (pacing) bietet bei allen drei Formen von Interaktivität die Möglichkeit zur individuellen Steuerung des Informationsflusses während des Lernens mit interaktiven Lernumgebungen (vgl. Schwier & Misanchuk, 1993). Dabei liegt die Ausgestaltung dieser Möglichkeit zur individuellen Steuerung des Informationsflusses zunächst einmal beim Autor einer interaktiven Lernumgebung (vgl. z. B. Laurillard, 1987; Hannafin & Rieber, 1989).

In der Forschungsliteratur gibt es eine große Zahl von Veröffentlichungen zu diesem Themenbereich, in denen häufig der Frage nachgegangen wird, welche der denkbaren Formen der Ablaufsteuerung von interaktiven Lernprogrammen mehr Vorteile für den Lernprozess und den Erwerb von Wissen oder Fertigkeiten bietet:

1. programmkontrollierte Ablaufsteuerung (program control), oder
2. lernerkontrollierte Ablaufsteuerung (learner control).

Programmkontrollierte Ablaufsteuerung nutzt dabei meist nur reaktive Interaktivität (vgl. Schwier & Misanchuk, 1993), während bei lernerkontrollierter Ablaufsteuerung eher proaktive und wechselseitige Interaktivität vorwiegt.

Nachdem zu den Anfangszeiten von Computer Based Training (CBT) noch die programmkontrollierte Ablaufsteuerung als bessere Möglichkeit galt, sprachen sich mit Beginn der achtziger Jahre zunehmend Forscher dafür aus, daß Lernende eine Möglichkeit zur eigenständigen Gestaltung ihres Lernprozesses erhalten sollten, in dem ihnen Kontrolle über den Ablauf von Lernprogrammen gegeben wird (z. B. Carrier, Davidson, Higston & Williams, 1984). Nach Merrill (1975) bringen sich Lernende, denen genügend Kontrollmöglichkeiten über ihren Lernvorgang eingeräumt werden, selbst bei, besser zu lernen. Sie treffen dabei eigene Entscheidungen, erfahren die Konsequenzen dieser Entscheidungen und entdecken auf diesem Wege nach und nach die beste Lerntaktik für unterschiedliche Lernsituationen. Auf diese Weise können Nutzer auch lernen, sich unterschiedlichen Lernsituationen anzupassen, wie sie im realen Kontext, außerhalb der Lernumgebung, angetroffen werden (Kinzie, Sullivan & Berdel, 1988).

Schon Merrill (1983) und Reigeluth (1983) betonten, daß sich durch eine lernerkontrollierte Ablaufsteuerung bei interaktiven Lernsystemen generell die Ökonomie und Effizienz von Lernvorgängen steigern lassen. Vertreter der Motivationstheorie, wie Lepper (1985), fanden heraus, daß sich Lernende, wenn ihnen entsprechende Kontrollmöglichkeiten gewährt werden, beim Lernvorgang kompetenter und selbstbestimmter fühlen, was dazu führt, daß sie einen stärkeren persönlichen Bezug zu den von ihnen ausgeführten Lernaktivitäten und eine erhöhte intrinsische Motivation entwickeln. Papert (1980) unterstreicht, daß vermehrte Kontrollmöglichkeiten beim Lernenden das

Gefühl der Selbstbestimmung oder Eigenständigkeit verstärken und ihm dabei helfen, eigene Verantwortung für seinen Lernprozess und sein Lernverhalten zu übernehmen. Außerdem kann durch lernerkontrollierte Ablaufsteuerung die adäquate Allokation von kognitiven Ressourcen zur Vermeidung von kognitiver Überlast (cognitive overload) durch multimodale Präsentation (vgl. Engelkamp & Zimmer, 1990) auf Seiten des Lernenden individuell vorgenommen werden (Klimsa, 1997; Weidenmann, 1997, 2).

Vieles spricht also für lernerkontrollierte Ablaufsteuerung als Möglichkeit zur Steuerung des Informationsflusses beim selbstgesteuerten Lernen mit interaktiven Lernumgebungen. Es gibt aber auch Hinweise, daß lernerkontrollierte Ablaufsteuerung nachteilig für den Lernprozess sein kann. Hannafin (1984) geht davon aus, daß gewisse Formen von Wissensinhalten, speziell abstraktes deklaratives Wissen, besser und vollständiger gelernt wird, wenn programmkontrollierte Ablaufsteuerung vorliegt, während in Wissensbereichen, die sich eher für selbstgesteuertes, exploratives Lernen eignen, lernerkontrollierte Ablaufsteuerung zu besseren Resultaten führt. Mit der Theorie der aptitude treatment interaction (ATI) geht Hannafin außerdem davon aus, daß bei eher schwach begabten Lernenden und Novizen eine programmkontrollierte Ablaufsteuerung zu besseren Lernergebnissen führt, während bei höher begabten Lernenden und Experten lernerkontrollierte Ablaufsteuerung zu bevorzugen ist. Salomon (1979/1994) unterscheidet in diesem Zusammenhang zwischen *high-level learners* und *low-level learners*, die unterschiedliche Lernbedürfnisse haben.

Eine Ablehnung von hohen Interaktivitätsgraden im Rahmen der lernerkontrollierten Ablaufsteuerung durch die Nutzer ist ebenfalls denkbar. Durch hohe Interaktivität kann es bei gewissen Gruppen von Lernenden zu Überforderungsphänomenen kommen. Wenn zuviel kognitive Kapazität für die Bedienung der interaktiven Funktionen und die Orientierung im interaktiven Lernsystem gebunden wird (cognitive overhead), kann die Lernleistung deutlich einbrechen (Gay & Mazur, 1991; Chen & Rada, 1996).

Schlußfolgerung. Interaktivität kann zur individuellen Anpassung der Informationsmenge an die persönliche Aufnahmefähigkeit und den persönlichen Lernstil und damit zur Steuerung des Informationsflusses genutzt werden, [1] wenn beim Lernenden die persönlichen Voraussetzungen dafür gegeben sind, [2] wenn das zu erwerbende Wissen für eine selbstregulierte Form des Wissenserwerbs geeignet ist, [3] wenn das gesetzte Lernziel auf diesem Wege erreicht werden kann, [4] wenn die Lernumgebung lernerkontrollierte Ablaufsteuerung im Rahmen proaktiver oder wechselseitiger Interaktivität unterstützt und [5] wenn durch die Interaktivität keine kognitive Überfrachtung eintritt.

Aktives Lernen. Lernerkontrollierte Ablaufsteuerung in interaktiven Lernumgebungen aktiviert den Lernenden und fördert somit ein aktives Lernverhalten, im Gegensatz zu passivem Lernverhalten beim Lernen mit linearen Lernmedien, wie zum Beispiel Radio, Fernsehen oder herkömmlichem Video (vgl. Anderson & Lorch 1983; Salomon, 1984; Renner, 1994; Weeks, Hall & Anderson, 1996).

Aktives Lernverhalten erhöht den mentalen Aufwand (cognitive effort, AIME) beim Lernvorgang und sorgt so häufig für bessere Behaltensleistung (vgl. Abschnitt 2.4). Durch die Möglichkeit zur individuellen Ablaufsteuerung und zum wahlfreien Zugriff wird selektives Betrachten, Repetition und vertiefte Elaboration während des Lernvorgangs unterstützt (Verhagen, 1993; Ferrari, 1996; Weeks, Hall & Anderson, 1996).

In dem der Lernende im Rahmen eines aktiven Lernverhaltens eine individuelle Ablaufsteuerung durchführt, richtet er eine selektiv erhöhte Aufmerksamkeit nach und nach auf unterschiedliche Teilaspekte oder Anteile der angebotenen Informationen. Erhöhte Aufmerksamkeit führt dabei häufig zu verbessertem Verständnis im Vergleich zu geringerer selektiver Aufmerksamkeit bei passivem Lernverhalten (vgl. Anderson & Lorch 1983). Kozma spricht von einem „window of cognitive engagement“, das bei aktivem Lernen gezielt vom Lernenden bei einzelnen Aspekten der zu erlernenden Information „geöffnet“ wird, um diese zu erfassen und zu elaborieren (Kozma, 1991).

Hierbei sind gewisse Parallelen zu Ergebnissen der Leseforschung zu beobachten (vgl. Schnotz, 1988; Ballstaedt, Molitor & Mandl, 1989; Hasebrook, 1995). Beim Lesen von Texten auf Papier ist dem Leser immer eine aktive Form der „lernerkontrollierten Ablaufsteuerung“ möglich. Wahlfreier Zugriff, selektives Betrachten, Repetition und vertiefte Elaboration sind beim Lesen von geschriebenen Texten leicht durchführbar und werden von vielen Lesern intensiv angewendet. Im Gegensatz dazu liegt bei Texten, die vorgelesen werden (z. B. Texte im Hörfunk oder begleitende Kommentare im Fernsehen) eine streng lineare Form der Darbietung vor, die einer programmkontrollierten Ablaufsteuerung bei Lernprogrammen vergleichbar ist und zu eher passivem Lernen führt (vgl. Anderson & Lorch 1983; Salomon, 1984; Renner, 1994; Weeks, Hall & Anderson, 1996). In beiden Fällen ist der Aufbau von mentalen Modellen aus den dargebotenen Informationen grundsätzlich möglich, wobei aber teilweise verschiedene kognitive Aktivitäten notwendig sind und jeweils andere Probleme auftreten.

Aktive Steuerung des Informationsflusses beim intentionalen Beobachtungslernen mit interaktivem Video. Beim Beobachtungslernen wird eine angebotene Möglichkeit zur Steuerung des Informationsflusses meist dazu genutzt, den im dargebotenen Modellverhalten enthaltenen Strom von zu erlernenden Informationen, in Form einer Sequenz von Bewegungen und/oder Handlungen, der persönlichen Aufnahmefähigkeit und dem persönlichen Lernstil des jeweiligen Lernenden anzupassen (Ferrari, 1996).

Interaktives Video bietet bei geeigneter Auslegung der interaktiven Kontrollmöglichkeiten sehr günstige Voraussetzungen für eine Steuerung des Informationsflusses beim Beobachtungslernen (Priestman, 1984; O’Neill, 1989; Shyu & Brown, 1992). Durch die Notwendigkeit zur aktiven Bedienung der interaktiven Ablaufsteuerung wird bei interaktivem Video die Aufmerksamkeit und das Interesse des Lernalters in größerem Umfang geweckt und aufrechterhalten, als dies bei rein linearer Videobetrachtung der Fall ist (Milheim, 1987; Heinich, Molenda & Russell, 1989).

Stränger (1979) führte ein Experiment zum intentionalen Beobachtungslernen von Handlungsabläufen durch, bei dem er die Resultate einer Gruppe von VPN, die die Betrachtungszeiten für die einzelnen Handlungsabschnitte selbst steuern konnten, mit den Resultaten einer Gruppe verglich, die diese Möglichkeit nicht hatte, also fixe Betrachtungszeiten vorgegeben bekam, die für alle Abschnitte gleich lang waren.

Er fand dabei folgendes heraus: [1] Bei selbstgesteuerter Betrachtungszeit traten signifikante Unterschiede in der Betrachtungsdauer zwischen einzelnen Abschnitten auf; [2] Lernende, die lösungsrelevante Abschnitte länger betrachteten als nebensächliche Abschnitte, erwarben schneller einen adäquaten Handlungsplan und erreichten das Lernkriterium signifikant früher, benötigten also weniger Lernzeit; [3] Lernende, die die

Betrachtungszeit selbst steuern konnten, waren tendenziell erfolgreicher, als Lernende mit festgelegter Betrachtungszeit. Beim dritten Punkt trat allerdings keine Signifikanz auf, was Stränger darauf zurückführt, daß die fixe Betrachtungszeit mit 10,8 Sekunden zu lange gewählt war, da der Mittelwert in der Bedingung mit der variablen Betrachtungszeit deutlich niedriger lag, was sich erst im Nachhinein herausstellte.

Stränger folgert aus seinen Ergebnissen, daß aktive Informationsselektion förderlich ist für intentionales Beobachtungslernen. Aktive Informationsselektion war in seinem Experiment dabei nur über lernerkontrollierte Ablaufsteuerung möglich, nicht aber über programmkontrollierte Ablaufsteuerung. Aus Strängers Ergebnissen folgt somit auch, daß lernerkontrollierte Ablaufsteuerung, also aktive Steuerung des Informationsflusses, beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen einen günstigen Einfluß auf Lernerfolg und Lerneffizienz haben kann. Allerdings basieren Strängers Ergebnisse auf der Darbietung von Dias, also Standbildern. Es erscheint aber als zulässig, diese Ergebnisse auch auf Videodarbietung zu generalisieren (vgl. O'Neill, 1989; Shyu & Brown, 1992; Ferrari, 1996).

Die mediale Darbietung des Modellverhaltens sollte also auch beim Beobachtungslernen auf die Lernbedürfnisse und individuellen Fähigkeiten des Lerners zugeschnitten sein, damit eine Flexibilisierung des Lernvorgang im Sinne aktiver Informationsselektion und aktiver Steuerung des Informationsflusses möglich wird, wovon der Vorgang des Beobachtungslernens generell profitiert. Dies erscheint insofern plausibel, als bei einem Beobachtungslernen mit einem persönlich anwesenden, realen Modell in der Regel ebenfalls die Möglichkeit besteht, das Modell beispielsweise um eine Wiederholung, eine verlangsamte Darbietung oder eine spezielle Akzentuierung einzelner Phasen des Modellverhaltens zu bitten.

Bei einer geeigneten lernerkontrollierten Ablaufsteuerung bestehen also ähnliche Möglichkeiten wie beim realen Beobachtungslernen mit anwesendem Modell. Somit können unter günstigen Umständen durch die lernerkontrollierte Ablaufsteuerung der Darbietung des Modellverhaltens mit einem Medium sogar kognitive Prozesse im Sinne von Salomon *medial supplantiert* werden (Salomon 1979/1994, S. 232), was sonst vielleicht nur bei der Beobachtung eines realen Modells mit zusätzlicher Rückfragemöglichkeit realisierbar wäre, oder bei linearer und programmkontrollierter Ablaufsteuerung, wenn der Autor derartige Möglichkeiten speziell vorgesehen hat.

Weeks, Hall und Anderson (1996) wiesen nach, daß eine Erhöhung des *cognitive effort* beim Beobachtungslernen von Zeichen der Taubstummensprache zu einer signifikanten Verbesserung der Langzeitbehaltensleistung, die hier über korrekte Reproduktion erhoben wurde, und zu einer signifikanten Verbesserung der Wiedererkennungsleistung nach Verstreichen eines längeren Zeitintervalls führte. Der *cognitive effort* wurde dabei gegenüber der Kontrollgruppe erhöht, in dem nach der Beobachtung ein verlängertes Behaltensintervall vor der erlaubten eigenen Ausführung und Übung des Gesehenen eingefügt wurde (vgl. Abschnitt 2.4). Es erscheint in diesem Zusammenhang als plausibel, daß der beschriebene, ebenfalls steigende Effekt von lernerkontrollierter Ablaufsteuerung auf den *cognitive effort* (z. B. Hannafin et al., 1985; Dalton, 1986; Schaffer & Hannafin, 1986, Cennamo, Savenye & Smith, 1991) eine ähnlich Wirkung haben könnte.

Eine aktive Steuerung des Informationsflusses beim intentionalen Beobachtungslernen mit interaktivem Video durch lernerkontrollierte Ablaufsteuerung scheint speziell dann angebracht, wenn zu erlernende Bewegungs- und Handlungsabläufe entlang der Zeitachse nicht homogen in ihrer Informationshaltigkeit sind. Wenn es im dargebotenen Modellverhalten dichte und weniger dichte Stellen gibt, dann macht Interaktivität zur Steuerung des Informationsflusses Sinn. Dabei wird davon ausgegangen, daß von den Lernenden eine eher konstante Menge des Informationsflusses angestrebt wird.

Newton und Enquist (1976) weisen darauf hin, daß menschliches Verhalten nicht als gleichmäßiger Verhaltensstrom wahrgenommen wird, sondern daß die Anzahl von sogenannten „behavior units“ in ihrer relativen Dichte über der Zeit deutlich schwankt (Newton, 1973; Newton, Enquist, & Bois, 1977; Verhagen, 1992). Es ist wohl davon auszugehen, daß diese Erkenntnis von Newton und anderen Forschern auch für vorgeführtes Modellverhalten beim Beobachtungslernen zutreffend ist. Newton und Rindner (1979) konnten zeigen, daß die Anzahl der wahrgenommenen „behavior units“ eines Verhaltensstroms bei unterschiedlicher Darbietungsgeschwindigkeit deutlich variierte, was darauf hindeutet, daß eine Veränderung des Informationsflusses auch beim intentionalen Beobachtungslernen zu einer veränderten Wahrnehmung des Verhaltensstroms des Modellverhalten führen könnte.

Es wird auf der Basis der beschriebenen Erkenntnisse davon ausgegangen, daß Lernende beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen bestrebt sind, eine aktive Steuerung des Informationsflusses vorzunehmen.

Es wäre also interessant, Lernenden beim intentionalen Beobachtungslernen über interaktives Video im Rahmen der Interaktivität die Möglichkeit zur lernerkontrollierten Ablaufsteuerung bei der Betrachtung des Modellverhaltens einzuräumen, um herauszufinden, ob das erwartete Bestreben nach individueller Steuerung des Informationsflusses tatsächlich gegeben ist.

Um dies näher zu untersuchen müsste die angebotene Form der Ablaufsteuerung der Videosequenzen spezielle Möglichkeiten bieten: Die Lernenden müssten die Möglichkeit haben, durch Wiederholung, Verlangsamung, Beschleunigung, Reversion, Anhalten (z. B. um Standbilder anzuliefern oder um sich für die Informationsverarbeitung Zeit zu nehmen), den Informationsfluß individuell steuern zu können. Die hier geforderten Möglichkeiten lassen sich dabei sowohl mit der Technik von herkömmlichem Film, herkömmlichem Video, herkömmlichen Formen interaktiven Videos oder auch neueren Formen interaktiven Videos umsetzen, wobei letzteres am Besten geeignet erscheint.

4.3.2 Mikrointeraktivität als neues Merkmal interaktiven Videos

Bei der interaktiven Ablaufsteuerung von herkömmlichem interaktivem Video ging es in erster Linie um bedingte Verzweigungen zwischen längeren Szenen aus einem Vorrat von Videosequenzen (Cavalier, 1991). Zwar waren bereits ab dem Ende der siebziger Jahre mit der *Videodisc-Technologie* und der *Computer-Video Kopplung* die technischen Voraussetzungen für erweiterte Formen der interaktiven Ablaufsteuerung bei interaktivem Video gegeben, wurden bei der Realisierung von Lernsystemen aber nur in sehr geringem Umfang auch eingesetzt (vgl. Abschnitt 4.1).

Mit der Einführung von multimediafähigen PCs und interaktiven multimedialen Lernprogrammen wandelte sich auch der Einsatz von interaktivem Video grundlegend. Waren bei herkömmlichem interaktivem Video oft noch sehr lange Sequenzen von vielen Minuten Dauer zum Einsatz gekommen, so werden bei neueren Formen interaktiven Videos meist nur sehr kurze Sequenzen im Bereich von wenigen Sekunden bis ungefähr 1 bis 2 Minuten Dauer eingesetzt (vgl. Abschnitt 4.2).

Zur Integration von interaktivem Video in PC-basierte multimediale Systeme mußte Video zunächst digital vorliegen. Hierbei leistete die Firma *Apple* mit ihrer *QuickTime-Technologie* Pionierarbeit (vgl. Riempp & Schlotterbeck, 1995). Auf Basis dieser Technologie sind bei der Integration von Videoszenen in interaktive Multimediaprogramme heute ohne großen technischen Aufwand, im Vergleich zur Praxis bei herkömmlichen Formen interaktiven Videos (vgl. Abschnitt 4.2), deutlich erweiterte Möglichkeiten der interaktiven Ablaufsteuerung und des interaktiven Zugriff auf das (digitale) Videomaterial möglich (vgl. Weidenmann, 1997, 1, S. 120).

Damit erscheint es als sinnvoll, proaktive Interaktivität im Zusammenhang mit der Steuerung neuerer Formen interaktiven Videos feiner zu untergliedern. Dabei kann differenziert werden zwischen solchen Steuerungsmöglichkeiten, die sich auf eine oder mehrere *Videsequenzen im Ganzen* beziehen, und solchen Steuerungsmöglichkeiten, die die Informationsdarbietung *lediglich innerhalb einer Videsequenz* beeinflussen (Schwan, 1999). Somit lassen sich folgende Dimensionen von Interaktivität gegeneinander abgrenzen:

1. *Makrointeraktivität* umfaßt alle Steuerungsmöglichkeiten, die Videosequenzen als Ganzes betreffen, ohne die Videosequenzen selbst in ihren Darbietungseigenschaften zu verändern. Hierunter fällt beispielsweise [1] die Möglichkeit, eine Videosequenz aus einem Hypertext heraus per Link aufzurufen und abzuspielen, [2] die Möglichkeit eine Videosequenz beliebig oft zu wiederholen, [3] die Möglichkeiten der unbedingten und bedingten Verzweigung zwischen einzelnen Videoszenen, oder [4] die Möglichkeit, die Reihenfolge mehrerer Videosequenzen festzulegen.
2. *Mikrointeraktivität* ermöglicht den gezielten interaktiven Zugriff auf die Informationsdarbietung innerhalb einer einzelnen Videosequenz. Hierbei kann sowohl eine interaktive Steuerung der Zeitbasis des Ablaufs einer Videosequenz erfolgen (Zeitlupe, Zeitraffer, Reversion, Pause, Zeitsprung), als auch ein Zugriff auf räumliche Parameter der Darstellung, wie Vergrößerung (Zoom), Betrachtungsperspektive oder Position des Betrachters innerhalb der dargestellten Szene. Hierzu zählt auch die Möglichkeit, im Video dargestellte Objekte mit aktiven Schaltflächen (hot spots) zu belegen, die bei Mausklick Zusatzinformationen innerhalb oder außerhalb des Videofensters aufrufen oder sonstige Funktionen auslösen.

Mikrointeraktivität in der beschriebenen Form bietet einen deutlich erweiterten Zugriff auf die mit dem Medium Video gespeicherten, symbolisch kodierten Informationen, verglichen mit der bei herkömmlichen Formen interaktiven Videos gängigen Makrointeraktivität oder mit linearen Medienformen, wie Fernsehen und linear dargebotenem Video, trotz Nutzung derselben Symbolsysteme des Mediums Video (vgl. Abschnitt 3.3).

4.3.3 Teildimensionen der Mikrointeraktivität

Die vorgestellte Dimension der Mikrointeraktivität bei Videosequenzen beinhaltet ihrerseits zwei Teildimensionen (vgl. Schwan, 1999):

1. *Temporale Mikrointeraktivität*: Diese umfaßt alle zeitbezogenen Teilfunktionen der Mikrointeraktivität. Die Eingriffsmöglichkeiten des Nutzer beziehen sich hier auf die interaktive Manipulation der Zeitbasis des Ablaufs einer Videosequenz (Zeitlupe, Zeitraffer, Reversion, Pause, Zeitsprung).
2. *Spatiale Mikrointeraktivität*: Diese umfaßt alle raumbezogenen Teilfunktionen der Mikrointeraktivität. Die Steuerungsmöglichkeiten des Nutzer beziehen sich dabei auf die interaktive Manipulation der räumlichen Parameter der Darstellung einer Videosequenz (Zoom, Betrachtungsperspektive, Position des Betrachters in der dargestellten Szene).

Im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit wird ausschließlich die Teildimension der temporalen Mikrointeraktivität empirisch untersucht (vgl. Kapitel 6 und 7). Die Teildimension der spatialen Mikrointeraktivität wird nicht berücksichtigt und sollte daher in späteren Studien empirisch untersucht werden (vgl. Kapitel 9).

4.3.4 Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität

Wie sich beobachten ließ, besteht temporale Interaktivität, wie sie in der hier vorgelegten Arbeit verstanden wird, aus einer Kombination verschiedener Teilfunktionen, die jede für sich einen eigenständigen Beitrag zur interaktiven Fein-Steuerung des Ablaufs einzelner Videosequenzen im Rahmen neuerer Formen interaktiven Videos liefern. Da sich in der Forschungsliteratur weder einschlägige Hinweise noch ein integrativer Ansatz zum Thema der Teilfunktionen von Mikrointeraktivität finden ließ, werden für die Teilfunktionen an dieser Stelle eindeutige Bezeichnungen definiert, die sich an deren jeweiliger Wirkung auf den Ablauf von Videosequenzen orientieren:

- *Suspension*: Diese Teilfunktion bietet die Möglichkeit, den filmischen Ablauf einer Videosequenz vorübergehend anzuhalten (zu suspendieren), mit dem Ziel, ihn später an der selben Stelle fortzusetzen. Während die Videosequenz angehalten ist, wird ein Standbild gezeigt. Damit grenzt sich Suspension von einer echten Unterbrechung oder einem Abbruch ab, die beide weder ein Standbild bieten noch die gezielte Fortsetzung an der selben Stelle ermöglichen und somit nicht als Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität angesehen werden.
- *Retardation*: Diese Teilfunktion bietet die Möglichkeit, den filmischen Ablauf einer vorwärts ablaufenden Videosequenz zeitlich verzögert darzustellen (zu retardieren) und könnte auch als „Zeitlupe“ bezeichnet werden.
- *Akzeleration*: Diese Teilfunktion bietet die Möglichkeit, den filmischen Ablauf einer vorwärts ablaufenden Videosequenz zeitlich beschleunigt darzustellen (zu akzelerieren) und könnte auch als „Zeitraffer“ bezeichnet werden.
- *Reversion*: Unter dieser Bezeichnung werden drei Teilfunktionen zusammengefasst, die alle drei die Möglichkeit bieten, den Ablauf einer Videosequenz in umgekehrter Abspielrichtung (rückwärts) darzustellen (vgl. folgende Seite).

1. *Lineare Reversion*: Diese Teilfunktionen bietet die Möglichkeit, eine Videosequenz rückwärts bei normaler Abspielgeschwindigkeit linear darzustellen.
2. *Retardierte Reversion*: Diese Teilfunktionen bietet die Möglichkeit, eine rückwärts ablaufende Videosequenz zeitlich verzögert darzustellen und könnte auch als „Zeitlupe rückwärts“ bezeichnet werden.
3. *Akzelerierte Reversion*: Diese Teilfunktionen bietet die Möglichkeit, eine rückwärts ablaufende Videosequenz zeitlich beschleunigt darzustellen und könnte auch als „Zeitraffer rückwärts“ bezeichnet werden.

Durch eine vorab vorgenommene Beobachtung des Nutzerverhaltens einzelner VPN bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität sowie durch eine anschließende Befragung ergab sich ein erstes, vorläufiges Bild der möglichen Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität:

Suspension kann dem Betrachter zu zwei Zwecken dienen. Er kann entweder ein ausgewähltes Standbild bewußt betrachten, oder er kann sich über *Suspension* eine Pause verschaffen, während derer er die zuvor rezipierten Informationen verarbeitet. *Suspension* kann auch als extremste Form der *Retardation* angesehen werden.

Retardation kann dem Betrachter ebenfalls zu zwei verschiedenen Zwecken dienen. Er kann entweder auf diese Weise versuchen, an gewissen Stellen Details besser wahrzunehmen, oder er kann einen pauschal als zu hoch empfundenen Informationsfluß des dargestellten Videomaterials individuell an seine Aufnahmekapazität anpassen.

Akzeleration kann dem Betrachter je nach Grad der Beschleunigung zu unterschiedlichen Zwecken dienen. Er kann mit hoher Beschleunigung versuchen, ihm als uninformativ erscheinende Passagen komplett zu überspringen (Zeitsprung vorwärts), oder er kann mit geringerer Beschleunigung einen von ihm als zu niedrig empfundenen Informationsfluß des dargestellten Videomaterials individuell an seine Aufnahmekapazität anpassen.

Lineare Reversion kann dem Betrachter dazu dienen, den zeitlichen Ablauf der mit einer Videosequenz dargestellten Ereignisse als Ganzes oder nur an bestimmten Stellen umzukehren, und somit dem Ablauf bei der Betrachtung zusätzliche Erkenntnisse oder Informationen zu entnehmen.

Retardierte Reversion kann dem Betrachter dazu dienen, dem rückwärts dargestellten zeitlichen Ablauf einer Videosequenz im Ganzen oder auch nur an gewissen Stellen zusätzliche Details zu entnehmen.

Akzelerierte Reversion kann dem Betrachter dazu dienen, den als zu wenig informativ empfundenen rückwärts dargestellten zeitlichen Ablauf im Ganzen leicht zu beschleunigen oder mit hoher Beschleunigung einen Zeitsprung rückwärts vorzunehmen.

Allen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität ist gemeinsam, daß sie den Betrachter dabei unterstützen können, eine aktive Steuerung des Informationsflusses vorzunehmen. Im Rahmen dieser, vom Autor der hier vorgelegten Arbeit postulierten, globalen kognitiven Strategie kann der Betrachter temporale Mikrointeraktivität nutzen, einerseits zur Vermeidung von "information overflow" oder „information underrun“, andererseits zur Elaboration und Intensivierung von Bahnung durch Erhöhung von Redundanz bei der Wissensaufnahme von interaktiven Videosequenzen.

Technisch umgesetzt wurden die Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität bei der Auslegung des Untersuchungsmaterials für die beiden, im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit durchgeführten empirischen Studien, in Form eines *virtuellen Gerätes* (vgl. Strzebkowski, 1997, S. 289), basierend auf den entsprechenden Grundfunktionen der *QuickTime Technologie* von *Apple* (vgl. Riempp & Schlotterbeck, 1995). Durch die geeignete Bedienung des „Multifunktions-Buttons“ (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1 und Abb. 8, 9, 10) lassen sich alle aufgezählten Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität beim Betrachten einer Videosequenz nutzen. Hierbei wird nach dem Prinzip der direkten Manipulation bei jedem steuernden Zugriff des Nutzers eine unmittelbare Wirkung im Videofenster sichtbar. Durch die angebotene Analogie zur Handlung bei der verwendeten Metapher eines Schiebereglers zur Steuerung des Ablaufs der Videosequenz ist damit ein „natürliches mapping“ nach Norman (1989) gegeben. Somit erscheint eine Ablehnung von oder Überforderung durch Interaktivität (*cognitive overhead*) bei der hier gewählten Umsetzung der Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität nicht als Problem, was auch durch die Befragung der Versuchspersonen bestätigt wurde.

Im Hinblick auf das intentionale Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video bietet temporale Mikrointeraktivität unterschiedliche Manipulationsmöglichkeiten, wie *Suspension*, *Retardation*, *Akzeleration*, *Reversion* Wiederholbarkeit, die es dem jeweiligen Nutzer erlauben, die im Zusammenhang mit dem Beobachtungslernen von verschiedenen Forschern erhobenen Forderungen zur Präsentation des Modellverhaltens (vgl. Abschnitt 2.9) selbstgesteuert umzusetzen.

So empfiehlt Bandura (1976), den aufzubauenden Handlungsplan durch *wiederholtes Beobachten auch einzelner Passagen* zu verfeinern, wobei *verlangsamte Darbietung* Details besser zur Geltung bringe. Auch Olivier (1987), Müller (1995) und Wiemeyer (1995) empfehlen, das Modellverhalten in *zeitgedehnter Darstellung* (z. B. Zeitlupe) zu präsentieren. Sheffield und Maccoby (1961) betonen, daß die *Aufteilung* von komplexen Anteilen des Modellverhaltens in (als natürlich empfundene) *Segmente* zu besseren Lernergebnissen führte als eine kompakte Darbietung des kompletten Modellverhaltens (vgl. Newton, 1973; Verhagen, 1992, 1993). Weidenmann (1994; 1997, 1) betont, daß mit bewegten Bildern auch das Risiko einer kognitiven Überfrachtung des Betrachters (*cognitive overload*) und damit einer unzulänglichen kognitiven Verarbeitung einhergehen kann. Daher schlägt Weidenmann vor, durch *Verlangsamung* und *Wiederholungen der Darbietung* oder auch *Standbildverlängerungen* einer kognitiven Überfrachtung des Betrachters entgegen zu wirken (vgl. Abschnitt 2.9).

Ob und in welcher Form das Angebot temporaler Mikrointeraktivität von Lernenden beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video in dieser Form tatsächlich genutzt wird, ist bis dato noch nicht empirisch erforscht worden.

Daher sollen die Auswirkungen der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität auf Lernverhalten, Lernerfolg und Lerneffizienz beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit in zwei empirischen Studien (vgl. Kapitel 6. und 7) ausführlich untersucht werden. Dabei soll auch der Einfluß begleitenden Übens sowie das Nutzerverhalten bei der Nutzung der Möglichkeiten der Mikrointeraktivität im Detail erforscht werden.

5 Fazit

Als Fazit der in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten theoretischen Erkenntnisse und empirischen Forschungsergebnisse werden an dieser Stelle drei generelle Hypothesen vorgestellt, auf denen die empirischen Untersuchungen, die im Rahmen der hier vorgelegten wissenschaftlichen Arbeit durchgeführt wurden, inhaltlich aufgebaut sind.

Zusammenfassung von Theorie und Forschungslage. In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Veröffentlichungen und Forschungsergebnissen, die dafür sprechen, daß intentionales Beobachtungslernen eine wirkungsvolle Methode zum Erwerb von Bewegungs- und Handlungsabläufen durch Beobachtung eines geeigneten Modellverhaltens ist (vgl. Abschnitte 2.1, 2.2 und 2.3). Ziel des intentionalen Beobachtungslernens ist der Aufbau eines adäquaten Handlungsplanes, der seinerseits als mentaler Leitfaden zur Reproduktion des gelernten Verhaltens dient (vgl. Abschnitt 2.7). Die gezielte Erhöhung des kognitiven Aufwandes beim Erwerb des Handlungsplanes bringt oft eine verbesserte Lernleistung mit sich (vgl. Abschnitt 2.4) und die dynamische Darstellung des zu erlernenden Modellverhaltens bietet oft Vorteile beim Aufbau von dynamischen mentalen Modellen der zu erlernenden Bewegungs- und Handlungsabläufe (vgl. Abschnitt 2.5). Eine wiederholte Darbietung des Modellverhaltens im Ganzen oder in Teilen unterstützt den Aufbau des Handlungsplanes ebenso, wie zeitlich verlangsamte Darbietung (vgl. Abschnitt 2.9) und die Aufteilung des Modellverhaltens in (als natürlich empfundene) Segmente (vgl. Abschnitt 2.6). Begleitende Übung ist speziell dann für das intentionale Beobachtungslernen förderlich, wenn eher komplexe Bewegungsabläufe erlernt werden sollen, die außerhalb des vorhandenen Bewegungsrepertoires oder der strukturellen Grenzen des Lernenden liegen (vgl. Abschnitt 2.8). Weniger förderlich ist begleitende Übung beim Erwerb von reinen Handlungsabläufen, die nur aus einfachen Bewegungen oder Handlungen bestehen (vgl. Abschnitt 2.8).

Die Wiedergabe des zu erlernenden Modellverhaltens über technische Medien bringt bei optimaler Übertragung keine Nachteile für das intentionale Beobachtungslernen (vgl. Abschnitt 3.5), erfordert aber die symbolische Kodierung der zu übertragenden Informationen mit Hilfe eines oder mehrerer medienspezifischer Symbolsysteme (vgl. Abschnitte 3.2 und 3.3). Durch unterschiedliche Eigenschaften dieser Symbolsysteme können bei der Kodierung und Dekodierung der Informationen des Modellverhaltens lernwirksame Veränderungen des Informationsgehaltes auftreten, die sich positiv oder negativ auf Lernvorgänge beim Beobachtungslernen auswirken können (vgl. Abschnitt 3.2 und 3.5). Die Fähigkeit der beteiligten Symbolsysteme zur Übertragung und Darstellung von dynamischen Informationen kann für das intentionale Beobachtungslernen von Bewegungsabläufen als kritischer Faktor angesehen werden (vgl. Abschnitt 3.4).

Die Übermittlung des Modellverhaltens über ein technisches Medium bietet aber auch Vorteile, die die reale Beobachtung oft so nicht bieten kann (vgl. Abschnitt 3.5). Durch die Aufzeichnung des Modellverhaltens ist die Möglichkeit zu beliebiger identischer Wiederholung des ganzen Ablaufs, oder von Teilen, bei wahlfreiem Zugriff und verbesserter räumlicher und zeitlicher Verfügbarkeit, sowie die Möglichkeit zeitgedehnter, zeitgeraffter oder standbildweiser Wiedergabe gegeben (vgl. Abschnitt 3.5).

Somit ergibt sich für den Lernenden durch die Wiedergabe des Modellverhaltens über ein technisches Medium beim intentionalen Beobachtungslernen ein unter Umständen deutlich verbesserter Zugriff auf die Informationen des Modellverhaltens im Vergleich zu realer oder linearer Beobachtung (vgl. Abschnitt 3.5). Durch diesen Vorteil ist unter günstigen Voraussetzungen eine Erhöhung des Lernerfolgs und der Lerneffizienz durch die nichtlineare Wiedergabe des Modellverhaltens beim Beobachtungslernen über ein technisches Medium, im Vergleich zu realer oder linearer Beobachtung, zu erwarten (vgl. Abschnitt 3.5). Unter Abwägung verschiedener Kriterien kann Video als das am besten geeignete Medium für die Übermittlung des Modellverhaltens beim intentionalen Beobachtungslernen angesehen werden (vgl. Abschnitt 3.5).

Durch den Übergang von Video zu interaktivem Video kommt als weitere Qualität die Interaktivität hinzu (vgl. Kapitel 4). Diese bietet dem Nutzer im Rahmen proaktiver Interaktivität prinzipiell die Möglichkeit zur individuellen Steuerung des Informationsflusses (vgl. Abschnitt 4.3.1) bei der Betrachtung oder beim Lernvorgang, wenn dies vom Autor oder Programmierer bei der Herstellung in Form einer lernerkontrollierten Ablaufsteuerung (vgl. Abschnitt 4.3.1) vorgesehen wurde. Lernerkontrollierte Ablaufsteuerung fördert ein aktives Lernverhalten und kann so den mentalen Aufwand beim Lernvorgang erhöhen (vgl. Abschnitt 4.3.1). Erhöhter mentaler Aufwand kann beim Beobachtungslernen zu verbesserter Lernleistung führen (vgl. Abschnitt 2.4).

Bei herkömmlichen Formen interaktiven Videos (vgl. Abschnitt 4.1) wird Interaktivität in den meisten Anwendungen nur in Form von Makrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.2) zur Verzweigung zwischen längeren Videosequenzen genutzt, die in ihrem Ablauf nicht weiter beeinflusst werden können. Neuere Formen interaktiven Videos bieten darüber hinaus dem Betrachter die Möglichkeit der Nutzung von Mikrointeraktivität. Diese untergliedert sich in spatiale und temporale Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.2). Die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität erlaubt im Rahmen ihrer Teilfunktionen die interaktive Feinsteuerung des zeitlichen Ablaufs einzelner Videosequenzen (vgl. Abschnitt 4.3.4).

Folgerungen für wissenschaftliche Fragestellungen. Auf Basis der hier vorgestellten Erkenntnisse wird davon ausgegangen, daß Lernende beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen bestrebt sind, dem Modellverhalten in Form eines aktiven Lernvorgangs gezielt und selektiv Informationen zu entnehmen, um sich daraus einen Handlungsplan zur Reproduktion des gelernten Modellverhaltens aufzubauen (vgl. Ferrari, 1996), wovon der Lernvorgang profitiert (Stränger, 1979).

Die Möglichkeit dazu ist ihnen bei Nutzung neuerer Formen interaktiven Videos zur Betrachtung des Modellverhaltens mit der temporalen Mikrointeraktivität oft besser gegeben, als bei der Beobachtung eines real anwesenden Modells oder bei linearer Videodarbietung (vgl. Abschnitt 3.5), was zu verbessertem Lernen führen sollte.

Es wird außerdem erwartet, daß durch die aktivere Form des Lernens bei lernerkontrollierter Ablaufsteuerung der mentale Aufwand beim Beobachtungslernen erhöht wird, wodurch es zu einem weiteren Anstieg der Lernleistung kommen sollte (vgl. Abschnitte 2.4 und 4.3.1). Die von den Lernenden durchgeführte aktive Steuerung des Informationsflusses (vgl. Abschnitt 4.3.1) hilft dabei mit, kognitive Überfrachtung oder kognitive Unterforderung zu verhindern.

Weiterhin wird erwartet, daß durch den verbesserten Zugang zu den symbolisch kodierten Informationen des Modellverhaltens bei dessen Betrachtung über interaktives Video unter Nutzung temporaler Mikrointeraktivität die Lernleistung (Lernerfolg und Lerneffizienz) zusätzlich gesteigert wird (vgl. Abschnitt 3.5).

Die beschriebenen lernfördernden Wirkungen sollten sich speziell im Vergleich mit der Lernleistung solcher Lernenden zeigen, die beim Beobachtungslernen lineare Videodarbietung nutzten. Der Unterschied in der Lernleistung zwischen den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität und den Nutzern linearer Videodarbietung sollte dabei mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens noch verstärkt auftreten, da die Nutzer von Mikrointeraktivität bessere Möglichkeiten zur Anpassung einer erhöhten Informationsdichte an ihre Aufnahmefähigkeit haben (vgl. Abschnitt 4.3.1) und mit den Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität über Instrumente zur detaillierten Analyse des Modellverhaltens verfügen (vgl. Abschnitt 4.3.4).

These 1: Temporale Mikrointeraktivität erhöht Lernerfolg und Lerneffizienz

“Interaktive Videodarbietung des Modellverhaltens unter Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität unterstützt den Lernenden bei der Ausbildung eines kognitiven Handlungsplanes während des Erlernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen durch Beobachtungslernen besser als lineare Video-Darbietung. Somit sind bei der anschließenden Reproduktion der erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe durch den Lernenden bessere Ergebnisse zu erwarten, wenn temporale Mikrointeraktivität an Stelle von linearer Video-Darbietung genutzt wurde. Dieser Effekt ist in verstärktem Maß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens zu bemerken.”

Wenn von den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit neuerem interaktivem Video eine aktive Steuerung des Informationsflusses durch die Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität durchgeführt wird, so sollte sich dies an der Intensität der Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität ablesen lassen, sowie an der Tatsache, daß einzelne Bilder der betrachteten Videosequenz häufiger und/oder länger betrachtet wurden, als andere Bilder. Beide Effekte sollten mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad verstärkt auftreten, da dann die Lernenden vermutlich häufiger zu den Instrumenten temporaler Mikrointeraktivität greifen, um die erhöhte Informationsdichte an ihre Aufnahmefähigkeit anzupassen (vgl. Abschnitt 4.3.1) oder mit Hilfe temporaler Mikrointeraktivität das Modellverhalten zu analysieren (vgl. Abschnitt 4.3.4).

These 2: Temporale Mikrointeraktivität wird zur Steuerung des Informationsflusses genutzt

“Durch die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität findet beim Beobachtungslernen mit interaktivem Video eine Steuerung des Informationsflusses seitens der lernenden Beobachter statt. Zu erkennen ist dies sowohl an einer mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunehmenden Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer für die einzelnen Filmbilder als auch an einer mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend intensiveren Nutzung der einzelnen Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität.”

Wenn begleitende Übung den Aufbau eines mentalen Handlungsplans beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen unterstützen kann (Anderson, 1979, 1982; vgl. 2.8) und wenn weiterhin die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen ebenfalls den Aufbau eines mentalen Handlungsplans unterstützen kann (vgl. These 1), dann ist es auch möglich, daß sich die beiden unterstützenden Wirkungen gegenseitig ergänzen können. Hierbei erscheint es plausibel, daß die unterstützende Wirkung von begleitender Übung bis zu einem gewissen Grad durch die unterstützende Wirkung von temporaler Mikrointeraktivität substituiert werden kann, und umgekehrt.

Wenn dem tatsächlich so ist, dann sollten Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video von einer angebotenen Möglichkeit zu begleitendem Üben weniger intensiv Gebrauch machen als Nutzer linearer Videodarbietung, da die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität einen Teil der beim begleitendem Üben stattfindenden Elaborationsaktivitäten (vgl. Abschnitt 2.8) bereits bei der selbstgesteuerten, selektiven Betrachtung und Elaboration des Modellverhaltens (vgl. Abschnitt 4.3.1) mit Hilfe temporaler Mikrointeraktivität und ihrer Teilfunktionen durchgeführt haben (vgl. Abschnitt 4.3.4). Der verbesserte Zugang zu den Informationen des Modellverhaltens bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.2) führt dabei zusätzlich zu einer Steigerung der Lerneffizienz durch Verkürzung der Beobachtungszeiten.

These 3: Temporale Mikrointeraktivität fungiert als Übe-Äquivalent beim Aufbau eines Handlungsplanes

“Die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität unterstützt den Aufbau eines mentalen Handlungsplanes beim Beobachtungslernens mit interaktivem Video in ähnlicher Form wie begleitendes Üben des zu erlernenden Modellverhaltens parallel zum Lernvorgang. Dies ist daran zu erkennen, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität deutlich seltener und kürzer von der Möglichkeit zum begleitenden Üben Gebrauch machen als die Nutzer von linearer Videodarbietung. Die parallele Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität und begleitendem Üben führt darüber hinaus zu einer Steigerung der Lerneffizienz beim Beobachtungslernen. Dies zeigt sich konkret durch verkürzte Beobachtungs- und Übezeiten im Vergleich mit der Nutzung von linearer Videodarbietung und begleitendem Üben.“

Aufgrund des beschriebenen Forschungsdefizits bei der Erforschung der Wirkungen der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität und ihrer Teilfunktion (vgl. Abschnitt 4.3.1), speziell auch auf Lernvorgänge im Zusammenhang mit intentionalem Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über interaktives Video (vgl. Abschnitt 4.3.4), erschien es dem Autor der hier vorgelegten Arbeit angebracht, die vorgestellten drei Thesen zu operationalisieren und empirisch zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Bemühungen werden im folgenden Teil 2 ausführlich dargestellt.

Teil 2: Empirische Studien

Der Teil 2 der hier vorgelegten Arbeit stellt die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten empirischen Studien vor. Es wurden zwei getrennte Studien durchgeführt:

Die erste Studie befasste sich mit dem Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über interaktives Video unter Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität. Ziel der Studie war es, einen möglichen Einfluß der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität auf Lernerfolg und Lerneffizienz beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen zu untersuchen und quantitativ zu erfassen.

Zu diesem Zweck wurden die Lernergebnisse einer Stichprobe von Lernenden, die temporale Mikrointeraktivität beim Lernvorgang nutzte mit den Lernergebnissen einer anderen Stichprobe verglichen, die nur lineare Videodarbietung ohne Interaktivität angeboten bekam. Ein eventueller Einfluß von Übungseffekten wurde für beide Stichproben gezielt ausgeschlossen, in dem die Versuchspersonen dazu angehalten waren, den gesamten zu erlernenden Ablauf komplett zu memorieren. Erst wenn dies erfolgt war, durfte die Ausführung des gelernten Ablaufes angegangen werden, wobei ein erneuter Zugriff auf das zu erlernende Modellverhalten nicht gestattet war.

Über den Vergleich der beiden Stichproben hinaus wurde das Verhalten der interaktiven Stichprobe bei der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität aufwendig analysiert. Dies erfolgte auf der Basis von detaillierten Verhaltensprotokollen (Log-Dateien), die für jede Versuchsperson und jeden einzelnen Lernvorgang während der Lernphase durch eine automatische Protokollierungsfunktion angelegt worden waren.

Die zweite Studie befasste sich ebenfalls mit dem Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über interaktives Video unter Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität. Ziel der zweiten Studie war es, einen möglichen Einfluß der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität auf die Lerneffizienz beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen zu untersuchen und quantitativ zu erfassen, wenn zusätzlich eine Möglichkeit zu begleitendem Üben des zu erlernenden Modellverhaltens während des Beobachtungslernens angeboten wurde.

Zu diesem Zweck wurden wiederum die Ergebnisse einer Stichprobe von Nutzern temporaler Mikrointeraktivität mit denen einer Stichprobe von Nutzern linearer Videodarbietung verglichen, wobei beiden Stichproben ein mehrfaches Unterbrechen der Betrachtung des zu erlernenden Modellverhaltens zum Zweck der individuellen Übung des beobachteten Modellverhaltens ausdrücklich erlaubt war. Im Gegensatz zur ersten Studie gab es bei der zweiten Studie einen Erfolgszwang. Dies bedeutete, daß die Versuchspersonen beider Bedingungen das Modellverhalten so lange lernen und üben sollten, bis sie sich sicher waren, es erfolgreich reproduzieren zu können.

Ergänzend zum Vergleich beider Stichproben wurde erneut das Verhalten nur der interaktiven Stichprobe bei der Nutzung der Mikrointeraktivität anhand der gewonnenen Log-Dateien analysiert, um zusätzlichen Aufschluss über den Einfluß begleitender Übung auf die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zu erhalten und dieses Nutzerverhalten mit dem Nutzerverhalten aus der ersten Studie vergleichen zu können.

6 Studie I: Effekte und Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität

Das erwartete Potential von neuem interaktiven Video zur individuellen Unterstützung der Ausbildung von adäquaten Handlungsplänen (vgl. Abschnitt 2.7) beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen ist Untersuchungsgegenstand der in diesem Kapitel vorgestellten ersten empirischen Studie. Dieses Potential soll durch den Vergleich der Lernergebnisse einer Stichprobe von Nutzern von neuem interaktivem Video und temporaler Mikrointeraktivität mit den Lernergebnissen einer Stichprobe von Nutzern rein linearer Videobetrachtung näher untersucht werden. Ein zusätzlicher Schwerpunkt liegt auf der detaillierten Analyse der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität und ihrer Teilfunktionen (vgl. Abschnitt 4.3.4).

6.1 Fragestellung

Die Fragestellung dieser ersten empirischen Studie bezieht sich auf die ersten beiden, in Kapitel 5 vorgestellten, generellen Hypothesen. Sie sollen an dieser Stelle noch einmal zitiert und jeweils entsprechende Forschungsfragen daraus abgeleitet werden:

These 1: Temporale Mikrointeraktivität erhöht Lernerfolg und Lerneffizienz

“Interaktive Videodarbietung des Modellverhaltens unter Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität unterstützt den Lernenden bei der Ausbildung eines kognitiven Handlungsplanes während des Erlernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen durch Beobachtungslernen besser als lineare Video-Darbietung. Somit sind bei der anschließenden Reproduktion der erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe durch den Lernenden bessere Ergebnisse zu erwarten, wenn temporale Mikrointeraktivität an Stelle von linearer Video-Darbietung genutzt wurde. Dieser Effekt ist in verstärktem Maß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens zu bemerken.”

Wenn dem tatsächlich so ist, dann sollte es gelingen einen Nachweis zu führen, daß Lernende in einer interaktiven Bedingung unter Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität erfolgreicher sind als Lernende in einer linearen Bedingung, denen keine derartigen Möglichkeiten zur Verfügung stehen und die nur lineare Videodarbietung nutzen können. Hieraus ergeben sich folgende drei grundlegenden Forschungsfragen:

1. Wie wirkt sich die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität auf die Parameter von Lernerfolg und Lerneffizienz aus (Lösungsgüte, Lösungsanläufe, Lernzeit)?
2. Welche Auswirkungen hat ein zunehmender Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens auf den Lernerfolg und die Lerneffizienz der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung?
3. Gibt es unterschiedliche Auswirkungen eines zunehmenden Schwierigkeitsgrades des Modellverhaltens auf den Lernerfolg und die Lerneffizienz der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität im Vergleich zu den Nutzern linearer Videodarbietung?

These 2: Temporale Mikrointeraktivität wird zur Steuerung des Informationsflusses genutzt

“Durch die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität findet beim Beobachtungslernen mit interaktivem Video eine Steuerung des Informationsflusses seitens der lernenden Beobachter statt. Zu erkennen ist dies sowohl an einer mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunehmenden Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer für die einzelnen Filmbilder als auch an einer mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend intensiveren Nutzung der einzelnen Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität.”

Wenn dies zutrifft, dann sollten sich auch Nachweise für eine Steuerung des Informationsflusses durch die Lerner in Form von indirekten Hinweisen über die Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer (vgl. Abschnitt 6.2.4) und die Intensität der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität finden lassen. Damit ergeben sich auch aus dieser zweiten generellen Hypothese zwei grundsätzliche Forschungsfragen:

1. Ist mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad eine zunehmende Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer einzelner Filmbilder einer Videosequenz als pauschaler Hinweis auf eine intensivere Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zu beobachten?
2. Findet mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens eine zunehmend intensivere Nutzung der einzelnen Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität statt?

6.2 Forschungshypothesen

Aufbauend auf den unter Abschnitt 6.1 formulierten generellen Forschungsfragen werden an dieser Stelle fünf verschiedene Gruppen von konkreten Forschungshypothesen zur Untersuchung der Fragestellung vorgestellt.

6.2.1 Einfluß des Interaktivitätsgrades auf Lernerfolg und Lerneffizienz

Die erste Gruppe der Forschungshypothesen (H1) befaßt sich mit der Erwartung von höherem Lernerfolg und höherer Lerneffizienz für die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität beim Erlernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video im Vergleich zu den Nutzern von linearer (nicht-interaktiver) Videodarbietung. Höherer Lernerfolg und höhere Lerneffizienz könnten sich dabei in unterschiedlicher Form manifestieren, beispielsweise über die Lösungsgüte bei der Reproduktion, die Anzahl der aufgewendeten Lösungsversuche oder die benötigte Lernzeit.

Dementsprechend fragt die erste Hypothese, inwieweit die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität die Effektivität des Lernvorganges im Sinne einer erhöhten Lösungsgüte verbessert. Die anderen beiden Hypothesen fragen, inwieweit die Effizienz des Lernvorganges durch Nutzung von Mikrointeraktivität verbessert wird. Erhöhte Lerneffizienz könnte sich dabei in kürzerem Lernen und/oder schnellerer Reproduktion manifestieren, womit der Lernvorgang insgesamt ökonomischer würde.

H1a: **Erfolgsquote:** Es wird erwartet, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, erfolgreicher sind bei der korrekten Reproduktion der mittels Beobachtungslernen erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

$$\mathit{Erfolg}_{\text{interaktiv}} > \mathit{Erfolg}_{\text{linear}}$$

H1b: **Anzahl von Versuchen:** Es wird erwartet, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, bei der Reproduktion der erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe eine geringere Anzahl von Lösungsversuchen bis zur korrekten Reproduktion benötigen als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

$$\mathit{Versuche}_{\text{interaktiv}} < \mathit{Versuche}_{\text{linear}}$$

H1c: **Lernzeit:** Es wird erwartet, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, beim Erlernen der Bewegungs- und Handlungsabläufe weniger Lernzeit benötigen als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

$$\mathit{Lernzeit}_{\text{interaktiv}} < \mathit{Lernzeit}_{\text{linear}}$$

H1c ist eigentlich gegenläufig zu H1a und H1b, da ein verbessertes Lernen in der interaktiven Bedingung eine erhöhte Lernzeit erfordern könnte. Es wird jedoch davon ausgegangen, daß temporale Mikrointeraktivität durch einen verbesserten Zugang zu den Informationen auch die Lernzeit verkürzen könnte (vgl. Abschnitte 3.5 und 4.3.2).

6.2.2 Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf Lernerfolg und Lerneffizienz

Die zweite Gruppe der Forschungshypothesen (H2) befaßt sich mit den Auswirkungen eines zunehmenden Schwierigkeitsgrades des dargebotenen Modellverhaltens auf Lernerfolg und Lerneffizienz für Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität und von linearer Videodarbietung beim Erlernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen.

Generell wird erwartet, daß ein zunehmender Schwierigkeitsgrad negative Auswirkungen auf Lernerfolg und Lerneffizienz hat. Dies könnte sich in sinkender Lösungsgüte, steigender Anzahl von Lösungsversuchen oder ansteigender Lernzeit zeigen.

H2a: **Erfolgsquote:** Es wird erwartet, daß die Anzahl der erfolgreich reproduzierten Bewegungs- und Handlungsabläufe für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad abnimmt.

$$\mathit{Erfolg}_{\text{leicht}} > \mathit{Erfolg}_{\text{schwer}}$$

H2b: **Anzahl von Versuchen:** Es wird erwartet, daß bei der Reproduktion der erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe die Anzahl von benötigten Versuchen bis zur korrekten Reproduktion mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens für beide Bedingungen (interaktiv und linear) ansteigt.

$$\mathit{Versuche}_{\text{leicht}} < \mathit{Versuche}_{\text{schwer}}$$

H2c: **Lernzeit:** Es wird erwartet, daß die benötigte Lernzeit zum Erlernen der jeweiligen Bewegungs- und Handlungsabläufe mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens für beide Bedingungen ansteigt.

$$Lernzeit_{leicht} < Lernzeit_{schwer}$$

6.2.3 Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad

Die dritte Gruppe der Forschungshypothesen (H3) befaßt sich mit einer möglichen gegenseitigen Wechselwirkung von zunehmendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens und der Nutzung von Mikrointeraktivität bzw. linearer Videodarbietung im Hinblick auf den Lernerfolg und die Lerneffizienz beim Erlernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video.

Generell wird erwartet, daß mögliche negative Auswirkungen eines zunehmenden Schwierigkeitsgrades auf Lernerfolg und Lerneffizienz für die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität weniger stark zum Tragen kommen als für die Nutzer linearer Videodarbietung.

H3a: **Erfolgsquote:** Es wird erwartet, daß die Anzahl der korrekt reproduzierten Bewegungs- und Handlungsabläufe mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker abnimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

$$Erfolg_{interaktiv, leicht} - Erfolg_{linear, leicht} < Erfolg_{interaktiv, schwer} - Erfolg_{linear, schwer}$$

H3b: **Anzahl von Versuchen:** Es wird erwartet, daß bei der Reproduktion der erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe die Anzahl von benötigten Versuchen bis zur korrekten Reproduktion mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker ansteigt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

$$Versuche_{linear, leicht} - Versuche_{interaktiv, leicht} < Versuche_{linear, schwer} - Versuche_{interaktiv, schwer}$$

H3c: **Lernzeit:** Es wird erwartet, daß die benötigte Lernzeit zum Erlernen der jeweiligen Bewegungs- oder Handlungsabläufe mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker ansteigt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

$$Lernzeit_{linear, leicht} - Lernzeit_{interaktiv, leicht} < Lernzeit_{linear, schwer} - Lernzeit_{interaktiv, schwer}$$

6.2.4 Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer der Filmbilder mit steigendem Schwierigkeitsgrad

Die vierte Forschungshypothese (H4) befaßt sich mit der erwarteten Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller einzelnen Filmbilder einer Videosequenz mit steigendem Schwierigkeitsgrad beim Erlernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video unter Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität.

Unter der aggregierten Betrachtungsdauer wird dabei die aufsummierte, gesamte Betrachtungsdauer für jedes einzelne Filmbild verstanden. Ein hoher Wert kann demgemäß sowohl durch langes Verweilen auf einem einzelnen Filmbild als auch durch häufiges Abspielen einer Filmpassage oder der ganzen Videosequenz erreicht werden. Ein Verweilen über einer Sekunde Dauer wird allerdings als Stop gewertet und für die aggregierte Betrachtungsdauer nicht berücksichtigt (vgl. Abschnitt 6.2.5; H5a). Ist die aggregierte Betrachtungsdauer für alle Filmbilder gleich, so kann daraus zweifelsfrei geschlossen werden, daß die Videosequenz rein linear betrachtet wurde. Ist jedoch eine Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer über die verschiedenen Bilder einer Videosequenz zu bemerken, so ist dies ein eindeutiger Hinweis darauf, daß die Funktionen der temporalen Mikrointeraktivität genutzt wurden (vgl. Abschnitt 4.3.4). Nur durch Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität konnten manche Bilder häufiger oder länger betrachtet werden als andere. Für die Untersuchung dieser Fragestellung kommen nur die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität in Betracht, die Nutzer von linearer Videodarbietung werden nicht berücksichtigt.

H4: **Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer:** Es wird erwartet, daß die Standardabweichung (STABW) der durchschnittlichen summierten Betrachtungsdauer mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunimmt (polarisierender Effekt).

$$STABW \text{ Betrachtungsdauer}_{\text{leicht}} < STABW \text{ Betrachtungsdauer}_{\text{schwer}}$$

6.2.5 Verstärkte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad

Die fünfte Gruppe der Forschungshypothesen (H5) befaßt sich mit der Nutzung der verschiedenen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4) in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens beim Erlernen von Bewegungs- oder Handlungsabläufen mit neuerem interaktivem Video.

Generell wird erwartet, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens die Häufigkeit und Dauer der Nutzung der verschiedenen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität zunimmt.

H5a: **Stops (Suspension):** Es wird erwartet, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl und die Durchschnittsdauer der Stops zunimmt.

$$\text{Anzahl Stops}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl Stops}_{\text{schwer}} \text{ (H5a1)}$$

$$\text{Durchschnittsdauer Stops}_{\text{leicht}} < \text{Durchschnittsdauer Stops}_{\text{schwer}} \text{ (H5a2)}$$

Als Stops wurden Stellen angesehen, bei denen der filmische Ablauf mindestens eine Sekunde angehalten wurde. Es wurde davon ausgegangen, daß erst ab einer Sekunde Dauer ein bewusstes Stoppen und/oder ein bewusstes Betrachten des angehaltenen Filmbildes erfolgt. Stops können zur gezielten Elaboration einzelner Phasen des Ablaufs anhand von ausgewählten Standbildern oder als Pause zur kognitiven Verarbeitung des Gesehenen dienen (vgl. Abschnitt 4.3.4, Suspension).

H5b: **Zeitlupenabschnitte vorwärts** (Retardation): Es wird erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts (ZLAV) zunimmt.

$$\text{Anzahl ZLAV}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZLAV}_{\text{schwer}}$$

Die erwartete Zunahme der Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts kann als Hinweis auf eine Nutzung der Teilfunktion Retardation (vgl. Abschnitt 4.3.4) zur Anpassung zunehmender Informationsdichte an das Aufnahmevermögen gelten.

H5c: **Zeitrafferabschnitte vorwärts** (Akzeleration): Es wird erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts (ZRAV) zunimmt.

$$\text{Anzahl ZRAV}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZRAV}_{\text{schwer}}$$

Die erwartete Zunahme der Anzahl der Zeitrafferabschnitte kann als Hinweis darauf gelten, daß mit steigendem Schwierigkeitsgrad immer häufiger die Teilfunktion Akzeleration (vgl. Abschnitt 4.3.4) genutzt wird.

H5d: **Umkehr**: Es wird erwartet, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens die Anzahl der Richtungsumkehrungen zunimmt.

$$\text{Anzahl Richtungsumkehrungen}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl Richtungsumkehrungen}_{\text{schwer}}$$

Die erwartete Zunahme der Richtungsumkehrungen kann als Hinweis auf eine verstärkte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad gelten. Sie ist dabei bis zu einem gewissen Grad mit der Summe der Anzahl der verschiedenen Vorwärts- und Rückwärts-Abschnitte korreliert, soll aber dennoch hier getrennt untersucht werden, um zusätzliche Hinweise über die Nutzung der Mikrointeraktivität im Detail zu bekommen.

H5e: **Rückwärts** (Reversion): Es wird erwartet, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts (NTAR), der Zeitlupenabschnitte rückwärts (ZLAR) und der Zeitrafferabschnitte rückwärts (ZRAR) jeweils zunimmt.

$$\text{Anzahl NTAR}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl NTAR}_{\text{schwer}} \text{ (H5e1)}$$

$$\text{Anzahl ZLAR}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZLAR}_{\text{schwer}} \text{ (H5e2)}$$

$$\text{Anzahl ZRAR}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZRAR}_{\text{schwer}} \text{ (H5e3)}$$

Die erwartete Zunahme aller drei Arten von Rückwärtsabschnitten kann als Hinweis auf eine verstärkte Nutzung der drei Teilfunktionen der Reversion mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad gelten. Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß ein echtes Betrachten rückwärts nur bei Normaltempo- und Zeitlupenabschnitten erfolgt, während Zeitrafferabschnitte nur zum gezielten Rücksprung genutzt werden (vgl. Abschnitt 4.3.4, Reversion).

6.3 Methodik und Vorgehensweise

Im Folgenden werden Methodik und Vorgehensweise bei der Untersuchung der mit dieser ersten Studie adressierten Fragestellungen und der Überprüfung der vorgestellten Forschungshypothesen detailliert dargestellt. Hierbei wird sowohl auf die angewandten Forschungsmethoden als auch auf die verwendeten Materialien sowie die Kriterien zu deren Auswahl oder Erstellung ausführlich eingegangen. Weiterhin wird die Aufbereitung der gewonnenen Daten erläutert.

6.3.1 Versuchspersonen

Versuchspersonen waren 32 Studierende der Fachhochschule Offenburg im Alter zwischen 21 und 28 Jahren. Sie studieren technische Fächer (Maschinenbau, Elektrotechnik, Medientechnik, Verfahrenstechnik). Die Versuchspersonen waren mit einer Ausnahme männlichen Geschlechts und ausnahmslos Rechtshänder. Hinsichtlich der Herstellung von Seemannsknoten waren alle Versuchspersonen Novizen. Dies wurde im Vorfeld durch Befragung sichergestellt. Die Versuchspersonen wurden persönlich in Vorlesungen oder Seminaren angeworben und mit einem freien Mensa-Essen entlohnt.

6.3.2 Material

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde ein interaktives Lernsystem für Multimedia-PCs durch den Autor neu entwickelt. Mit diesem ist es möglich, unter Einsatz verschiedener Videosequenzen mehrere Seemannsknoten unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades durch Beobachtung zu erlernen. Hierbei kann man je nach Maßgabe der Versuchsbedingung entweder die ablaufenden Videosequenzen mit Hilfe der Maus interaktiv in ihrem Ablauf steuern (temporale Mikrointeraktivität, vgl. 4.3.2), oder lediglich linear betrachten, ohne jede Möglichkeit in den Ablauf einzugreifen.

In Ergänzung hierzu wurde vom Autor auch eine spezielle Experimental-Umgebung für die Durchführung der Untersuchung entwickelt, mit der einerseits die individuelle Bedingung für jede Versuchsperson gemäß dem Untersuchungsdesign eingestellt werden kann, und andererseits für jede Versuchsperson und jeden erlernten Knoten eine individuelle Log-Datei angelegt wird, wodurch das jeweilige Nutzerverhalten sehr detailliert festgehalten wird.

6.3.2.1 Seemannsknoten

Die vorliegende Arbeit hat intentionales Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video zum Thema. Während der vorausgehenden Überlegungen galt es nun, einen geeigneten Untersuchungsgegenstand zu finden, der den Anforderungen dieser Thematik genügt. Die Entscheidung fiel für das Knüpfen von Seemannsknoten. Folgende Gründe waren hierfür ausschlaggebend:

- Die im Rahmen der hier vorgelegten Studie empirisch zu untersuchenden Lerneffekte sollen vorwiegend auf der Grundlage des intentionalen Beobachtungslernens nach Stränger (1979) in der Variante der eher resultatorientierten Handlungsnachahmung nach Hommel und Stränger (1994) in der Bedingung der echokinetischen Nachahmung verstanden werden (vgl. Abschnitte 2.3 und 2.7).

- Seemannsknoten stellen einen Handlungstyp dar, bei dem unterschiedliche Bewegungs- und Handlungsabläufe im Sinne von Hommel und Stränger (1994) in einer definierten Reihenfolge gezielt kombiniert werden müssen, um das angestrebte Handlungsziel einer korrekten Herstellung des Knotens zu erreichen.
- Die am Knüpfen von Seemannsknoten beteiligten Einzelbewegungen sind für sich genommen unkompliziert und auch durch Novizen leicht zu erlernen. Somit eignen sich diese durch ihre leichte Erlernbarkeit und gute Beobachtbarkeit optimal für das intentionale Beobachtungslernen nach Stränger (1979).
- Das gezielte Aneinanderreihen der durch das Beobachtungslernen erworbenen Einzelbewegungen zur Herstellung eines Seemannsknotens entspricht in dieser Form weitgehend der Definition der resultatorientierten Handlungsnachahmung nach Hommel und Stränger (1994), bei der eher die korrekte Erlangung des Handlungsziels im Vordergrund steht und nicht die identische Imitation der daran beteiligten Bewegungsabläufe (vgl. Abschnitte 2.3 und 2.7).
- Das Erlernen von Seemannsknoten durch Beobachtungslernen anhand von filmischen Vorlagen wurde in der Wissenschaft bereits mehrfach thematisiert (z. B. Roshal, 1949; Roshal, 1961; Rimland, 1955 (zitiert nach Travers, 1967)).
- Der Untersuchungsgegenstand der Seemannsknoten besitzt relative ökologische Validität.
- Die Wahrscheinlichkeit, Novizen als Versuchspersonen zu finden, ist bei diesem Untersuchungsgegenstand relativ groß.
- Seemannsknoten sind vergleichsweise schnell erlernbar und eignen sich daher gut für die Durchführung einer Untersuchung zum Thema Beobachtungslernen.
- Das Herstellen von Seemannsknoten ist im Film gut darstellbar.
- Filmsequenzen der Herstellung von Seemannsknoten stellen einen eher kurzen Ablauf dar (10 bis 40 Sekunden) und eignen sich gut zum kompletten Memorieren während des Lernvorganges (vgl. Hommel & Stränger, 1994, S. 569).

Für die Verwendung in dieser Studie wurden neun gängige Seemannsknoten in die engere Wahl genommen. Durch Befragung von 14 Experten der Segelsportgruppe an der Fachhochschule Offenburg wurde jedem Knoten ein Schwierigkeitsgrad auf einer vierstufigen Skala zugeordnet. Aufgrund der Mittelwerte der Expertenratings wurde eine Rangordnung der Knotenschwierigkeit ermittelt. In Vorstudien wurden die neun Knoten dann auf ihre Erlernbarkeit hin überprüft (vgl. Abschnitt 6.3.3). Gemäß den dabei angefallenen Erkenntnissen wurden vier Knoten und ein zusätzlicher Übeknoten für die Verwendung in dieser Studie ausgewählt. Sie seien hier in der Reihenfolge aufsteigenden Schwierigkeitsgrades genannt:

- Achtknoten (sehr leicht, Übeknoten).
- Halber Schlag (leicht).
- Klampe Belegen (mittel).
- Rundtörn (schwer).
- Palstek (sehr schwer).

6.3.2.2 Videosequenzen

Die verwendeten Videosequenzen der Bewegungs- und Handlungsabläufe beim Herstellen der Seemannsknoten wurden mit freundlicher Genehmigung des Verlages der im Delius Klasing Verlag in Bielefeld erschienenen CD-ROM „Segeln lernen interaktiv“ entnommen. Hierbei wurde auf die gute Sichtbarkeit der Einzelbewegungen und einen gleichmäßigen zeitlichen Fluß des Bewegungsablaufes Wert gelegt. Die filmische Einstellungsgröße ist für alle 4 Knoten weitgehend konstant und entspricht einer Großaufnahme. Innerhalb der Videosequenzen gibt es keine Schnitte oder Einstellungswechsel. Das zu beobachtende Modellverhalten ist aus einem festen Blickwinkel ohne jede Verfälschung im Sinne filmischer Gestaltungsmittel auf Video eingefangen.

Die digitalen Videoszenen sind mit dem *Cinepak-Codec* komprimiert und in einer Größe von 320 mal 240 Pixel als *QuickTime-Videos* abgespeichert. Hierbei wurde eine Bildwechselfrequenz von 15 Bildern die Sekunde gewählt. Die Kompression, die Reduktion der Bildgröße und die Reduktion der Bildwechselfrequenz im Vergleich zur Darstellung im Fernsehen sind derzeit noch bei interaktiven Videos aus technischen Gründen nötig, um ein flüssiges Ablaufen der Videosequenzen auch auf durchschnittlichen Computern zu ermöglichen (vgl. Riempp & Schlotterbeck, 1995).

Bei der Auswahl der Videosequenzen wurde speziell darauf geachtet, daß die Bildqualität den Anforderungen dieser Studie genügt trotz der oben beschriebenen, technisch bedingten Qualitätsminderung. Die einwandfreie Erkennbarkeit der digitalisierten Videosequenzen und die davon abhängige Erlernbarkeit des dargestellten Modellverhaltens wurden in Vorstudien mit verschiedenen VPN sichergestellt (vgl. Abschnitt 6.3.3).

Die Dauer der vier Videosequenzen entspricht mit 7 bis 35 Sekunden genau der von Hommel und Stränger (1994) genannten typischen Länge von optimal für das Beobachtungslernen geeigneten Handlungs- oder Bewegungsabläufen (vgl. Hommel & Stränger, 1994, S. 569).

Um ein längeres unkontrolliertes Betrachten des Anfangs- oder Schlußbildes einer Videosequenz aus Gründen der Versuchsdurchführung (vgl. Abschnitt 6.3.4) auszuschließen, wurden am Anfang und Ende jeder Videosequenz Aufblenden von Schwarz bzw. Abblenden nach Schwarz nachträglich eingefügt. So ist sichergestellt, daß vor dem Starten oder nach dem Anhalten einer Videosequenz kein inhaltlich sinnvolles Bild der Herstellung von Seemannsknoten zu sehen ist.

Die ursprünglich in den Videosequenzen enthaltenen Audio-Anteile, meist in Form von erklärenden Beschreibungen, wurden entfernt. Dies geschah im Sinne des Untersuchungsdesigns (vgl. Abschnitt 6.3.4) zur Eingrenzung der Variablen mit Einfluß auf den Lernerfolg und um eine entstellende Wirkung auf die auditive Komponente durch Manipulation der Zeitbasis zu vermeiden. In Vortests wurde sichergestellt, das trotz dieser Maßnahme die Erlernbarkeit der Videosequenzen weiterhin gegeben ist (vgl. Abschnitt 6.3.3).

Auf diese Weise wurden schließlich fünf kurze digitale Videosequenzen der verwendeten Seemannsknoten gewonnen, die im folgenden mit ihren typischen Kennwerten, wie zeitliche Dauer bei Normalgeschwindigkeit, Anzahl der Einzelbilder, Bildrate bei Normalgeschwindigkeit und Größe vorgestellt werden sollen (vgl. Abb. 1 bis 5).

Achtknoten (Übeknoten):

Dauer: 6,53 Sekunden

Anzahl Bilder: 98

Bildrate: 15 Bilder/sec

Größe: 320 x 240 Pixel



Abbildung 1: Videosequenz Achtknoten

Halber Schlag:

Dauer: 35 Sekunden

Anzahl Bilder: 525

Bildrate: 15 Bilder/sec

Größe: 320 x 240



Abbildung 2: Videosequenz Halber Schlag

Klampe Belegen:

Dauer: 13,53 Sekunden

Anzahl Bilder: 203

Bildrate: 15 Bilder/sec

Größe: 320 x 240



Abbildung 3: Videosequenz Klampe Belegen

Rundtörn:

Dauer: 20,06 Sekunden

Anzahl Bilder: 301

Bildrate: 15 Bilder/sec

Größe: 320 x 240



Abbildung 4: Videosequenz Rundtörn

Palstek:

Dauer: 20,6 Sekunden

Anzahl Bilder: 309

Bildrate: 15 Bilder/sec

Größe: 320 x 240



Abbildung 5: Videosequenz Palstek

6.3.2.3 Experimentalsystem

Um den spezifischen Anforderungen dieser Forschungsarbeit gerecht zu werden, wurde ein dezidiertes Experimentalsystem neu geschaffen. Dieses umfaßt ein interaktives Lernprogramm zum Erlernen von Seemannsknoten unter Einsatz von interaktivem Video, eine spezielle Experimental-Umgebung zur Durchführung der empirischen Studien mit den Versuchspersonen und eine automatische Protokollierungsfunktion zur genauen Erfassung des individuellen Nutzerverhaltens der Versuchspersonen.

6.3.2.3.1 Interaktives Lernsystem

Dieses ist eine interaktive Multimediaanwendung zum Erlernen von Seemannsknoten. Das interaktive Lernsystem wurde auf die spezifischen Anforderungen des intentionalen Beobachtungslernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video unter Einsatz von temporaler Mikrointeraktivität ausgelegt (vgl. Kapitel 2, 3 und Abschnitt 4.3.2). Bei der Konzeption und Realisation des Lernsystems wurde darauf geachtet, daß es in jeder Hinsicht den Anforderungen dieser Studie genügt. So wurde eine höchstmögliche Übersichtlichkeit und Klarheit der Bedienung und ein Höchstmaß an Ergonomie nach dem Prinzip der direkten Manipulation angestrebt. Das Lernsystem wurde zu diesem Zweck in verschiedenen Vorstudien optimiert (vgl. Abschnitt 6.3.3).

Technisch wurde das interaktive Lernsystem mit dem Autorensystem *Macromedia Director* als Multimedia-Anwendung für *Apple Macintosh* und *Windows-PCs* unter Nutzung von *QuickTime-Videos* realisiert. Die Videosequenzen der Bewegungsabläufe beim Herstellen der Seemannsknoten wurden der im Delius Klasing Verlag in Bielefeld erschienenen CD-ROM „Segeln lernen interaktiv“ entnommen und mit *Macromedia Director* neu eingebunden. Durch entsprechende Programmierung mit der Programmiersprache *Lingo* wurden die speziellen Funktionen der temporalen Mikrointeraktivität implementiert (vgl. Abschnitt 4.3.3).

Das interaktive Lernsystem gliedert sich dabei gemäß dem Untersuchungsdesign (vgl. Abschnitt 6.3.4) in zwei Teile, die jedoch dieselben Videosequenzen nutzen:

Die lineare Bedingung, bei der die Videosequenzen der Knoten nur in normaler Geschwindigkeit betrachtet und in ihrem Ablauf durch den Lernenden nicht beeinflußt werden können. Hierzu ist zu Beginn des Lernvorgangs als aktives Bedienungselement ein „Play“-Button zu sehen, der zum Starten einer Videosequenz dient (vgl. Abb. 6).

Sobald eine Videosequenz läuft, verschwindet der „Play“-Button und als einziges Bedienungselement verbleibt der „Fertig“-Button, der zum endgültigen Beenden des Lernvorgangs dient (vgl. Abb. 7).

Ist die Videosequenz zu Ende gelaufen, so erscheint wieder der „Play“-Button, womit die Möglichkeit einer erneuten Betrachtung besteht. Nach Drücken des „Fertig“-Buttons verschwindet die Videosequenz von der Bildfläche und es erscheint eine Aufforderung dazu, den eben gelernten Knoten jetzt praktisch auszuführen. Nach einer gewissen Wartezeit erscheint dann der „Weiter“-Button, mit dem zum nächsten Seemannsknoten und damit zur nächsten Videosequenz übergegangen werden kann. Der „Weiter“-Button ist unmittelbar nach der Herstellung des zuvor gelernten Knotens durch die Versuchsperson zu drücken. Durch Messen des zeitlichen Abstands zwischen

dem Drücken des „Fertig“-Buttons und dem Drücken des „Weiter“-Buttons kann somit auch die Zeitdauer der Reproduktion des gelernten Knotens exakt erfasst werden kann (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.3).



Abbildung 6: Lineare Bedingung vor dem Starten der Videosequenz



Abbildung 7: Lineare Bedingung bei laufender Videosequenz

Die interaktive Bedingung, bei der die Videoszenen der zu erlernenden Seemannsknoten in ihrem Ablauf mit Hilfe von temporaler Mikrointeraktivität durch den Lerner individuell beeinflusst werden können. Hierzu ist ständig als aktives Bedienungselement der „Multifunktions“-Button zu sehen (Abb. 8), der zur Steuerung der Videosequenz dient und entlang einer weißen dünnen Linie beweglich ist (vgl. Abb. 9).



Abbildung 8: Multifunktions -Button links gestoppt, rechts auf Play



Abbildung 9: Interaktive Bedingung bei laufender Videosequenz

Durch einfaches Anklicken des „Multifunktions“-Buttons mit der Maus kann die jeweilige Videosequenz in normaler Geschwindigkeit gestartet werden, ähnlich dem „Play“-Button in der linearen Bedingung. Der „Multifunktions“-Button ändert dabei sein Erscheinungsbild, um den aktuellen Betriebszustand anzuzeigen (Abbildung 8) und wandert proportional zum Ablauf der Videosequenz auf der Linie von links nach rechts.

Durch erneutes einfaches Anklicken des „Multifunktions“-Buttons mit der Maus kann die jeweilige Videosequenz wieder gestoppt werden und bleibt beim aktuellen Bild stehen. Das Bild kann dann beliebig lange als Standbild betrachtet werden (vgl. Abschnitt 4.3.4, Suspension). Dieser Vorgang gilt nur dann als „Stop“, wenn er mindestens eine Sekunde dauert (vgl. Hypothese H5a und Abschnitt 6.3.5).

Die bis hierher geschilderte Funktionalität des „Multifunktions“-Buttons ist noch nicht ausreichend, dem Lernenden das Potential der temporalen Mikrointeraktivität voll zu erschließen. Daher wurde der „Multifunktions“-Button mit einer weiteren, wichtigen Funktion ausgestattet. Hält der Anwender die Maustaste über dem „Multifunktions“-Button permanent gedrückt, so ändert der „Multifunktions“-Button erneut sein Aussehen (vgl. Abb. 10) und läßt sich entlang der weißen Linie mit der Maus beliebig hin und her schieben. Proportional zur der jeweiligen Bewegung des „Multifunktions“-Buttons wird die Videosequenz entsprechend vor- oder zurückgespult, wobei ständig die korrespondierenden Einzelbilder der Videoszene gezeigt werden.



Abbildung 10: Multifunktions -Button in verschiebbarem Zustand bei permanent gedrückter Maustaste

Mit Hilfe dieser Funktionalität kann der Lernende nun den Ablauf der Videosequenz völlig frei und nach seinen Vorlieben steuern. Auf diese Weise sind von Retardation (Zeitlupe) und Akzeleration (Zeitraffer) über Reversion (rückwärts Abspielen) und Suspension (Anhalten) sämtliche Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität mit dem „Multifunktions“-Button realisiert (vgl. Abschnitte 4.3.2, 4.3.3 und 4.3.4).

Nach Drücken des „Fertig“-Buttons verschwindet die Videosequenz, wie bei der linearen Bedingung, von der Bildfläche und es erscheint eine Aufforderung dazu, den eben gelernten Knoten jetzt praktisch auszuführen. Nach einer gewissen Wartezeit erscheint dann der „Weiter“-Button, mit dem zum nächsten Seemannsknoten und damit zur nächsten Videosequenz übergegangen werden kann.

6.3.2.3.2 Spezielle Experimentalumgebung

In Ergänzung und Erweiterung des eigentlichen Lernsystems wurde auch eine spezielle Experimentalumgebung realisiert. Diese ermöglicht dem Versuchsleiter die Aktivierung der passenden Bedingung gemäß dem Untersuchungsdesign über eine spezielle Bildschirmseite, die nur über eine geheime Tastenkombination erreicht werden kann, und somit für die Versuchspersonen unzugänglich ist (vgl. Abb. 11). Auf dieser Seite kann der Versuchsleiter die Bedingung wählen und Kenndaten der jeweiligen Versuchsperson, wie laufende Nummer, Geschlecht und Bedingung eingeben.

Vor Beginn der ersten Untersuchung eines Tages ruft der Versuchsleiter mit der geheimen Tasten-Kombination die Probanden-Seite erstmals auf (vgl. Abb. 11), wählt die Bedingung und gibt die entsprechenden Werte für die erste Versuchsperson ein, bevor diese den Raum betritt. Durch Drücken der „Experiment beginnen“-Taste schaltet er dann auf eine neutrale Seite weiter, von der aus das Experiment mit einfachem Mausklick durch die Versuchsperson nach Aufforderung gestartet werden kann. Für jede weitere Versuchsperson kann nun mit der speziellen Tasten-Kombination vom

Versuchsleiter die Probanden-Seite erneut aufgerufen und die entsprechenden Vorgaben für die folgende Versuchsperson gemacht werden. Damit unterstützt die Experimental-Umgebung den Versuchsleiter bei der Durchführung des Experiments.

The screenshot shows a dark blue interface titled "Probanden-Seite". It is divided into two numbered sections. Section 1, "1.", asks the user to enter participant data. It includes two input fields: "I.d. Nummer:" with the value "401" and "Geschlecht:" with the value "männlich". Section 2, "2.", asks the user to choose one of two conditions. It features two yellow buttons: "Bedingung 1: volle Interaktivität" and "Bedingung 2: keine Interaktivität". Below these is a section labeled "gewählte Bedingung" with a white button "volle Interaktivität". At the bottom center is a large yellow button labeled "Experiment beginnen".

Abbildung 11: Geheime Probanden-Seite für den Versuchsleiter

6.3.2.3.3 Automatische Protokollierungsfunktion

Eine weitere wichtige Aufgabe des Experimentalsystems ist die Protokollierung des Nutzerverhaltens. Dabei wird automatisch für jede Versuchsperson und jeden gelernten Knoten eine individuelle Log-Datei (in Form einer *Microsoft Word* Datei) angelegt, in der, neben allgemeinen Angaben zur jeweiligen Versuchsperson, das Nutzerverhalten genau festgehalten wird. Dazu wird vom Beginn bis zum Ende des Lernvorgangs, also während der individuellen Betrachtung der jeweiligen Videosequenz des zu erlernenden Knotens, durchgehend jede 15-tel Sekunde die Nummer des aktuell vom Lernenden betrachteten Einzelbildes mitgeschrieben, womit im Ergebnis sämtliche Aktionen der Versuchsperson sehr detailliert festgehalten werden. Hierdurch entstehen in der Regel viele tausend Einträge im Verlauf des Lern- und Reproduktionsvorganges für einen zu erlernenden Knoten. Eine typische Log-Datei ist im Anhang C (vgl. Abschnitt 13.3) in stark verkürzter Form wiedergegeben.

Aus einer solchen Log-Datei läßt sich später das jeweilige Nutzerverhalten einer VPN exakt rekonstruieren. Somit sind auch im Nachhinein sehr präzise Angaben über das individuelle Verhalten, auch und speziell bei der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität und ihrer Teilfunktionen (vgl. Abschnitt 4.3.4) möglich. Auf dem somit gewonnenen Datenmaterial wurde die wissenschaftliche Auswertung der beiden empirischen Studien größtenteils aufgebaut (vgl. Abschnitte 6.3.5, 6.4, 7.3.5 und 7.4).

Die Generierung der Log-Dateien begann für jeden Knoten in dem Moment, indem die jeweilige Versuchsperson die entsprechende Bildschirmseite des Knotens zu Gesicht bekam, also noch bevor die jeweilige Videosequenz durch die Versuchsperson gestartet wurde. Sie dauerte die gesamte Lernphase über an und wurde in dem Moment beendet, in dem die Versuchsperson die „Fertig“-Taste drückte, um damit den Lernvorgang zu beenden (vgl. Abb. 7 und 9). Das Experimentalsystem maß nun noch den Zeitraum, den die Versuchsperson benötigte, um den Knoten herzustellen (Reproduktionsphase). Dieser Zeitraum endete, wenn die Versuchsperson die „Weiter“-Taste drückte, um zum nächsten Knoten überzugehen (vgl. Abschnitte 6.3.4 und 13.1). Die Generierung der Log-Dateien wurde für die lineare und die interaktive Bedingung durchgeführt.

6.3.3 Vortests

Um die Eignung des Untersuchungsgegenstandes, des verwendeten Materials, des Untersuchungsdesigns, der Instruktion oder auch der Experimentalumgebung zu überprüfen und zu optimieren, wurden verschiedene Vortests mit unterschiedlichen VPN vor Beginn des eigentlichen Experimentes durchgeführt. Die VPN wurden dabei mit unterschiedlichen Materialien, Teilaufgaben oder Versionen des geplanten Experimentes konfrontiert. Während der Ausführung der an sie gestellten Aufgaben wurden sie jeweils mit einer Kamera gefilmt und anschließend detailliert befragt. Die dabei gewonnenen Ergebnisse wurden im Anschluß bezüglich ihrer Bedeutung für die Ausgestaltung des Experimentes ausgewertet und entsprechende Folgerungen abgeleitet sowie Modifikationen durchgeführt. Auf diese Weise konnte das Experiment Zug um Zug optimiert und in seine endgültige Form gebracht werden.

Die Vielzahl der angefallenen Erkenntnisse der Vortests kann und soll hier nicht erschöpfend dargestellt werden, so daß an dieser Stelle nur die wesentlichen Punkte vorgestellt werden sollen:

- Das Erlernen von Seemannsknoten durch reine Novizen mittels Beobachtungslernen anhand von kurzen Videosequenzen ist prinzipiell möglich. Der Großteil der an den Vortests beteiligten VPN löste diese Aufgabe erfolgreich.
- Die ausgewählten fünf Seemannsknoten sind allesamt durch Novizen erlernbar. Der überwiegende Teil der VPN des Vortests war in der Lage, alle fünf Knoten zu erlernen und erfolgreich zu reproduzieren.
- Die Befragung der VPN zu dem von ihnen empfundenen Schwierigkeitsgrad der Knoten bestätigte das Expertenrating (vgl. Abschnitt 6.3.2.1).
- Ein langfristiges Behalten der nur mit Hilfe von Beobachtungslernen erworbenen Seemannsknoten ist für reine Novizen zu schwer. Durchgeführte Langzeitbehaltentests erbrachten hier sehr schlechte Performanz bei der Reproduktion. Auf die Erhebung der Langzeitbehaltensleistung wurde aus diesem Grund bei der Auslegung des Experimentes verzichtet.
- Die verwendeten Videosequenzen bieten trotz der technisch bedingten, eingeschränkten Darstellungsqualität (vgl. Abschnitt 6.3.2.2) eine ausreichende Wiedergabe des zu erlernenden Modellverhaltens. Sämtliche VPN der Vortests waren mit der Qualität der Darstellung und der Erkennbarkeit des Modellverhaltens weitgehend zufrieden.

- Das Entfernen der Audio-Anteile aus den Videosequenzen (vgl. Abschnitt 6.3.2.2) blieb ohne nennenswerten Einfluß auf die Erlernbarkeit der Knoten durch Beobachtungslernen. Die VPN waren zwar überwiegend der Meinung, daß Audio-Anteile in Form von erklärenden Texten hilfreich wären, sie waren aber auch ohne diese in der Lage, die Knoten zu erlernen und zu reproduzieren.
- Die Bedienung des Lernsystems in seiner linearen Variante wurde von den VPN durchweg als leicht verständlich und übersichtlich empfunden.
- Die angebotenen mikrointeraktiven Funktionen der interaktiven Variante des Lernsystems wurden anfangs oft nicht optimal genutzt. Somit war es nötig, die Instruktion so abzuändern, daß sie explizit darauf hinwies. Außerdem wurde die Bedienung so vereinfacht, daß schließlich auch die interaktive Variante als leicht verständlich angesehen und dementsprechend optimaler genutzt wurde.
- Die VPN benötigten einen reinen "Übe-Knoten", um sich mit dem System vertraut zu machen. Ansonsten erfolgte zu Anfang nur suboptimale Bedienung.
- Die Verständlichkeit der Instruktion wurde anfänglich von den VPN bemängelt. Diese wurde daraufhin so abgeändert und verbessert, daß letztlich sämtliche VPN mit der Instruktion einverstanden waren und diese als verständlich erachteten (vgl. Abschnitt 13.1).
- Es trat gelegentlich Frustration ein. Die VPN bezogen dabei ungünstige Resultate zu sehr auf ihre persönlichen Fähigkeiten. Dem mußte durch die Instruktion explizit vorgebeugt werden (vgl. Abschnitt 13.1).
- Das einwandfreie Funktionieren der automatischen Protokollierungsfunktion wurde anhand verschiedener Log-Dateien unterschiedlicher VPN fortlaufend überprüft und mehrfach verbessert. Auf diese Weise konnte schließlich eine optimale Funktion erreicht werden (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.3).

6.3.4 Untersuchungsdesign

Zur Untersuchung der in dieser Studie adressierten Fragestellungen (vgl. Abschnitt 6.1) und zur Überprüfung der vorgestellten Forschungshypothesen (vgl. Abschnitt 6.2) wurde ein geeignetes Untersuchungsdesign gewählt. Primäres Ziel dieser ersten Studie war es dabei, den möglichen Einfluß von temporaler Mikrointeraktivität auf Lernerfolg und Lerneffizienz beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit Video genau zu untersuchen und quantitativ zu erfassen. Dies erfolgte durch Vergleich zweier Stichproben von VPN, von denen die eine Stichprobe temporale Mikrointeraktivität bei der Betrachtung des Modellverhaltens nutzen konnte, während die andere Stichprobe nur lineare Videodarbietung nutzen konnte. Zusätzlich sollten mit dieser Studie detaillierte Erkenntnisse über die Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität und ihrer Teilfunktionen gewonnen werden.

Generell sind die im Rahmen dieser Arbeit empirisch untersuchten Lerneffekte auf der Grundlage des intentionalen Beobachtungslernens nach Stränger (1979) in der Variante der eher resultatorientierten Handlungsnachahmung nach Hommel und Stränger (1994) in der Bedingung der echokinetischen Nachahmung zu verstehen (vgl. Abschnitte 2.3 und 2.7).

Versuchsplan

Es wurde ein zweifaktorieller Experimentalplan realisiert. Dieser hat als zweistufigen Between-Subject Faktor die Interaktivität, mit den Faktorstufen [1] interaktiv und [2] linear, dargestellt durch die zwei entsprechenden Varianten des interaktiven Lernsystems (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1). Der Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens geht als vierstufiger Within-Subject Faktor in den Experimentalplan ein, konkret umgesetzt durch vier sequentiell zu erlernenden Seemannsknoten mit jeweils ansteigendem Schwierigkeitsgrad (vgl. Abschnitt 6.3.2.1). Die Reihenfolge der Knoten wurde dabei konstant gehalten (Schwierigkeitsgrad ansteigend vom leichtesten zum schwersten Knoten), also nicht systematisch variiert (vgl. Abbildung 12).

		Schwierigkeitsgrad			
		leicht	mittel	schwer	sehr schwer
Interaktivität	interaktiv	16	16	16	16
	linear	16	16	16	16

Abbildung 12: Versuchsplan für Studie I

Die realisierte Zellenbesetzung von $n = 16$ Versuchspersonen wurde im Zusammenhang mit den zu erwartenden Effektstärken als ausreichend für die Untersuchung der in dieser Studie adressierten Phänomene angesehen (vgl. Bortz, 1993, S. 236).

Ausgehend von den Erkenntnissen der Vortests (vgl. Abschnitt 6.3.3) fiel die Entscheidung, bei dieser Studie einen Ausführungstest nur unmittelbar nach der Lernphase durchzuführen. Aus den Vortests war bekannt, daß mit Novizen bei einem Langzeit-Behaltenstest ohne mehrfache Übungsmöglichkeit nur mit sehr geringer Performanz gerechnet werden kann.

Das Untersuchungsdesign war allerdings bei dieser ersten Studie in Abgrenzung zur zweiten Studie (vgl. Kapitel 7) bewußt so angelegt, daß auf eine Möglichkeit zur Übung des beobachteten Modellverhaltens begleitend zum Beobachtungsvorgang verzichtet wird. Dadurch wurde ein komplettes Memorieren des beobachteten Modellverhaltens erzwungen und somit auch der *cognitive effort* beim Beobachtungslernen gezielt erhöht (vgl. Abschnitt 2.4).

Obwohl eine typische Eigenschaft von Video sein audiovisueller Charakter ist, fiel die Entscheidung, ohne Audio-Anteil zu arbeiten, um die Untersuchung präziser zu machen und Konfundierungen zu vermeiden. Die Untersuchung sollte sich nur auf den visuellen Anteil konzentrieren. Diese Maßnahme diente zur Eingrenzung der Variablen.

Unabhängige Variablen

Um den Einfluß temporaler Mikrointeraktivität auf Lernerfolg und Lerneffizienz beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video quantitativ möglichst genau zu erfassen, wurden im Rahmen des Versuchsplanes (vgl. Abbildung 12) folgende zwei unabhängige Variablen systematisch variiert:

Der Interaktivitätsgrad als zweistufiger Between-Subject Faktor mit den Faktorstufen [1] interaktiv und [2] linear. Die interaktive Bedingung erlaubte dabei eine Betrachtung der Videosequenzen der Seemannsknoten unter Nutzung aller Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4). Im Gegensatz dazu erlaubte die lineare Bedingung nur eine Betrachtung der Videosequenzen bei normaler Abspielgeschwindigkeit ohne Möglichkeit eines Eingreifens in den Ablauf (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1).

Der Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens als vierstufiger Within-Subject Faktor mit den Faktorstufen [1] leicht, [2] mittel, [3] schwer und [4] sehr schwer. Die vier Stufen des Faktors wurden realisiert durch vier zu erlernende Seemannsknoten mit jeweils ansteigendem Schwierigkeitsgrad (vgl. Abschnitt 6.3.2.1).

Abhängige Variablen

Um den zwei unterschiedlichen Aspekten dieser ersten Studie gerecht zu werden, [1] dem Vergleich zwischen dem erreichten Lernerfolg und der erreichten Lerneffizienz der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität und der Nutzer von linearer Videodarbietung, und [2] der detaillierten Analyse des Nutzerverhaltens bei der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität durch die interaktive Stichprobe, wurden zu beiden Aspekten jeweils aussagekräftige abhängige Variablen definiert und entsprechende Werte erhoben:

Abhängige Variablen zum Vergleich der interaktiven und der linearen Bedingung:

Diese Variablen dienten als Basis für Aussagen über den Einfluß der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität beim Beobachtungslernen verglichen mit linearer Betrachtung.

Erfolg: Die Fähigkeit, das Modellverhalten (also den jeweiligen Seemannsknoten) unmittelbar nach der Lernphase korrekt zu reproduzieren wurde als Erfolg gewertet. Die Variable konnte nur zwei Zustände annehmen, erfolgreich (1) oder erfolglos (0).

Anzahl der Versuche: Während der Reproduktion hatten die Versuchspersonen die Möglichkeit, bis zu vier Versuche der korrekten Reproduktion der Seemannsknoten vorzunehmen. Das selbständige Reproduzieren bis zum Vorzeigen des Ergebnisses wurde dabei jeweils als Versuch gewertet. Wurde das Ergebnis vom Versuchsleiter als korrekt beurteilt, so endete die Reproduktionsphase. War es viermal nicht korrekt, so wurde abgebrochen und der Wert „4“ für die Variable „Anzahl der Versuche“ sowie der Wert „0“ für die Variable „Erfolg“ festgehalten. Die Variable „Anzahl der Versuche“ konnte somit ganzzahlige Werte zwischen 1 und 4 annehmen.

Lernzeit: Die vom Beginn eines Lernvorganges für einen bestimmten Seemannsknoten bis zur Beendigung dieses Lernvorganges durch Beginn der Reproduktionsphase verstrichene Zeit wurde als Lernzeit angesehen. Die Lernzeit wurde in 1/15-tel Sekunden erfasst und konnte alle Werte zwischen 0 und 600 Sekunden (10 Minuten) annehmen, danach wurde abgebrochen.

Abhängige Variablen zur Analyse der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität:

Diese dienten als Basis für detaillierte Aussagen über die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität beim Beobachtungslernen. Da nur die VPN in der interaktiven Bedingung die Möglichkeit zur Nutzung temporaler Mikrointeraktivität hatten, handelt es sich nach Ausschluss der linearen Stichprobe für diesen Teil der Untersuchung um ein einfaktoriell vierstufiges Untersuchungsdesign. Das Datenmaterial zu diesen Variablen wurde über die Auswertung der Log-Dateien gewonnen (vgl. Abschnitt 6.3.5).

Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller einzelnen Filmbilder: Diese beschreibt die maximale Abweichung der aggregierten Zeitdauer, die ein einzelnes Filmbild betrachtet wurde, vom Durchschnitt der aggregierten Zeitdauer, die alle einzelnen Filmbilder betrachtet wurden (Standardabweichung; vgl. Abschnitt 6.2.4). Sie ist damit ein pauschales Maß für die Nutzung der Mikrointeraktivität. Ein niedriger Wert steht für eine weitgehend lineare Betrachtungsweise (alle Filmbilder gleich häufig betrachtet), ein hoher Wert für eine starke Nutzung der Mikrointeraktivität (manche Bilder weit häufiger betrachtet, was nur durch Mikrointeraktivität möglich war).

Anzahl der Stops: Alle Intervalle innerhalb der Lernzeit für je einen Knoten, während derer der filmische Ablauf mindestens eine Sekunde angehalten wurde, galten als Stop und wurden gezählt. Stop-Intervalle von kürzerer Dauer wurden nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wurde, daß erst ab mindestens einer Sekunde ein bewußtes Betrachten des angehaltenen Filmbildes erfolgt (vgl. Abschnitt 4.3.4, Suspension).

Durchschnittsdauer der Stops: Die Dauer aller Stop-Intervalle (von mindestens einer Sekunde) wurde in Sekunden aufsummiert und durch die Anzahl der Stops dividiert.

Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz nur mit verlangsamter Abspielgeschwindigkeit betrachtet wurde, galten als Zeitlupenabschnitte und wurden fortlaufend gezählt (vgl. Abschnitt 4.3.4, Retardation).

Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz mit beschleunigter Abspielgeschwindigkeit betrachtet wurde, galten als Zeitrafferabschnitte und wurden gezählt (vgl. Abschnitt 4.3.4, Akzeleration).

Anzahl der Richtungsumkehrungen: Alle Stellen, an denen ein Wechsel der Abspielrichtung stattgefunden hatte (von vorwärts auf rückwärts oder umgekehrt), wurden als Richtungsumkehrungen angesehen und fortlaufend gezählt. Dies war unabhängig davon, ob die Richtungswechsel direkt aufeinander folgten oder durch einen Stop getrennt waren und mit welcher Geschwindigkeit abgespielt wurde.

Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz mit normaler Geschwindigkeit rückwärts lief, galten als Normaltempoabschnitte rückwärts und wurden gezählt (vgl. Abschnitt 4.3.4, Reversion).

Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz mit verlangsamter Geschwindigkeit rückwärts lief, galten als Zeitlupenabschnitte rückwärts und wurden gezählt (vgl. Abschnitt 4.3.4, retardierte Reversion).

Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz eines Seemannsknotens mit beschleunigter Abspielgeschwindigkeit rückwärts betrachtet wurde, galten als Zeitrafferabschnitte rückwärts und wurden fortlaufend gezählt (vgl. Abschnitt 4.3.4, akzelerierte Reversion).

Untersuchungsdurchführung

Die Durchführung der Untersuchung erfolgte in 32 Einzelsitzungen. Die 32 beteiligten VPN wurden dabei jeweils vor Beginn der Untersuchung durch den Versuchsleiter zu gleichen Teilen zufällig auf die zwei Bedingungen verteilt. Dazu schaltete der Versuchsleiter, jeweils bevor eine VPN den Raum betrat, am Experimentalsystem die Bedingung passend um (interaktiv oder linear, vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1). Die VPN erhielt hiervon keine Kenntnis. Anschließend wurde durch den Versuchsleiter eine anonyme laufende Nummer für jede VPN vergeben.

Alle VPN wurden vor Beginn des Experimentes jeweils zu Alter, Händigkeit, Schulabschluß, Expertise bei der Herstellung von Seemannsknoten und Expertise im Umgang mit Computern und Lernprogrammen befragt. Die entsprechenden Angaben wurden jeweils festgehalten.

Nun wurde jeder VPN die Instruktion überreicht (vgl. Abschnitt 13.1). Hierbei existierten zwei verschiedene Varianten der Instruktion, passend zu der zuvor durch den Versuchsleiter gewählten Bedingung (interaktiv oder linear). Der Versuchsleiter las nun der VPN die Instruktion vor, wobei diese mitlas. Eventuelle Fragen wurden dabei oder im Anschluß daran besprochen.

Jede VPN nahm nun vor dem interaktiven Lernsystem Platz und wurde aufgefordert, den Übeknoten zu erlernen. Dabei wurden ihr vom Versuchsleiter die interaktiven Funktionen und die Vorgehensweise detailliert erklärt. Danach hatte jede VPN die Möglichkeit, selbständig den Übeknoten zu erlernen und dabei die Funktionen des interaktiven Lernsystems durch freies Probieren zu erkunden. War die VPN der Meinung, den Übeknoten zu beherrschen, so wurde ihr ein Seil übergeben und sie wurde aufgefordert, den Übeknoten zu reproduzieren.

Eventuell in der Testphase aufgetretene Unklarheiten oder Fragen wurden gemeinsam besprochen, bevor die eigentliche Untersuchung begann. Hatte die VPN weitergehende Fragen, so konnte sie diese noch vor Beginn der Untersuchung mit dem Versuchsleiter besprechen. Während der Untersuchung fand keinerlei Beratung oder Unterstützung durch den Versuchsleiter statt.

Bei der nun folgenden Untersuchung erlernte die VPN selbständig mit Hilfe des interaktiven Lernsystems insgesamt vier Seemannsknoten. Hierbei wurde für jeden Seemannsknoten zunächst eine Lernphase durchlaufen, während derer die VPN durch Beobachtungslernen anhand der entsprechenden Videosequenz den Seemannsknoten erlernte. War die VPN zu der Überzeugung gekommen, den jeweiligen Seemannsknoten zu beherrschen, dann betätigte sie eine entsprechende Taste am interaktiven Lernsystem, worauf der angebotene Bildschirminhalt ausgeblendet wurde (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1).

Die Versuchsperson wandte sich nun dem Versuchsleiter zu, der ihr ein Seil und ein Übergerät übergab. Bei der jetzt folgenden Reproduktionsphase versuchte dann jede VPN, den soeben erlernten Seemannsknoten selbständig herzustellen. War sie dabei zu der Überzeugung gekommen, ein korrektes Ergebnis erreicht zu haben, so zeigte sie dieses dem Versuchsleiter. Dieser nahm eine Beurteilung vor.

Fiel die Beurteilung positiv aus, so war die Reproduktionsphase beendet und die VPN konnte sich der Lernphase für den nächsten Seemannsknoten widmen. Fiel die Beurteilung jedoch negativ aus, so hatte die VPN noch dreimal die Möglichkeit, ein korrektes Ergebnis zu reproduzieren, wobei nach jedem Versuch eine Beurteilung stattfand. Ein erneutes Betrachten der Videosequenz war der Versuchsperson dabei nicht möglich.

Die Anzahl der Versuche wurde vom Versuchsleiter als Wert für die entsprechende abhängige Variable festgehalten. Geling es der VPN auch nach dem vierten Versuch nicht, ein korrektes Ergebnis zu reproduzieren, so wurde für die abhängige Variable „Erfolg“ der Wert 0 festgehalten und die Reproduktionsphase abgebrochen. Die Dauer der Lern- und der Reproduktionsphase wurden ebenfalls festgehalten.

Um den nächsten Seemannsknoten zu erlernen, legte die VPN das Seil und das Übergerät weg, wandte sich dem interaktiven Lernsystem wieder zu und betätigte eine entsprechende Taste, worauf der Bildschirminhalt und die Videosequenz für den nächsten Knoten erschien (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1).

Auf diese Weise erlernten die VPN der Reihe nach die vier verschiedenen Seemannsknoten mit jeweils aufsteigendem Schwierigkeitsgrad. Für die Durchführung der Lernphase gab es dabei jeweils ein Zeitlimit von 10 Minuten, ohne daß dies den VPN bekannt war. Für die Reproduktionsphase gab es kein Zeitlimit, aber eine Begrenzung auf maximal vier Versuche pro Knoten, was den VPN auch bekannt war. Der Versuchsleiter wandte sich während der Lernphasen scheinbar einer anderen Tätigkeit zu und erschien nur zur Beurteilung des Reproduktionserfolges. Dadurch sollte eine Befangenheit der VPN vermieden werden.

Nach dem letzten Knoten befragte der Versuchsleiter jede Versuchsperson einzeln zu ihren persönlichen Eindrücken: „Wie sind Sie beim letzten Knoten vorgegangen?“; „Was ist Ihnen aufgefallen?“; „Was fanden Sie gut?“; „Was hat Sie gestört?“. Der Versuchsleiter hielt die Aussagen dabei jeweils in Stichworten fest.

Danach führte der Versuchsleiter den "Schlauchfiguren"-Test nach Stumpf und Fay (1983) mit jeder Versuchsperson durch. Dieser Test dient zur Ermittlung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Die Untersuchung war nun beendet. Der Versuchsleiter dankte der Versuchsperson, übergab ihr die Entlohnung und verabschiedete sie.

Eine VPN hatte also immer 5 Knoten (incl. 1 Übeknoten) zu erlernen und den "Schlauchfiguren"-Test zu bearbeiten. Dafür brauchten die VPN zwischen 60 und 90 Minuten. Die gesamte Bearbeitungszeit pro VPN sollte den Zeitraum von 1,5 Stunden möglichst nicht übersteigen.

Während des gesamten Ablaufs einer Untersuchungssitzung wurden durch die automatische Protokollierungsfunktion (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.3) zu jeder VPN und für jeden erlernten Seemannsknoten umfangreiche Daten in Form von Log-Dateien gesammelt. Nach Beendigung einer Untersuchungssitzung mit einer VPN trug der Versuchsleiter die mündlich erhobenen Daten, wie Erfolg oder Anzahl der Versuche, in die Log-Dateien nachträglich ein.

6.3.5 Aufbereitung der gewonnenen Daten

Im Zuge der Durchführung der Untersuchung entstanden insgesamt 128 Log-Dateien (32 VPN x 4 jeweils zu erlernende Knoten). Neben den Angaben, die der Versuchsleiter manuell eingetragen hatte, enthält jede Log-Datei typischerweise mehrere tausend Zeilen mit jeweils zwei Einträgen pro Zeile (vgl. Abschnitt 13.3): [1] Die verstrichene Zeit seit Beginn der Lernphase, angegeben in 1/60-tel Sekunden, wobei alle 1/15-tel Sekunde eine neue Zeile angelegt wurde. [2] Die laufende Nummer des zu diesem Zeitpunkt von der VPN gerade betrachteten Videobildes (vgl. Abschnitt 13.3).

Durch diese Angaben ist es möglich, sehr detailliert nachzuvollziehen, wie die VPN die Videosequenzen betrachtet und die temporale Mikrointeraktivität genutzt haben. Dazu wurden vom Autor umfangreiche Algorithmen in Microsoft Excel 97 und Visual Basic entwickelt, die es erlauben, das Nutzerverhalten exakt zu analysieren. Auf diese Weise konnte das Datenmaterial für folgende abhängige Variablen gewonnen werden:

Lernzeit: Die vom Beginn eines Lernvorganges für einen bestimmten Seemannsknoten bis zur Beendigung dieses Lernvorganges durch Beginn der Reproduktionsphase verstrichene Zeit wurde durch Subtraktion der entsprechenden Einträge ermittelt.

Standardabweichung der aggregierten Betrachtungsdauer aller einzelnen Filmbilder: Zunächst wurde für jede Log-Datei eine Hilfstabelle angelegt, in der für jedes einzelne Videobild der betrachteten Videosequenz eine definierte und nummerierte Zeile vorgesehen wurde. In alle diese Zeilen der Hilfstabelle wurde zunächst 0 eingetragen. Jedesmal, wenn bei der Auswertung der Log-Datei nun die Bildnummer eines bestimmten Bildes in einer Zeile dieser Log-Datei vorkam, wurde in der entsprechenden Zeile der Hilfstabelle der Wert um 1/15-tel Sekunde erhöht. Auf diese Weise wurde exakt erfasst, wie lange jedes einzelne Filmbild insgesamt betrachtet wurde. Danach wurde aus den Einträgen in der Hilfstabelle die Standardabweichung ermittelt.

Anzahl der Stops: Wenn sich die Nummer des betrachteten Bildes über 15 oder mehr aufeinanderfolgende Zeilen nicht änderte (=Zeitraum von 1 Sekunde), so wurde dies als Stop angesehen und nach dessen Ende ein entsprechender Zähler um 1 erhöht.

Durchschnittsdauer der Stops: Die Dauer aller Stop-Intervalle (von mindestens einer Sekunde Länge) wurde aufsummiert und durch die Anzahl der Stops dividiert.

Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts: Ein Abschnitt, während dessen sich die Nummer des betrachteten Bildes von Zeile zu Zeile im Durchschnitt um weniger als 1 erhöhte, wurde als Zeitlupenabschnitt vorwärts angesehen und nach dessen Ende ein entsprechender Zähler um 1 erhöht.

Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts: Ein Abschnitt, während dessen sich die Nummer des betrachteten Bildes von Zeile zu Zeile im Durchschnitt um mehr als 1 erhöhte, wurde als Zeitrafferabschnitt vorwärts angesehen und nach dessen Ende ein entsprechender Zähler um 1 erhöht.

Anzahl der Richtungsumkehrungen: Alle Stellen, an denen eine (im Durchschnitt) aufsteigende Folge von Bildnummern in aufeinanderfolgenden Zeilen in eine absteigende überging (oder umgekehrt), wurden als Richtungsumkehrungen angesehen und ein entsprechender Zähler um 1 erhöht. Dies war unabhängig davon, ob diese Folgen direkt aneinander grenzten oder durch einen Stop getrennt waren.

Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts: Ein Abschnitt, während dessen sich die Nummer des betrachteten Bildes von Zeile zu Zeile genau um 1 verringerte, wurde als Normaltempoabschnitt rückwärts angesehen und nach dessen Ende ein entsprechender Zähler um 1 erhöht.

Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts: Ein Abschnitt, während dessen sich die Nummer des betrachteten Bildes von Zeile zu Zeile im Durchschnitt um weniger als 1 verringerte, wurde als Zeitlupenabschnitt rückwärts angesehen und nach dessen Ende ein entsprechender Zähler um 1 erhöht.

Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts: Ein Abschnitt, während dessen sich die Nummer des betrachteten Bildes von Zeile zu Zeile im Durchschnitt um mehr als 1 verringerte, wurde als Zeitrafferabschnitt rückwärts angesehen und nach dessen Ende ein entsprechender Zähler um 1 erhöht.

Die so gewonnenen Daten wurden zusammen mit den direkt vom Versuchsleiter erhobenen Daten manuell in umfangreiche Microsoft Excel Tabellen übertragen. Diese dienten dann als Datenquelle für die anschließende statistische Auswertung in SPSS (vgl. Abschnitt 6.4).

6.4 Ergebnisse

Im Zuge der Auswertung des empirisch gefundenen Datenmaterials zur ersten Studie wurden die im Abschnitt 6.2 vorgestellten Forschungshypothesen geprüft. Die Ergebnisse dieser Überprüfung sollen im folgenden detailliert dargestellt werden.

Die statistische Überprüfung der Hypothesen erfolgte in der Regel mit Hilfe von Varianzanalysen nach dem allgemeinen linearen Modell, wobei entsprechend dem Untersuchungsdesign in vielen Fällen Meßwiederholung mit dem Faktor Schwierigkeitsgrad zur Anwendung kam (vgl. Abschnitt 6.3.4). Wo die Varianzanalyse aufgrund der Art der erhobenen Daten nicht angebracht erschien, kamen auch Verfahren zur Überprüfung von Ordinaldaten zum Einsatz (vgl. Bortz, 1993, S. 141ff).

Für alle Signifikanz-Tests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha=0.05$ festgelegt. Die Effektstärke ϵ wurde, wo es das angewandte statistische Verfahren zuließ, nach Bortz (1993) über die Varianzaufklärung h^2 bzw. die partielle Varianzaufklärung h_p^2 berechnet. Nach Bortz (1993) gilt ein ϵ von .10 bis .24 als schwacher, von .25 bis .39 als mittlerer und oberhalb .40 als starker Effekt (vgl. Bortz, 1993, S. 236; Cohen, 1973).

Zur Interpretation einer gegebenen Overall-Signifikanz wurden a posteriori jeweils Einzelvergleiche mit Hilfe des Scheffé-Tests durchgeführt. Hierbei wurden jeweils alle möglichen Einzelvergleichshypothesen „family wise“ auf dem vorgegebenen Signifikanzniveau geprüft (vgl. Bortz, 1993, S. 249ff & S. 308ff). Alle statistischen Auswertungen wurden mit dem Programmpaket SPSS 7.5.2 G für Windows und/oder Microsoft Excel 97 durchgeführt.

In den Ergebnistabellen auf den folgenden Seiten wurde bei allen Angaben von Mittelwerten der abhängigen Variablen immer zusätzlich auch die Standardabweichung ermittelt und in Klammern angegeben. Bei den Werten, die den grafischen Abbildungen zu Grunde liegen, handelt es sich immer um Mittelwerte.

6.4.1 Indikatoren für Lernerfolg und Lerneffizienz

Erfolgsquote. Die Hypothesen H1a, H2a und H3a untersuchen den Einfluß des Between-Subject Faktors Interaktivitätsgrad, des Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad und deren Interaktion auf die abhängige Variable „Erfolg“ (vgl. Abschnitte 6.2 und 6.3.4).

Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad: Hypothese H1a postuliert, daß Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität erfolgreicher sind bei der korrekten Reproduktion der erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe als Nutzer linearer Videodarbietung.

Zur Auswertung wurde zunächst für jede Bedingung pro VPN die Anzahl aller Knoten ermittelt, die diese VPN erfolgreich lösen konnte (minimal 0, maximal 4). Bei der anschließenden Prüfung der Varianzhomogenität nach Box und Levene wurde die H_0 signifikant, so daß die Durchführung einer Varianzanalyse zur Signifikanzprüfung nicht in Frage kam (vgl. Bortz, 1993). Dies erklärt sich möglicherweise durch einen Deckeneffekt in der interaktiven Bedingung, in der die meisten VPN alle Knoten erfolgreich lösen konnten (vgl. Tabelle 1). Es wurde daher ein nonparametrisches Verfahren zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben angewendet. Die Wahl fiel hierbei auf den U-Test nach Mann-Whitney (vgl. Bortz, 1993, S. 141).

Tabelle 1: Anzahl erfolgreich gelöster Knoten in Abhängigkeit vom Interaktivitätsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Erfolg	Mittelwert
interaktiv	15.25 (1.3)
linear	10.5 (4.55)

Die Auswertung ergab, daß die VPN in der interaktiven Bedingung überzufällig erfolgreicher bei der Herstellung der Knoten waren als die VPN in der linearen Bedingung (vgl. Tab. 1). Der Faktor Interaktivitätsgrad wurde dabei hoch signifikant: $U=36$; $Z=-3.76$; $p\leq.001$. *Die Hypothese H1a kann beibehalten werden.*

Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H2a postuliert, daß die Anzahl der korrekt reproduzierten Bewegungs- oder Handlungsabläufe (AV Erfolg) für beide Bedingungen (linear und interaktiv) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens abnimmt.

Bei der Auswertung ergab sich das Problem, daß gemäß dem Versuchsdesign die AV Erfolg bei der Herstellung von Knoten nur zwischen zwei Werten variieren kann (erfolglos oder erfolgreich). Damit ist die abhängige Variable nicht intervallskaliert, wodurch die Anwendung einer Varianzanalyse ausgeschlossen ist (vgl. Bortz, 1993, S. 225). Somit wurde zur statistischen Absicherung auf ein nonparametrisches Verfahren zurückgegriffen. Es kam ein Test nach Cochran mit 4 verbundenen Stichproben zum Einsatz (vgl. Bortz, 1993, S. 152).

6. Studie I: Effekte und Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität

Tabelle 2: Anzahl erfolgreich gelöster Knoten in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad für alle beteiligten VPN (in Klammern Standardabweichung)

Erfolg	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
alle VPN (n = 32)	31	29	27	16	25.75 (5.80)

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige Abnahme des Lernerfolgs mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 2). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $Q=29.4$; $df=3$; $p\leq.001$. *Die Hypothese H2a kann beibehalten werden.*

Allerdings unterschieden sich die Werte der AV „Erfolg“ für die Schwierigkeitsstufen „leicht“, „mittel“ und „schwer“ kaum voneinander. Erst zwischen den Schwierigkeitsstufen „schwer“ und „sehr schwer“ zeigte sich ein substantieller Abfall im Sinne der Hypothese (vgl. Tabelle 2).

Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H3a erwartet, daß die Anzahl der korrekt reproduzierten Bewegungs- und Handlungsabläufe (AV Erfolg) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker abnimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

Bei der Auswertung stellte sich erneut das Problem, daß die abhängige Variable nicht intervallskaliert ist, wodurch die Anwendung einer Varianzanalyse ausgeschlossen ist (vgl. Bortz, 1993, S. 225). Auch ein Chi-Quadrat Test kam nicht in Frage, da dieser keine Interaktion von zwei Faktoren berücksichtigt. Zur statistischen Absicherung wurde daher auf eine logistische Regression zurückgegriffen (vgl. Bortz, 1993).

Tabelle 3: Anzahl erfolgreich gelöster Knoten in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Erfolg	leicht	mittel	schwer	sehr schwer
interaktiv	16	16	16	13
linear	15	13	11	3

Die Auswertung ergab keine überzufällige, systematische Wechselwirkung von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad auf die AV „Erfolg“. Die Interaktion von Schwierigkeitsgrad mit Interaktivitätsgrad wurde nicht signifikant: $Score=3.21$; $df=3$; $p=.36$. *Die Hypothese H3a muß daher verworfen werden.*

Die Erklärung hierfür liegt möglicherweise in einem Deckeneffekt hinsichtlich des erreichten Lernerfolgs in der interaktiven Bedingung, in der alle VPN die ersten drei Knoten erfolgreich lösen konnten, und immerhin 13 von 16 VPN auch den vierten Knoten (vgl. Tab. 3). Eine Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad auf die AV „Erfolg“ konnte mit der durchgeführten Studie somit nicht belegt werden.

Anzahl von Lösungsversuchen. Die Hypothesen H1b, H2b und H3b untersuchen den Einfluß des Between-Subject Faktors Interaktivitätsgrad, des Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad und deren Interaktion auf die abhängige Variable „Anzahl der Versuche“ (vgl. Abschnitte 6.2 und 6.3.4).

Bei der Auswertung stellte sich das Problem, daß aufgrund der Hypothesen nur solche VPN berücksichtigt werden können, die alle Knoten korrekt hergestellt hatten. Da dies nicht immer der Fall war, hätten bei Einbeziehung aller vier erlernter Knoten in der interaktiven Bedingung zwei VPN und in der linearen Bedingung 13 VPN ausgeschlossen werden müssen, womit in der linearen Bedingung nur 3 VPN verblieben wären. Daher wurden zur Auswertung nur die ersten drei Knoten herangezogen, womit in der interaktiven Bedingung alle 16 VPN und in der linearen Bedingung noch 8 VPN verblieben.

Tabelle 4: Anzahl der Lösungsversuche in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten (in Klammern Standardabweichung)

Lösungsversuche	leicht	mittel	schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 16)	1.25 (0.58)	1.56 (0.81)	1.00 (0.00)	1.27 (0.60)
linear (n = 8)	1.87 (0.83)	2.25 (0.71)	1.88 (0.99)	2.0 (0.82)
gesamt (n = 24)	1.46 (0.72)	1.79 (0.83)	1.29 (0.69)	1.51 (0.76)

Zur Überprüfung der Hypothesen H1b, H2b und H3b diente eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad und dem dreistufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad.

Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad: Hypothese H1b nimmt an, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, bei der Reproduktion der zuvor erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe eine geringere Anzahl von Versuchen bis zur korrekten Reproduktion benötigen, als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

Die Auswertung ergab, daß die VPN in der interaktiven Bedingung überzufällig weniger Versuche bis zur korrekten Herstellung der jeweiligen Knoten benötigten als die VPN in der linearen Bedingung (vgl. Tab. 4). Der Faktor Interaktivitätsgrad wurde hierbei hoch signifikant: $F[1,22]=13.88$; $p \leq .001$; $\epsilon = .79$. *Die Hypothese H1b kann somit beibehalten werden.*

Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H2b nimmt an, daß bei der Reproduktion der erlernten Bewegungs- und Handlungsabläufe die Anzahl von benötigten Versuchen bis zur korrekten Reproduktion mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens für beide Bedingungen ansteigt.

Die Auswertung ergab keinen Hinweis auf eine überzufällige Zunahme der Anzahl der zur korrekten Reproduktion benötigten Versuche mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad. Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde zwar signifikant: $F[2,44]=3.31$; $p=.046$, es ergibt sich jedoch aus den Mittelwerten keine systematische Zunahme im Sinne der Hypothese (vgl. Tab. 4). *Die Hypothese H2b muß deshalb verworfen werden.*

Die Anzahl der Lösungsversuche war also im Gegensatz zur Annahme bei allen drei Schwierigkeitsstufen ungefähr gleich. Die Versuchspersonen benötigten dabei durchschnittlich 1,5 Lösungsversuche pro Lernvorgang (vgl. Tab. 4).

Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad: Hypothese H3b postuliert, daß die Anzahl von benötigten Versuchen bis zur korrekten Reproduktion mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei Nutzern linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei Nutzern temporaler Mikrointeraktivität.

Die Auswertung ergab, daß hier keine systematische Wechselwirkung zwischen Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad hinsichtlich der Anzahl der benötigten Lösungsversuche bis zur korrekten Herstellung der jeweiligen Knoten gegeben ist (vgl. Tab. 4). Die Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad wurde nicht signifikant: $F[2,44]=0.24$; $p=.789$. *Die Hypothese H3b muß verworfen werden.*

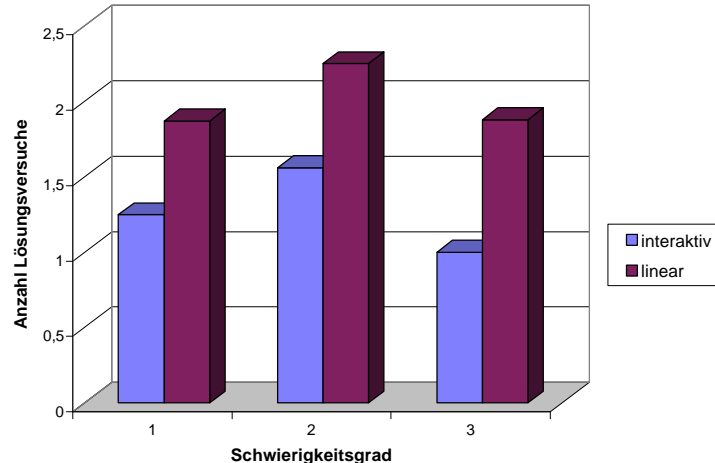


Abbildung 13: Anzahl der Lösungsversuche in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten

Eine Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad auf die Anzahl der benötigten Lösungsversuche konnte mit der durchgeführten Studie nicht belegt werden (vgl. Abbildung 13).

Benötigte Lernzeit. Die Hypothesen H1c, H2c und H3c untersuchen den Einfluß des Between-Subject Faktors Interaktivitätsgrad, des Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad und deren Interaktion auf die abhängige Variable „Lernzeit“ (vgl. Abschnitte 6.2 und 6.3.4).

Bei der Auswertung stellte sich erneut das Problem, daß aufgrund der Hypothesen nur solche VPN berücksichtigt werden können, die alle Knoten korrekt hergestellt haben. Da dies nicht immer der Fall war, hätten bei Einbeziehung aller vier erlernter Knoten in der interaktiven Bedingung zwei VPN und in der linearen Bedingung 13 VPN ausgeschlossen werden müssen, womit in der linearen Bedingung nur 3 VPN verblieben wären. Daher wurden zur Auswertung nur die ersten drei Knoten herangezogen, womit in der interaktiven Bedingung alle 16 VPN, und in der linearen Bedingung noch 8 VPN verblieben (vgl. H1b, H2b und H3b).

Tabelle 5: Benötigte Lernzeit in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten (in Klammern Standardabweichung)

Lernzeit	leicht	mittel	schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 16)	131.71 (74.99)	139.66 (70.81)	171.96 (72.08)	147.78 (72.46)
linear (n = 8)	135.91 (48.46)	107.51 (27.52)	138.28 (53.88)	127.24 (44.14)
gesamt (n = 24)	133.11 (66.23)	128.94 (61.15)	160.73 (67.34)	140.93 (65.14)

Zur Überprüfung der Hypothesen H1c, H2c und H3c diente eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad und dem dreistufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad.

Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad: Die Hypothese H1c geht davon aus, daß Nutzer temporaler Mikrointeraktivität beim Erlernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen weniger Lernzeit benötigen als Nutzer linearer Videodarbietung.

Die Auswertung ergab keinen Hinweis auf eine kürzere Lernzeit für die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Tab. 5). Der Faktor Interaktivitätsgrad wurde nicht signifikant: $F[1,22]=0.65$; $p=.429$. *Die Hypothese H1c muß daher verworfen werden.*

Im Gegensatz zur Annahme benötigten die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität und die Nutzer von linearer Videodarbietung durchschnittlich ungefähr gleich viel Lernzeit bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens (vgl. Tab. 5). Der durchschnittliche Wert der benötigten Lernzeit liegt dabei für die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität zwar leicht höher (vgl. Tab. 5), aber dieser Unterschied ist nicht statistisch signifikant. Deshalb muß davon ausgegangen werden, daß die benötigte Lernzeit für beide Stichproben auf dem selben Niveau lag. Die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität erreichten allerdings mit derselben Lernzeit eine signifikant höhere Lösungsgüte als die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. H1a).

Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad: Hypothese H2c geht davon aus, daß die benötigte Lernzeit zum Erlernen der jeweiligen Bewegungs- und Handlungsabläufe mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens ansteigt.

Die Auswertung ergab einen überzufälligen Anstieg der Lernzeit mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad (vgl. Tab. 5). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde signifikant: $F[2,44]=4.73$; $p=.014$; $\epsilon=.46$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad hier auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/sehr schwer“ und „mittel/sehr schwer“ zurückzuführen ist. *Die Hypothese H2c kann beibehalten werden.*

Allerdings zeigte sich eine substantielle Zunahme der Lernzeit im Sinne der Hypothese nur zwischen den ersten beiden Schwierigkeitsstufen, die sich untereinander wenig unterschieden, und der Schwierigkeitsstufe „schwer“ (vgl. Tab. 5).

Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H3c geht davon aus, daß die benötigte Lernzeit zum Erlernen der jeweiligen Bewegungs- und Handlungsabläufe mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad bei den Nutzern linearer Videodarbietung stärker ansteigt als bei den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität.

Die Auswertung ergab keine systematische Wechselwirkung zwischen Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad hinsichtlich der benötigten Lernzeit (vgl. Tab. 5). Die Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad wurde nicht signifikant $F[2,44]=2.10$; $p=.135$. *Die Hypothese H3c muß somit verworfen werden.*

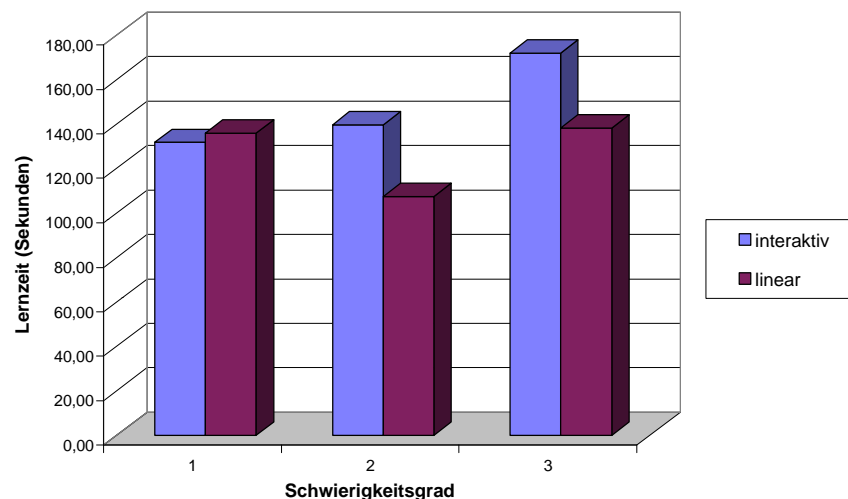


Abbildung 14: Benötigte Lernzeit in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten

Die von Hypothese H3c erwartete Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf die benötigte Lernzeit konnte mit der durchgeführten Studie so nicht belegt werden (vgl. Abb. 14).

6.4.2 Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität

Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller Filmbilder. Die vierte Forschungshypothese (H4) befaßt sich mit der erwarteten Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller Filmbilder einer Videosequenz beim Erlernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video unter Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität. Die aggregierte Betrachtungsdauer wurde dabei ermittelt durch Aufsummieren der jeweiligen Zeitdauer, die ein einzelnes Filmbild betrachtet wurde. Beim Abspielen einer Videosequenz mit normaler Abspielgeschwindigkeit beispielsweise beträgt diese Zeitdauer 1/15 Sekunde pro Durchgang. Ein hoher Wert kann entweder durch viele Abspieldurchgänge oder durch längeres Verweilen auf einem Bild entstehen. Die Variabilität gibt darüber Auskunft, welche der beiden Varianten vorliegt. Hohe Standardabweichung vom Durchschnitt der aggregierten Betrachtungsdauer steht dabei pauschal für eine intensivere Nutzung der mikrointeraktiven Funktionen, geringe für eine eher lineare Betrachtungsweise beim Lernvorgang (vgl. Abschnitt 6.2.4).

Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer: Die Hypothese H4 erwartet, daß die Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zunimmt.

Tabelle 6: Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Standardabweichung aggregierte Betrachtungsdauer	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Gesamt
interaktiv (n = 16)	1.92 (0.93)	3.93 (2.67)	4.07 (2.03)	4.99 (1.37)	3.73 (2.18)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tabelle 6). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,45]=12.70$; $p \leq .001$; $\epsilon = .92$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad hierbei auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/mittel“, „leicht/schwer“ und „leicht/sehr schwer“ zurückgeht. *Die Hypothese H4 kann beibehalten werden.*

Allerdings zeigte sich eine substantielle Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer nur zwischen der Schwierigkeitsstufe „leicht“ und den übrigen drei Stufen, die sich untereinander kaum unterscheiden (vgl. Abbildung 15).

Eine gewisse Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer war aber durchgängig bei allen Schwierigkeitsstufen zu beobachten (vgl. Tabelle 6), womit klar wird, daß bei allen Schwierigkeitsstufen temporale Mikrointeraktivität genutzt wurde.

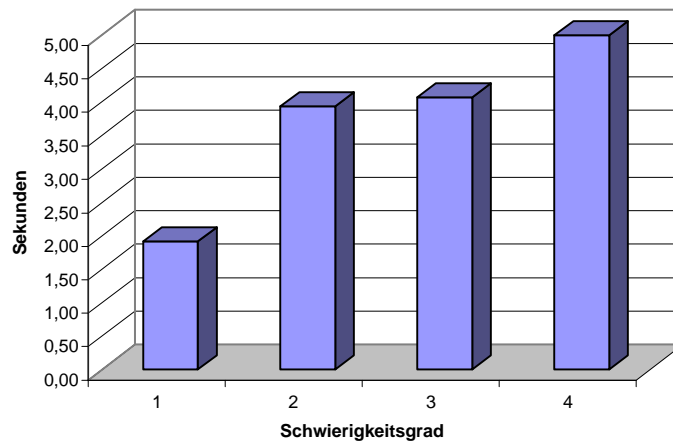


Abbildung 15: Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Nutzung temporaler Mikrointeraktivität im Detail. Die fünfte Gruppe von Hypothesen (H5) befaßt sich mit der erwarteten verstärkten Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4) bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens. Für die Untersuchung dieser Fragestellungen kamen nur diejenigen 16 VPN in Frage, die in der Lernphase Mikrointeraktivität nutzten, die übrigen 16 VPN in der linearen Bedingung wurden nicht berücksichtigt.

Anzahl Stops: Hypothese H5a1 nimmt an, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl von Stops (von mindestens einer Sekunde Dauer) zunimmt. Stops von kürzerer Dauer wurden nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wurde, daß erst ab mindestens einer Sekunde Dauer ein bewusstes Betrachten des angehaltenen Filmbildes erfolgt (Suspension, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 7: Anzahl der Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Stops	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Mittelwert
interaktiv (n= 16)	9.62 (11.01)	19.87 (14.73)	20.31 (16.24)	22.87 (13.71)	18.17 (14.52)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem vierstufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Anzahl von Stops mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tabelle 7). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,45]=8.91$; $p \leq .001$; $\epsilon = .77$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/mittel“, „leicht/schwer“ sowie „leicht/sehr schwer“ zurückgeht. *Die Hypothese H5a1 kann beibehalten werden.*

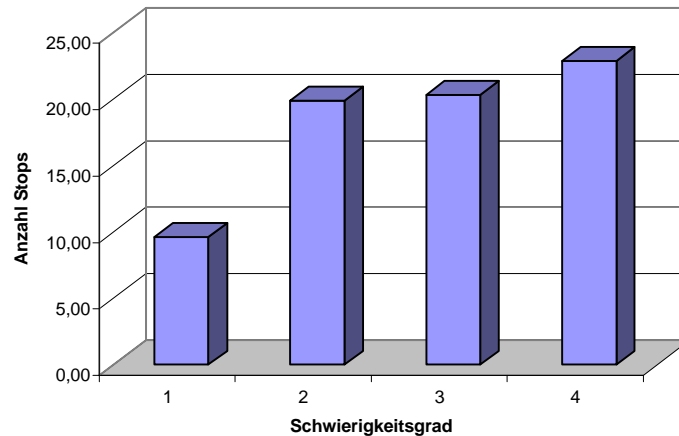


Abbildung 16: Anzahl der Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Allerdings zeigte sich eine substantielle Zunahme der Anzahl der Stops hier nur zwischen der Schwierigkeitsstufe „leicht“ und den übrigen drei Schwierigkeitsstufen, die sich untereinander kaum unterscheiden (vgl. Abb. 16).

Die Teilfunktion „Suspension“ temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4), hier erfasst über die abhängige Variable „Anzahl der Stops“, wurde von den VPN im Durchschnitt 18,2 mal genutzt (vgl. Tab. 7), wobei bei der geringsten Schwierigkeitsstufe nur eine unterdurchschnittliche Nutzung zu beobachten war.

Durchschnittsdauer Stops: Hypothese H5a2 erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Durchschnittsdauer der Stops zunimmt (Suspension, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 8: Durchschnittsdauer Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Durchschnittsdauer Stops	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Gesamt
interaktiv (n = 16)	3.01 (1.90)	2.95 (0.91)	2.10 (0.49)	2.89 (1.25)	2.74 (1.26)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß keine überzufällige Zunahme der Durchschnittsdauer der Stops mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tabelle 8). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hierbei nicht signifikant: $F[3,45]=2.68$; $p=.058$. Die Hypothese H5a2 muß verworfen werden.

Die durchschnittliche Dauer der Stops war also im Gegensatz zur Annahme bei allen Schwierigkeitsstufen ungefähr gleich lang. Die Versuchspersonen hielten dabei pro Stop den Ablauf der Videosequenz durchschnittlich 2,8 Sekunden lang an (vgl. Tab. 8).

Die Nutzung der Teilfunktion „Suspension“ der temporalen Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4) erfolgte durch die VPN also mit durchschnittlich weitgehend gleichbleibender Zeitdauer, auch bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad (vgl. Tab. 8).

Anzahl Zeitlupenabschnitte vorwärts: Hypothese H5b erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts zunimmt. Als Zeitlupenabschnitte wurden Abschnitte angesehen, während derer eine Videosequenz mit verlangsamer Abspielgeschwindigkeit betrachtet wurde (Retardation, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 9: Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitlupenabschnitte vorwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Mittelwert
interaktiv (n = 16)	1.50 (2.99)	9.75 (11.82)	8.81 (8.92)	10.63 (6.97)	7.67 (8.83)

Die Auswertung erfolgte durch eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem vierstufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 9). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,45]=10.25$; $p\leq.001$; $\epsilon=.83$.

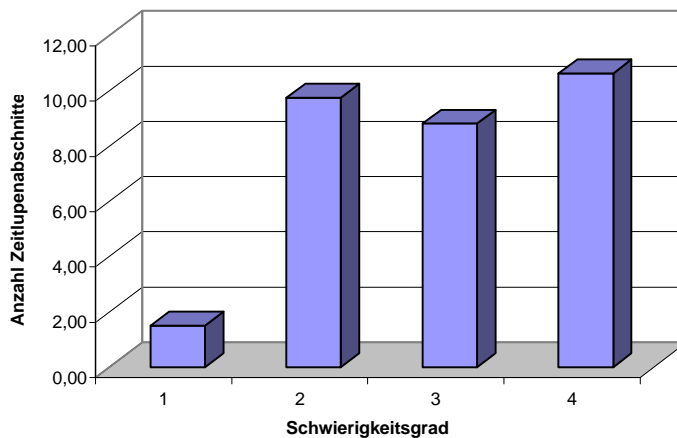


Abbildung 17: Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede von „leicht/mittel“, „leicht/schwer“ und „leicht/sehr schwer“ zurückgeht. Die Hypothese H5b kann beibehalten werden.

Allerdings zeigte sich eine substantielle Zunahme der Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts nur zwischen der Schwierigkeitsstufe „leicht“ und den übrigen drei Schwierigkeitsstufen, die sich untereinander kaum unterscheiden (vgl. Abb. 17).

Die Teilfunktion „Retardation“ der temporalen Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4), erfasst über die abhängige Variable „Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts“, wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt 7,7 mal genutzt (Tab. 9), wobei bei geringster Schwierigkeitsstufe nur unterdurchschnittliche Nutzung erfolgte.

Anzahl Zeitrafferabschnitte vorwärts: Hypothese H5c erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts zunimmt. Als Zeitrafferabschnitte wurden alle Abschnitte angesehen, während derer eine Videosequenz mit beschleunigter Abspielgeschwindigkeit betrachtet wurde (Akzeleration, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 10: Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitrafferabschnitte vorwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Mittelwert
interaktiv (n = 16)	6.56 (7.63)	5.19 (4.15)	5.69 (4.74)	6.94 (4.80)	6.09 (5.37)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß keine überzufällige Zunahme der Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 10). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde nicht signifikant: $F[3,45]=0.69$; $p=.565$. *Die Hypothese H5c muß verworfen werden.*

Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts war also im Gegensatz zur Annahme bei allen Schwierigkeitsstufen ungefähr gleich. Die Teilfunktion „Akzeleration“ der temporalen Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4), hier erfasst über die abhängige Variable „Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts“ wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt 6,1 mal genutzt (vgl. Tab. 10).

Anzahl der Richtungsumkehrungen: Hypothese H5d erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Richtungsumkehrungen zunimmt. Als Richtungsumkehrungen wurden alle Stellen angesehen, an denen ein Wechsel der Abspielrichtung (vorwärts bzw. rückwärts) stattgefunden hat. Dies war unabhängig davon, ob die Richtungswechsel direkt aufeinander folgten, oder durch einen Stop getrennt waren und mit welcher Geschwindigkeit abgespielt wurde.

Tabelle 11: Anzahl der Richtungsumkehrungen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Richtungsumkehrungen	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Mittelwert
interaktiv (n = 16)	13.88 (13.85)	20.50 (18.32)	24.75 (13.70)	29.86 (11.97)	22.25 (15.35)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß hier eine überzufällige Zunahme der Richtungsumkehrungen mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 11). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,45]=11.36$; $p\leq.001$; $\epsilon=.87$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/schwer“, „leicht/sehr schwer“ und „mittel/sehr schwer“ zurückgeht (vgl. Abb. 18). *Die Hypothese H5d kann beibehalten werden.*

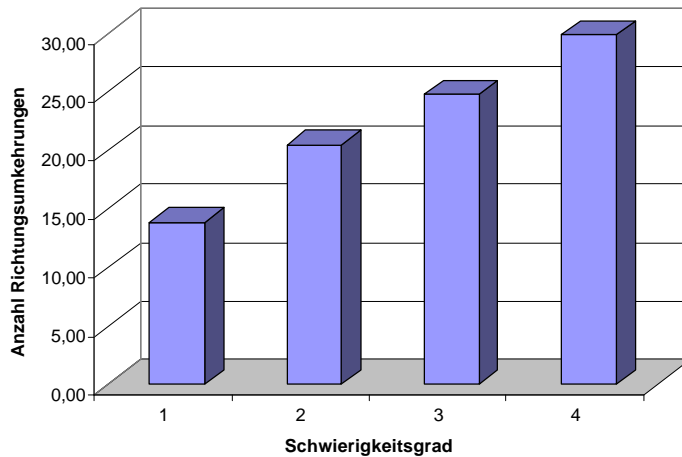


Abbildung 18: Anzahl der Richtungsumkehrungen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Die im Rahmen temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.3) gegebene Möglichkeit zur Richtungsumkehr wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt 22,3 mal genutzt, wobei eine deutliche Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zu beobachten war (vgl. Tab. 11 und Abb. 18).

Anzahl Normaltempoabschnitte rückwärts: Hypothese H5e1 erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts zunimmt. Als Normaltempoabschnitte rückwärts wurden Abschnitte angesehen, während derer eine Videosequenz mit normaler Abspielgeschwindigkeit rückwärts betrachtet wurde (lineare Reversion, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 12: Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts abhängig vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Normaltempoabschnitte rückwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Mittelwert
interaktiv (n = 16)	0.13 (0.50)	0.37 (0.81)	0.31 (0.60)	1.06 (1.48)	0.47 (0.97)

Die Teilfunktion „lineare Reversion“ der Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4), erfasst über die abhängige Variable „Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts“, wurde von den VPN durchschnittlich 0,5 mal pro Lernvorgang genutzt (vgl. Tab. 12). Die beobachtete Nutzung wurde als unerheblich im Vergleich mit der Nutzung anderer Teilfunktionen angesehen und daher auf eine varianzanalytische Auswertung ganz verzichtet. *Die Hypothese H5e1 muß verworfen werden.*

Anzahl Zeitlupenabschnitte rückwärts: Hypothese H5e2 erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts zunimmt. Als Zeitlupenabschnitte rückwärts wurden alle Abschnitte angesehen, während derer eine Videosequenz mit verlangsamter Abspielgeschwindigkeit rückwärts betrachtet wurde (retardierte Reversion, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 13: Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitlupenabschnitte rückwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Mittelwert
interaktiv (n = 16)	0.25 (0.58)	0.94 (2.27)	1.69 (3.19)	2.19 (1.72)	1.27 (2.22)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 13). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde signifikant: $F[3,45]=3.73$; $p=.018$; $\epsilon=.50$.

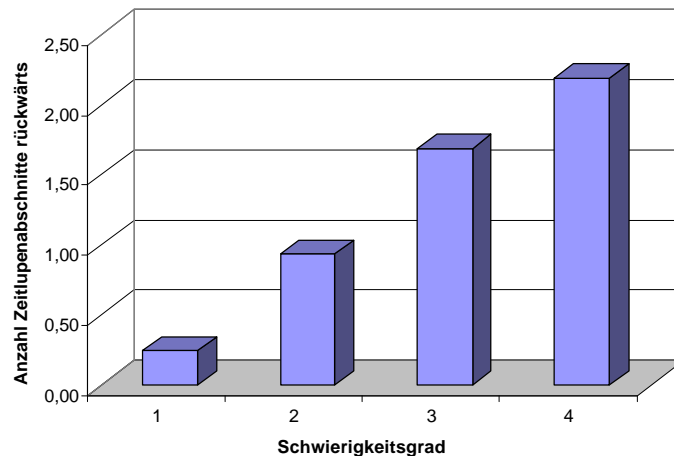


Abbildung 19: Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad lediglich auf den Mittelwertsunterschied von „leicht/sehr schwer“ zurückzuführen ist (vgl. Abb. 19). *Die Hypothese H5e2 kann beibehalten werden.*

Allerdings erfolgte eine nennenswerte Nutzung der Teilfunktion „retardierte Reversion“ der temporalen Mikrointeraktivität (vgl. 4.3.4) offenbar nur bei der Schwierigkeitsstufe „sehr schwer“ (vgl. Tab. 13). Durchschnittlich wurde die Möglichkeit zur retardierten Reversion von den VPN nur 1,3 mal pro Lernvorgang genutzt (Tab. 13), was als sehr geringe Nutzung im Vergleich mit den anderen Teilfunktionen der temporalen Mikrointeraktivität angesehen werden muß.

Anzahl Zeitrafferabschnitte rückwärts: Die Hypothese H5e3 erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts zunimmt. Als Zeitrafferabschnitte rückwärts wurden alle Abschnitte angesehen, während derer eine Videosequenz mit beschleunigter Abspielgeschwindigkeit rückwärts betrachtet wurde (akzelerierte Reversion, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 14: Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitrafferabschnitte rückwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Mittelwert
interaktiv (n = 16)	6.94 (6.60)	9.56 (7.76)	11.44 (5.27)	13.19 (6.05)	10.28 (6.69)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 14). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,45]=6.67$; $p=.001$; $\epsilon=.67$.

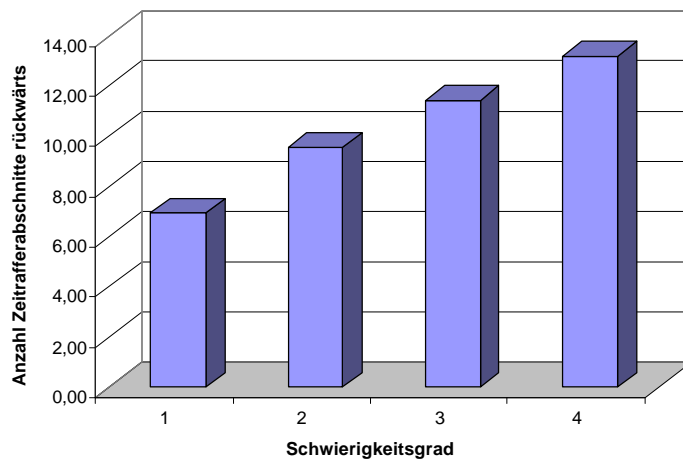


Abbildung 20: Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/schwer“ und „leicht/sehr schwer“ zurückzuführen ist (Abb. 20). *Die Hypothese H5e3 kann beibehalten werden.*

Die Teilfunktion „akzelerierte Reversion“ der temporalen Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4), hier erfasst über die abhängige Variable „Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts“, wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt 10,3 mal genutzt, wobei eine deutliche und eher stetige Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zu beobachten war (vgl. Tab. 14).

6.5 Diskussion

Die erste empirische Studie beschäftigte sich mit dem Einfluß der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über Video im Vergleich zur Nutzung von linearer Videodarbietung.

Sie verfolgte dabei zwei unterschiedliche Zielsetzungen: [1] Der Frage nachzugehen, ob die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität beim Beobachtungslernen mit interaktivem Video zu besseren Lernergebnissen führt als rein lineare Videodarbietung, und [2] eine detaillierte Analyse des Nutzerverhaltens bei der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität durchzuführen und damit auch der Frage nachzugehen, ob temporale Mikrointeraktivität zur Steuerung des Informationsflusses eingesetzt wird.

Es gelang mit dem durchgeführten Experiment, umfangreiches Datenmaterial zu beiden genannten Aspekten zu sammeln. Im Zuge der statistischen Auswertung und der Überprüfung der gestellten Hypothesen (vgl. Abschnitt 6.2) konnten damit zu vielen Teilaspekten der aufgeworfenen Fragestellung (vgl. Abschnitt 6.1) auch entsprechende Antworten gefunden werden. Es zeigte sich, daß die mit den Hypothesen getroffenen Annahmen generell bestätigt wurden, wobei einzelne Effekte auch weniger erwartungsgemäß ausfielen.

Höherer Lernerfolg und höhere Lerneffizienz durch temporale Mikrointeraktivität?

Dieser Fragestellung wurde im wesentlichen durch Vergleich der Ergebnisse der interaktiven Stichprobe mit denen der linearen Stichprobe nachgegangen. Das verwendete Untersuchungsdesign (vgl. Abschnitt 6.3.4) war mit seinem zweistufigen Between-Subject Faktor der Interaktivität, mit den Faktorstufen [1] interaktiv und [2] linear, speziell auf diese Fragestellung zugeschnitten. Der Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens als mehrstufiger Within-Subject Faktor wurde dabei nicht berücksichtigt und die Resultate aller Stufen jeweils zusammengefasst betrachtet.

Als Indikator des Lernerfolgs wurde hier die erreichte Lösungsgüte (AV „Erfolg“), als Indikatoren der Lerneffizienz die Anzahl der benötigten Lösungsversuche sowie die benötigte Lernzeit angesehen. Dabei wurde erwartet, daß die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität sowohl einen höheren Lernerfolg als auch eine erhöhte Lerneffizienz im Vergleich mit den Nutzern linearer Videodarbietung erreichen.

- *Erreichte Lösungsgüte:* Es konnte gezeigt werden, daß Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der durchgeführten Studie im Mittel signifikant mehr Knoten korrekt reproduzieren konnten als Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 1).
- *Benötigte Lösungsversuche:* Es ließ sich zeigen, daß Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der durchgeführten Studie im Mittel signifikant weniger Lösungsversuche bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens benötigten als die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 4).
- *Benötigte Lernzeit:* Es konnte mit der durchgeführten Studie nicht gezeigt werden, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität im Durchschnitt weniger Lernzeit benötigten als die Nutzer linearer Videodarbietung. Im Gegensatz zur Annahme war die Lernzeit bei den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität durchschnittlich ungefähr gleich lang, wie bei den Nutzern linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 5).

Temporale Mikrointeraktivität erhöhte den Lernerfolg in der durchgeführten Studie insofern, als sie die *Lösungsgüte steigerte* und die *Lerneffizienz verbesserte*, indem sie die *Zahl der Lösungsversuche senkte*. Auf die *Lerneffizienz im Sinne der benötigten Lernzeit* hatte Mikrointeraktivität *keinen nachweisbaren Einfluß*. Es läßt sich damit festhalten, *daß die Nutzer von Mikrointeraktivität zur Erreichung eines höheren Lernerfolgs und einer höheren Lösungsgüte keine signifikant längere Lernzeit benötigten* und damit offensichtlich *effektiver und effizienter gelernt* haben.

Ein Vergleich der benötigten Lernzeit zwischen beiden Stichproben erscheint allerdings in der durchgeführten Studie etwas problematisch, da die sehr unterschiedliche Stichprobengröße möglicherweise die Relationen verzerrt. Ein derartiger Vergleich scheint eher dann sinnvoll, wenn von zwei gleich großen Stichproben eine einheitliche Lösungsgüte erreicht wurde, was in der durchgeführten Studie nicht der Fall war.

Die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität veranlaßte in der durchgeführten Studie die Versuchspersonen also dazu, vertiefter zu lernen, wodurch sie in der Folge eine signifikant höhere Lösungsgüte erzielten. Verantwortlich dafür könnte das postulierte *Potential von interaktiven Video unter Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zur individuellen Unterstützung der Ausbildung von adäquaten Handlungsplänen* (vgl. Abschnitt 2.7) beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen sein.

Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf Lernerfolg und Lerneffizienz: Um selektiv nur den Einfluß des Schwierigkeitsgrades als mehrstufiger Within-Subject Faktor auf die verschiedenen Parameter von Lernerfolg und Lerneffizienz zu untersuchen, wurden die interaktive und die lineare Stichprobe zusammengefasst und gemeinsam betrachtet. Somit wurde auf den zweistufigen Between-Subject Faktor der Interaktivität, mit den Faktorstufen [1] interaktiv und [2] linear (vgl. Abschnitt 6.3.4), bewußt verzichtet.

Es wurde erwartet, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad generell zu einem Abnehmen des Lernerfolgs und der Lerneffizienz führt.

- *Erreichte Lösungsgüte:* Es zeigte sich, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad in der durchgeführten Studie zu einer signifikanten Abnahme der Lösungsgüte führte. Allerdings trat ein substantieller Abfall der Lösungsgüte nur zwischen den ersten drei Schwierigkeitsstufen und der Stufe „sehr schwer“ ein (vgl. Tab. 2).
- *Benötigte Lösungsversuche:* Es ließ sich mit der durchgeführten Studie nicht zeigen, daß die Anzahl der benötigten Lösungsversuche mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad systematisch zunahm (vgl. Tab. 4).
- *Benötigte Lernzeit:* Es konnte gezeigt werden, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad zu einer signifikanten Zunahme der Lernzeit führte. Allerdings zeigte sich ein substantieller Anstieg der Lernzeit nur zwischen den ersten zwei Schwierigkeitsstufen und der Stufe „schwer“ (vgl. Tab. 5).

Ein Ansteigen des Schwierigkeitsgrades senkte den Lernerfolg in der durchgeführten Studie insofern, als es die *Lösungsgüte verringerte* und die *Lerneffizienz minderte*, indem es die *benötigte Lernzeit verlängerte*. Beide Effekte traten allerdings *substantiell nur bei der jeweils höchsten untersuchten Schwierigkeitsstufe* auf (vgl. Tab. 2 und 5).

Ein Ansteigen des Schwierigkeitsgrades hatte keinen nachweisbaren Einfluß auf die Lerneffizienz im Sinne der Anzahl der benötigten Lösungsversuche, die dadurch nicht systematisch beeinflußt wurde.

Das Ergebnis erscheint plausibel, da es zumindest im Hinblick auf die Lösungsgüte und die Lernzeit den Erwartungen entspricht. Die nicht eingetretene Zunahme der benötigten Lösungsversuche erklärt sich dadurch, daß den VPN die Reproduktion entweder nach ein bis zwei Lösungsversuchen gelang, oder sie dann trotz weiterer Lösungsversuche erfolglos blieben, unabhängig vom Schwierigkeitsgrad.

Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad hinsichtlich Lernerfolg und Lerneffizienz: Das verwendete Untersuchungsdesign (vgl. Abschnitt 6.3.4) erlaubte durch seinen zweifaktoriellen Experimentalplan mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor der Interaktivität und dem mehrstufigen Within-Subject Faktor des Schwierigkeitsgrades auch Aussagen zu dieser Fragestellung.

Es wurde erwartet, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad für die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität zu einer geringeren Abnahme des Lernerfolgs und der Lerneffizienz führt als für die Nutzer linearer Videodarbietung.

- *Erreichte Lösungsgüte:* Es ließ sich mit dem durchgeführten Experiment nicht belegen, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad für die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität zu einer signifikant geringeren Abnahme der Lösungsgüte führte als für die Nutzer von linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 3).
- *Benötigte Lösungsversuche:* Es ließ sich nicht belegen, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad für die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität zu einer signifikant geringeren Zunahme der Anzahl der Lösungsversuche führte als für die Nutzer von linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 4).
- *Benötigte Lernzeit:* Es konnte nicht gezeigt werden, daß ein steigender Schwierigkeitsgrad für Nutzer temporaler Mikrointeraktivität zu einer geringeren Zunahme der Lernzeit führte als für Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 5).

Eine Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad auf Lernerfolg und Lerneffizienz konnte mit dem durchgeführten Experiment nicht belegt werden.

Dabei deuten zumindest die von den VPN erreichten Werte für die Lösungsgüte (AV „Erfolg“, vgl. Tab. 3) auf eine Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad hinsichtlich der Lösungsgüte hin, die varianzanalytische Auswertung erbrachte aber keine statistische Signifikanz der Interaktion.

Die Erklärung hierfür liegt möglicherweise in einem Deckeneffekt hinsichtlich der Lösungsgüte in der interaktiven Bedingung, in der alle Versuchspersonen nahezu alle Knoten erfolgreich lösen konnten (vgl. Tab. 3). Als Ursache für diesen Deckeneffekt muß wohl ein zu geringer Schwierigkeitsumfang des vierstufigen Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad im durchgeführten Experiment angesehen werden.

Temporale Mikrointeraktivität war also generell förderlich für Lernerfolg und Lerneffizienz. Es zeigte sich kein unterschiedlicher Einfluß eines steigenden Schwierigkeitsgrades auf Nutzer temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung.

Verhalten bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität: Die detaillierte, quantitative Analyse des Nutzerverhaltens erfolgte durch umfangreiche Auswertung der Verhaltensprotokolle (Log-Dateien) der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 6.3.5). Zusätzlich wurde der Einfluß eines ansteigenden Schwierigkeitsgrades auf das Nutzerverhalten untersucht. Das bei dieser Studie verwendete Untersuchungsdesign (vgl. Abschnitt 6.3.4) mit seinem zweifaktoriellen Experimentalplan wurde zur Analyse des Nutzerverhaltens der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität durch Weglassen der linearen Bedingung auf einen einfaktoriellen Experimentalplan reduziert.

Pauschale Nutzung temporaler Mikrointeraktivität: Als pauschales Maß für die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität wurde die Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller Filmbilder einer Videosequenz angesehen. Eine hohe Variabilität steht dabei für eine intensive Nutzung mikrointeraktiver Funktionen (einzelne Bilder wurden weit häufiger betrachtet als andere), eine geringe für eine eher lineare Betrachtungsweise beim Lernvorgang (alle Filmbilder wurden eher gleich häufig betrachtet).

- Es konnte gezeigt werden, daß im Durchschnitt aller erfolgten Lernvorgänge eine Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer von 3,7 Sekunden vorliegt (vgl. Tab. 6). Dies kann bei einer durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer von 5,5 Sekunden als vergleichsweise hoher Wert gelten.

Temporale Mikrointeraktivität (pauschal gesehen) wurde also im durchgeführten Experiment von den meisten VPN in der interaktiven Bedingung relativ intensiv genutzt.

Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität: Die Nutzung der einzelnen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität wurde anhand ihrer verschiedenen Auswirkungen auf den Ablauf der Videosequenzen bei deren Betrachtung untersucht: Eine VPN, die die Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität intensiv nutzt, erzeugt dabei eine größere Anzahl von Stops, Zeitlupenabschnitten, Zeitrafferabschnitten, Richtungs-umkehrungen und Rückwärtsabschnitten, während dagegen eine VPN, die eher linear betrachtet, nur eine geringe Anzahl davon oder gar keine erzeugt (vgl. Abschnitt 4.3.4).

- *Suspension:* Die Anzahl der Stops (von mindestens einer Sekunde Dauer) als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „Suspension“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr 18 (vgl. Tab. 7). Die Durchschnittsdauer der Stops lag dabei bei knapp 3 Sekunden (vgl. Tab. 8).
- *Retardation:* Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „Retardation“ lag im Durchschnitt bei 7,7 (vgl. Tab. 9).
- *Akzeleration:* Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „Akzeleration“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei 6,1 (vgl. Tab. 10).
- *Richtungsumkehr:* Die Anzahl der Richtungs-umkehrungen lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr 22 (vgl. Tab. 11).
- *Lineare Reversion:* Die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „lineare Reversion“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr 0,5 (vgl. Tab. 12), womit von einer unbedeutenden Nutzung gesprochen werden muß.

- *Retardierte Reversion*: Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „retardierte Reversion“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr 1,3 (vgl. Tab. 13), womit von einer sehr geringen Nutzung gesprochen werden muß.
- *Akzelerierte Reversion*: Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „akzelerierte Reversion“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr 10 (vgl. Tab. 14).
- Auffällig ist bei der Nutzung der Teilfunktionen der „Reversion“, daß von den Versuchspersonen ganz erheblich weniger Normaltempoabschnitte und Zeitlupenabschnitte erzeugt wurden als Zeitrafferabschnitte, die weit überwogen.

Die temporale Mikrointeraktivität wurde im Durchschnitt aller Lernvorgänge und Versuchspersonen vergleichsweise intensiv genutzt. Eine Ausnahme bildeten dabei die Teilfunktionen der linearen und der retardierten Reversion, die nur unerheblich oder sehr geringfügig genutzt wurden.

Bei der Reversion überwog die akzelerierte Reversion die anderen Formen der Reversion so stark, daß man davon ausgehen muß, daß die gebotene Möglichkeit der Reversion im Rahmen temporaler Mikrointeraktivität entgegen den Erwartungen wohl nicht hauptsächlich zur detaillierten Analyse einzelner Abschnitte des Modellverhaltens, sondern eher zum gezielten Rücksprung ohne bewußte Betrachtung der dabei vorbeirauschenden Bilder genutzt wurde.

Pauschale Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad: Als Hinweis auf eine veränderte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität bei steigendem Schwierigkeitsgrad wurde als pauschales Maß eine Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer der Filmbilder mit steigendem Schwierigkeitsgrad erwartet.

- Es konnte gezeigt werden, daß die Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zunahm (vgl. Tab. 6). Dabei war bei der niedrigsten Schwierigkeitsstufe nur eine geringe Variabilität zu beobachten, die beim Übergang auf die nächste Schwierigkeitsstufe sehr deutlich zunahm, um dann aber trotz weiter steigender Schwierigkeit ungefähr auf diesem Niveau zu verharren (vgl. Abb. 15).

Ein Ansteigen des Schwierigkeitsgrades veranlaßte die VPN in der durchgeführten Studie offenbar dazu, manche Teile der Videosequenzen deutlich häufiger oder länger zu betrachten als andere. Dies war aber nur möglich durch die Nutzung der Funktionen temporaler Mikrointeraktivität.

Temporale Mikrointeraktivität, pauschal gesehen, wurde im hier durchgeführten Experiment also mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad verstärkt genutzt.

Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad: Generell wurde erwartet, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad zu einer intensiveren Nutzung aller Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität und damit zu einer Zunahme der Zahl von Stops, Zeitlupenabschnitten, Zeitrafferabschnitten, Richtungsumkehrungen, und Rückwärtsabschnitten führt.

- *Suspension*: Es konnte gezeigt werden, daß die Anzahl der Stops (von mindestens einer Sekunde Dauer) mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zunahm. Hierbei ist ein substantieller Anstieg aber nur zwischen der Schwierigkeitsstufe „leicht“ und den übrigen drei Schwierigkeitsstufen zu beobachten (vgl. Tab. 7). Hingegen konnte für die Durchschnittsdauer der Stops keine Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad gefunden werden (vgl. Tab. 8), die Durchschnittsdauer blieb bei allen Schwierigkeitsstufen nahezu gleich lang.
- *Retardation*: Es konnte gezeigt werden, daß die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zunahm. Dabei ist eine substantielle Zunahme nur zwischen der Schwierigkeitsstufe „leicht“ und den übrigen drei Schwierigkeitsstufen zu bemerken (vgl. Tab. 9).
- *Akzeleration*: Eine Zunahme der Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad konnte nicht nachgewiesen werden. Die Anzahl blieb stets auf ungefähr gleichem Niveau (vgl. Tab. 10).
- *Richtungsumkehr*: Es zeigte sich, daß die Anzahl der Richtungsumkehrungen mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad stetig zunahm (vgl. Tab. 11 und Abb. 18).
- *Lineare Reversion*: Für die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts (lineare Reversion) lag zwar eine gewisse Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad vor, die Nutzung war aber insgesamt so gering, daß dem nur eine unerhebliche Bedeutung zukommt (vgl. Tab. 12).
- *Retardierte Reversion*: Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts (retardierte Reversion) nahm mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zu (vgl. Tab. 13). Eine nennenswerte Nutzung erfolgte aber nur bei der höchsten Schwierigkeitsstufe.
- *Akzelierte Reversion*: Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts (akzelierte Reversion) nahm mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad relativ stetig zu (vgl. Tab. 14 und Abb. 20).

Die Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität wurden also mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend intensiver genutzt. Ausnahmen bildeten hier nur die Akzeleration und die Durchschnittsdauer der Stops bei der Suspension.

Die beobachtete verstärkte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad könnte nach Meinung des Autors ein Indiz dafür sein, daß temporale Mikrointeraktivität von den VPN zur Anpassung einer zunehmenden Informationsdichte an ihr Aufnahmevermögen und/oder gleichzeitig zur Unterstützung ihrer kognitiven Elaboration der aufzunehmenden Informationen beim Beobachtungslernen eingesetzt wurde.

Verschiedene Verhaltensmuster bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität:

Bei der Analyse des Nutzerverhaltens wurden vier untereinander gut abgrenzbare Verhaltensmuster beobachtet:

1. Geringe Nutzung temporaler Mikrointeraktivität: Gar nicht oder durchschnittlich eher unwesentlich wurde temporale Mikrointeraktivität genutzt [1] zur linearen Reversion (vgl. Tab. 12) und [2] zur retardierten Reversion (vgl. Tab. 13).

2. Gleichbleibende Nutzung unabhängig vom Schwierigkeitsgrad: Durchschnittlich weitgehend gleichbleibend auch bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad wurde temporale Mikrointeraktivität genutzt [1] zur Akzeleration (vgl. Tab. 10) und [2] im Rahmen der Suspension zur individuellen Gestaltung der Dauer der Stops (vgl. Tab. 8), die durchschnittlich eher gleichbleibend war.
3. Sehr deutlich zunehmende Nutzung beim Übergang von der leichten zur mittleren Schwierigkeitsstufe: Eine, bei der ersten Schwierigkeitsstufe zunächst geringe, und beim Übergang auf die mittlere Stufe plötzlich stark zunehmende Nutzung mit anschließendem Verharren ungefähr auf diesem Niveau, trotz weiter steigendem Schwierigkeitsgrad, ließ sich beobachten [1] pauschal für die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität über die Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer (vgl. Tab. 6), [2] für die Anzahl der Stops bei der Suspension (vgl. Tab. 7) und [3] besonders auffällig für die Anzahl der Zeitlupenabschnitte bei der Retardation (vgl. Tab. 9).
4. Eher stetig zunehmende Nutzung mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad: Eine mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad weitgehend stetig zunehmende Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zeigte sich [1] für die Anzahl der Richtungsumkehrungen (vgl. Tab. 11) und [2] für die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts bei der akzelerierten Reversion (vgl. Tab. 14).

Durch die unter Punkt 3 beschriebene, sehr ungleichmäßige Zunahme der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad erscheint zunächst die Einstufung der verwendeten Seemannsknoten hinsichtlich ihres Schwierigkeitsgrades durch das Expertenrating (vgl. Abschnitte 6.3.2.1 und 6.3.3) in Frage gestellt zu sein. Bei diesem Expertenrating wurde nur eine vierstufige Skala verwendet, wobei kein zusätzlicher Aufwand betrieben wurde, um sicherzustellen, daß die Abstände zwischen den Stufen wirklich äquidistant sind. Um ein exakteres Expertenrating zu erhalten, wäre ein weit höherer Aufwand nötig gewesen. Aber selbst dann könnte eine Äquidistanz der Stufung möglicherweise nicht garantiert werden, da „Schwierigkeit“ immer ein eher subjektives Maß bleiben wird.

Da jedoch die beschriebene ungleichmäßige Zunahme nicht bei allen Teilfunktionen von temporaler Mikrointeraktivität auftrat, und nur für bestimmte abhängige Variablen, ist eher davon auszugehen, daß es sich bei der ungleichmäßigen Zunahme um Effekte der jeweiligen abhängigen Variablen handelt. Die beobachtete ungleichmäßige Zunahme wäre also möglicherweise auch bei einem wesentlich exakteren Expertenrating mit äquidistanten Schwierigkeitsstufen aufgetreten.

Somit erscheint es als Erklärung des beobachteten Phänomens eher plausibel, daß gewisse *Änderungen im Nutzerverhalten erst bei Überschreiten eines bestimmten Komplexitätsgrades* einsetzen. Vor Erreichen dieses Grades an Komplexität des dargestellten Modellverhaltens kommen die Lernenden möglicherweise mit einer bestimmten Form der kognitiven Verarbeitung des Gesehenen und/oder einer (eventuell daraus resultierenden) gewissen Art der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität noch gut zurecht. Bei Überschreiten der Komplexitätsschwelle sind sie offenbar mehrheitlich gezwungen, ihr Nutzerverhalten umzustellen, wodurch die beobachtete ungleichmäßige Zunahme entsteht.

Um diesen Aspekt näher zu beleuchten, wurde das Abschneiden der VPN nur der interaktiven Stichprobe in puncto Lernerfolg und Lerneffizienz getrennt betrachtet, ohne die entsprechenden Resultate der linearen Stichprobe mit einzubeziehen (vgl. Tab. 15). Die Überlegung war dabei, daß die beschriebene ungleichmäßige Zunahme bei der Nutzung einiger Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität sich auch bei Lernerfolg oder Lerneffizienz ähnlich zeigen könnte. Dabei wurde auch das Abschneiden bei der höchsten Schwierigkeitsstufe mit berücksichtigt, das bei den Auswertungen zum Vergleich der beiden Stichproben mehrfach aus methodischen Gründen ausgeschlossen worden war (vgl. Tab. 4 und 5).

Tabelle 15: Lernerfolg und Lerneffizienz in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad für alle Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität

Nutzer von Mikrointeraktivität	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Gesamt
Erfolgsquote	16	16	16	13	15.25 (1.30)
Lösungsversuche	1.25 (0.56)	1.56 (0.79)	1.00 (0.00)	2.38 (2.26)	1.55 (1.33)
Lernzeit	131.71 (72.61)	139.66 (68.56)	171.96 (69.79)	203.52 (74.45)	161.71 (76.85)

Vom Trend her zeigt sich hierbei, daß ein deutlicher Effekt des ansteigenden Schwierigkeitsgrades auf Erfolgsquote, Lösungsversuche und Lernzeit nur jeweils für die höchste Schwierigkeitsstufe gegeben ist, während bei den anderen drei Stufen eher Resultate auf gleichbleibendem Niveau zu beobachten waren (vgl. Tabelle 15).

Damit liegt für Lernerfolg und Lerneffizienz der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad ein Muster vor, das sich auffällig von den beschriebenen Verhaltensmustern bei der Nutzung der Mikrointeraktivität unterscheidet.

Ein direkter Zusammenhang von Nutzerverhalten bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität auf der einen Seite und Lernerfolg oder Lerneffizienz auf der anderen Seite scheint somit nicht zu bestehen.

Fazit der Diskussion:

- Das Angebot zur Nutzung temporaler Mikrointeraktivität wurde von den VPN der interaktiven Stichprobe im durchgeführten Experiment angenommen.
- Die verschiedenen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität wurden von den VPN dabei intensiv genutzt, mit Ausnahme der linearen und retardierten Reversion, die nur unerheblich oder in sehr geringem Umfang genutzt wurden.
- Die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität führte im Durchschnitt zu besseren Lernergebnissen wie die Nutzung von linearer Videodarbietung.
- Ein direkter Vergleich der Lerneffizienz über die Lernzeit erscheint aufgrund der sehr unterschiedlichen Stichprobengröße aber als eher problematisch.

- Ein ansteigender Schwierigkeitsgrad führte zu einem Absinken des Lernerfolgs hinsichtlich der Lösungsgüte und zu einer Verschlechterung der Lerneffizienz hinsichtlich der Lernzeit, nicht aber hinsichtlich der Anzahl der Lösungsversuche.
- Eine Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad hinsichtlich des erzielten Lernerfolgs oder der erreichten Lerneffizienz konnte mit dem durchgeführten Experiment nicht nachgewiesen werden.
- Die detaillierte Analyse der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität anhand ihrer Auswirkungen auf den Ablauf der Videosequenzen bei deren Betrachtung zeigte deutlich, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend in den Ablauf der Videosequenzen eingegriffen haben.
- Dabei ließen sich mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad vier deutlich abgrenzbare Verhaltensmuster bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität und ihrer unterschiedlichen Teilfunktionen beobachten.
- Die mehrfach beobachtete ungleichmäßige Zunahme der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad läßt die Vermutung zu, daß der Anstieg des Schwierigkeitsgrades nicht linear auf die vier Stufen des Faktors Schwierigkeitsgrad verteilt war. Plausibler erscheint aber die Erklärung, daß bestimmte Verhaltensänderungen bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität erst bei Überschreiten eines gewissen Grades an Komplexität des zu erlernenden Modellverhaltens einsetzen, wodurch sich die beobachtete, ungleichmäßige Zunahme der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität erklären dürfte.
- Ein direkter Zusammenhang zwischen den beobachteten vier Verhaltensmustern bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität und dem erreichten Lernerfolg und/oder der erreichten Lerneffizienz scheint nicht vorzuliegen.

Diente temporale Mikrointeraktivität zur Steuerung des Informationsflusses?

Ziel des durchgeführten Experimentes war unter anderem, Antworten auf diese Fragestellung zu finden. Speziell die beschriebene, gesicherte Beobachtung, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend in den (an sich linearen) Ablauf der Videosequenzen eingegriffen haben, legt die Schlussfolgerung nahe, daß temporale Mikrointeraktivität im durchgeführten Experiment in der Tat zur Steuerung eines zunehmenden Informationsflusses eingesetzt wurde.

Der Autor dieser Arbeit geht aufgrund der beobachteten Effekte davon aus, daß im durchgeführten Experiment die temporale Mikrointeraktivität durch die Versuchspersonen zur individuellen Steuerung des Informationsflusses beim Beobachtungslernen genutzt wurde. Durch dieses spezielle Potential von neuem interaktivem Video wurden die Nutzer von Mikrointeraktivität nach Meinung des Autors besser beim Aufbau adäquater Handlungspläne unterstützt als die Nutzer von rein linearer Videodarbietung. Diese Tatsache war nach Meinung des Autors ursächlich für das durchschnittlich erfolgreichere Abschneiden der Nutzer von Mikrointeraktivität bei der Reproduktion des erlernten Modellverhaltens im Vergleich zu den Nutzern linearer Videodarbietung. Ein verringernder Einfluß temporaler Mikrointeraktivität auf die benötigte Lernzeit konnte nicht nachgewiesen werden. Allerdings verlängerte die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität die Lernzeit auch nicht.

7 Studie II: Temporale Mikrointeraktivität und Übung

Mit der ersten empirischen Studie im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit gelang der Nachweis einer lernfördernden Wirkung der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video (vgl. Abschnitte 6.4 und 6.5). Auf begleitende Übung wurde dabei im ersten Experiment zur Eingrenzung von Variablen bewußt verzichtet (vgl. Abschnitt 6.3.4).

Die zweite Studie zielte nun darauf ab zu untersuchen, inwieweit die mit der ersten Studie gefundene lernfördernde Wirkung temporaler Mikrointeraktivität auch nach Zulassen begleitender Übung beim Beobachtungslernen nachweisbar bleibt, und welche weiteren Effekte dadurch eintreten. Dabei wurde nach Anderson (1979, 1982) davon ausgegangen, daß begleitendes Üben ebenfalls eine unterstützende Wirkung für den Aufbau eines adäquaten Handlungsplanes beim Beobachtungslernen haben kann.

Außer der eingeräumten Möglichkeit zum begleitenden Üben gab es bei der zweiten Studie noch einen wichtigen Unterschied zur ersten Studie: Da die in der zweiten Studie eingeräumte begleitende Übemöglichkeit de facto als Lernhilfe und damit als deutliche Erleichterung gegenüber der ersten Studie angesehen wurde, bestanden Zweifel, ob dadurch bei der beabsichtigten Verwendung derselben Knoten die Lernaufgabe nicht insgesamt zu leicht würde, wodurch ungünstigenfalls Deckeneffekte eintreten könnten.

Daher wurde das Untersuchungsdesign gegenüber der ersten Studie so modifiziert, daß eine erfolgreiche Reproduktion der erlernten Knoten für die Probanden jeweils zwingend vorgegeben war (vgl. Abschnitt 7.2.5). Dies bedeutete, daß die jeweiligen Knoten so lange gelernt und geübt werden sollten, bis die VPN sich sicher waren, daß sie diese erfolgreich reproduzieren konnten. VPN, die dennoch erfolglos waren, wurden ganz vom Experiment ausgeschlossen. Die abhängige Variable „Erfolg“ entfiel somit.

Durch diese Maßnahme war in der zweiten Studie eine identische Stichprobengröße bei einheitlicher Lösungsgüte für beide Stichproben gegeben, was im Unterschied zur ersten Studie einen besseren Vergleich der Lerneffizienz zwischen den beiden Stichproben zuließ. Somit wurde davon ausgegangen, daß sich mit der zweiten Studie die bereits bei der ersten Studie erwartete fördernde Wirkung von temporaler Mikrointeraktivität auf die Lerneffizienz besser nachweisen lassen würde, was mir der ersten Studie nur bedingt gelang (vgl. Abschnitt 6.4.1).

Eine interessante Frage war nun, ob sich die postulierte lernfördernde Wirkung begleitender Übung und die mit der ersten Studie bereits gefundene lernfördernde Wirkung von Mikrointeraktivität gegenseitig aufheben würden. Dies könnte beispielsweise dazu führen, daß die Nutzer von linearer Videodarbietung ihr „Handicap“ durch vermehrte Übung wettmachen könnten (kompensatorischer Effekt), womit sich die Unterschiede in der Lerneffizienz zwischen den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität und den Nutzern von linearer Videodarbietung tendenziell angleichen würden.

Andererseits könnte Mikrointeraktivität aber auch als eine Art von Übe-Aquivalent fungieren, so daß Nutzer von Mikrointeraktivität möglicherweise seltener von der angebotenen Übemöglichkeit Gebrauch machen müßten als die Nutzer linearer Videodarbietung. Damit könnte die gesamte Lernzeit, als Summe von Lern- und Übezyklen,

für die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität kürzer sein, als für die Nutzer linearer Videodarbietung, sodass die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität, über den gesamten Lernvorgang gesehen, eine erhöhte Lerneffizienz im Vergleich zu den Nutzern linearer Videodarbietung erreichen würden. Das durchgeführte Experiment sollte in diesem Zusammenhang Aufklärung bringen.

7.1 Fragestellung

Bereits in Kapitel 5 wurden in Zusammenfassung des vorgestellten Forschungsstandes drei generelle Hypothesen formuliert. Nachdem die ersten beiden dieser Hypothesen mit dem ersten Experiment überprüft wurden, bezieht sich die Fragestellung der zweiten Studie nun auf die dritte dieser Hypothesen. Sie soll an dieser Stelle noch einmal zitiert werden und es sollen konkrete Forschungsfragen aus ihr abgeleitet werden:

These 3: Temporale Mikrointeraktivität fungiert als Übe-Äquivalent beim Aufbau eines Handlungsplanes

“Die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität unterstützt den Aufbau eines mentalen Handlungsplanes beim Beobachtungslernens mit interaktivem Video in ähnlicher Form wie begleitendes Üben des zu erlernenden Modellverhaltens parallel zum Lernvorgang. Dies ist daran zu erkennen, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität deutlich seltener und kürzer von der Möglichkeit zum begleitenden Üben Gebrauch machen als die Nutzer von linearer Videodarbietung. Die parallele Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität und begleitendem Üben führt darüber hinaus zu einer Steigerung der Lerneffizienz beim Beobachtungslernen. Dies zeigt sich konkret durch verkürzte Beobachtungs- und Übezeiten im Vergleich mit der Nutzung von linearer Videodarbietung und begleitendem Üben.“

Wenn dies zutrifft, dann sollten sich Nachweise für eine unterschiedlich intensive Nutzung der angebotenen Übemöglichkeit durch die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität bzw. von linearer Videodarbietung, sowie Unterschiede bei der Lerneffizienz finden lassen. Auch ein möglicherweise verändertes Nutzerverhalten bei der Nutzung von Mikrointeraktivität scheint denkbar. Damit ergeben sich auch aus dieser dritten generellen Hypothese verschiedene grundsätzliche Forschungsfragen:

1. Gibt es Unterschiede zwischen Nutzern temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung beim Gebrauch der Übemöglichkeit? Welchen Einfluß hat ein ansteigender Schwierigkeitsgrad auf diesen Gebrauch?
2. Gibt es Unterschiede bei der Lerneffizienz zwischen den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität und den Nutzern von linearer Videodarbietung auch bei eingeräumter Übemöglichkeit? Wenn ja, welchen Einfluß hat ein ansteigender Schwierigkeitsgrad darauf?
3. Ist mit eingeräumter Übemöglichkeit ein verändertes Nutzerverhalten bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität im Vergleich zum Nutzerverhalten ohne diese eingeräumte Übemöglichkeit (also im ersten Experiment) zu beobachten?

7.2 Forschungshypothesen

Aufbauend auf den unter Abschnitt 7.1 formulierten generellen Forschungsfragen werden an dieser Stelle vier einzelne Forschungshypothesen und vier Gruppen von Forschungshypothesen zur Untersuchung der Fragestellung vorgestellt.

7.2.1 Einfluß des Interaktivitätsgrades auf die Nutzung der Übemöglichkeit

Die erste Forschungshypothese zur zweiten Studie (H6) befaßt sich mit der Erwartung eines weniger intensiven Gebrauchs der angebotenen Übemöglichkeit durch die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität im Vergleich mit den Nutzern linearer Videodarbietung beim Erlernen von Bewegungs- oder Handlungsabläufen mit interaktivem Video.

H6: **Anzahl von Übeintervallen:** Es wird erwartet, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, weniger Übeintervalle zur korrekten Reproduktion des erlernten Modellverhaltens benötigen als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

$$\mathit{Übeintervalle}_{\text{interaktiv}} < \mathit{Übeintervalle}_{\text{linear}}$$

7.2.2 Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf die Nutzung der Übemöglichkeit

Die zweite Forschungshypothese zur zweiten Studie (H7) befaßt sich mit den Auswirkungen eines zunehmenden Schwierigkeitsgrades des dargebotenen Modellverhaltens auf den Gebrauch der angebotenen Übemöglichkeit durch die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung beim Erlernen von Bewegungs- oder Handlungsabläufen mit interaktivem Video.

Generell wird dabei erwartet, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad ein verstärkter Gebrauch der angebotenen Übemöglichkeit erfolgt, was sich in einer erhöhten Anzahl von Übeintervallen zeigen würde.

H7: **Anzahl von Übeintervallen:** Es wird erwartet, daß die Anzahl von Übeintervallen für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens zunimmt.

$$\mathit{Übeintervalle}_{\text{leicht}} < \mathit{Übeintervalle}_{\text{schwer}}$$

7.2.3 Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad

Die dritte Forschungshypothese zur zweiten Studie (H8) befaßt sich mit einer möglichen gegenseitigen Wechselwirkung von zunehmendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens und der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität bzw. linearer Videodarbietung auf den Gebrauch der angebotenen Übemöglichkeit beim Erlernen von Bewegungs- oder Handlungsabläufen mit interaktivem Video.

Generell wird erwartet, daß der Gebrauch der angebotenen Übemöglichkeit bei den Nutzern von linearer Videodarbietung mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad stärker ansteigt als bei den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität.

H8: **Anzahl von Übeintervallen (AÜ):** Es wird erwartet, daß die Anzahl von Übeintervallen mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

$$A\ddot{U}_{linear, leicht} - A\ddot{U}_{interaktiv, leicht} < A\ddot{U}_{linear, schwer} < A\ddot{U}_{interaktiv, schwer}$$

7.2.4 Einfluß des Interaktivitätsgrades auf die Lerneffizienz

Die vierte Gruppe der Forschungshypothesen zur zweiten Studie (H9) befaßt sich mit der Erwartung einer unterschiedlichen Lerneffizienz bei den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität im Vergleich mit den Nutzern linearer Videodarbietung, wenn zusätzlich eine Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Als Maß für Lerneffizienz wurden in der zweiten Studie die Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle (Lernzeit *ohne* Übeintervalle), die Gesamtdauer der Übeintervalle und die benötigte gesamte Lernzeit (Beobachtungsintervalle *und* Übeintervalle) angesehen. Auf die Erhebung der AV „Anzahl der Versuche“ (vgl. Abschnitt 6.3.4) wurde in der zweiten Studie wegen möglicher Konfundierung mit der AV „Anzahl der Übeintervalle“ verzichtet (vgl. Abschnitt 7.2.7).

H9a: **Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle:** Es wird erwartet, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens insgesamt kürzere Zeit für Beobachtungsintervalle benötigen als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

$$Dauer\ Beobachtungsintervalle_{interaktiv} < Dauer\ Beobachtungsintervalle_{linear}$$

H9b: **Gesamtdauer der Übeintervalle:** Es wird erwartet, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens insgesamt kürzer üben als Personen die lineare Videodarbietung nutzen.

$$Gesamtdauer\ Übeintervalle_{interaktiv} < Gesamtdauer\ Übeintervalle_{linear}$$

H9c: **Gesamte Lernzeit:** Es wird erwartet, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens insgesamt kürzer lernen und üben als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

$$Lernzeit_{interaktiv} < Lernzeit_{linear}$$

7.2.5 Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf die Lerneffizienz

Die fünfte Gruppe der Forschungshypothesen zur zweiten Studie (H10) befaßt sich mit den Auswirkungen eines zunehmenden Schwierigkeitsgrades auf die Lerneffizienz der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung, wenn zusätzlich eine Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Generell wird erwartet, daß die Lerneffizienz bei steigendem Schwierigkeitsgrad sinkt, was sich in steigender Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle, der Übeintervalle und/oder steigender gesamter Lernzeit zeigen würde.

H10a: **Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle:** Es wird erwartet, daß die Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens zunimmt.

$$Dauer\ Beobachtungsintervalle_{leicht} < Dauer\ Beobachtungsintervalle_{schwer}$$

H10b: **Gesamtdauer der Übeintervalle:** Es wird erwartet, daß die Gesamtdauer der Übeintervalle für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens zunimmt.

$$Gesamtdauer\ Übeintervalle_{leicht} < Gesamtdauer\ Übeintervalle_{schwer}$$

H10c: **Gesamte Lernzeit:** Es wird erwartet, daß die gesamte Lernzeit für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens zunimmt.

$$Lernzeit_{leicht} < Lernzeit_{schwer}$$

7.2.6 Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad

Die sechste Gruppe der Forschungshypothesen zur zweiten Studie (H11) befaßt sich mit einer möglichen gegenseitigen Wechselwirkung von ansteigendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens und der Nutzung von Mikrointeraktivität bzw. linearer Videodarbietung auf die Lerneffizienz, wenn zusätzlich eine Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Generell wird erwartet, daß auch mit eingeräumter Übemöglichkeit die Lerneffizienz bei den Nutzern von linearer Videodarbietung mit steigendem Schwierigkeitsgrad stärker absinkt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

H11a: **Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle (GDB):** Es wird erwartet, daß die Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

$$GDB_{linear, leicht} - GDB_{interaktiv, leicht} < GDB_{linear, schwer} - GDB_{interaktiv, schwer}$$

H11b: **Gesamtdauer der Übeintervalle (GÜ):** Es wird erwartet, daß die Gesamtdauer der Übeintervalle mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

$$GÜ_{linear, leicht} - GÜ_{interaktiv, leicht} < GÜ_{linear, schwer} - GÜ_{interaktiv, schwer}$$

H11c: **Gesamte Lernzeit (GLZ):** Es wird erwartet, daß die gesamte Lernzeit mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

$$GLZ_{linear, leicht} - GLZ_{interaktiv, leicht} < GLZ_{linear, schwer} - GLZ_{interaktiv, schwer}$$

7.2.7 Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer der Filmbilder mit steigendem Schwierigkeitsgrad

Die siebte Forschungshypothese zur zweiten Studie (H12) befaßt sich mit der erwarteten Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller einzelnen Filmbilder einer Videosequenz mit steigendem Schwierigkeitsgrad beim Erlernen von Bewegungs- oder Handlungsabläufen mit interaktivem Video unter Nutzung temporaler Mikrointeraktivität, wenn zusätzlich eine Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Die Hypothese H12 entspricht der Hypothese H4 der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.2.4). Sie wird in der zweiten Studie erneut geprüft, um Vergleiche des Verhaltens der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der ersten Studie mit dem Verhalten der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der zweiten Studie zu ermöglichen.

H12: **Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer:** Es wird erwartet, daß die Standardabweichung (STABW) der aggregierten Betrachtungsdauer mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunimmt (polarisierender Effekt), trotz eingeräumter Möglichkeit zu begleitendem Üben.

$$STABW \text{ Betrachtungsdauer}_{\text{leicht}} < STABW \text{ Betrachtungsdauer}_{\text{schwer}}$$

7.2.8 Verstärkte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad

Die achte Gruppe der Forschungshypothesen zur zweiten Studie (H13) befaßt sich mit der Nutzung der verschiedenen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4) bei steigendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens während des Erlernens von Bewegungs- oder Handlungsabläufen mit interaktivem Video, wenn zusätzlich eine Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Die Hypothesengruppe H13 entspricht der Hypothesengruppe H5 der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.2.5). Sie wird in der zweiten Studie erneut geprüft, um Vergleiche des Verhaltens der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der ersten Studie und in der zweiten Studie zu ermöglichen.

Generell wird erwartet, daß auch mit eingeräumter Übemöglichkeit bei steigendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens die Häufigkeit und Dauer der Nutzung der verschiedenen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität zunimmt.

H13a: **Stops:** Es wird erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad Anzahl und Durchschnittsdauer der Stops (von mehr als einer Sekunde Dauer) zunehmen.

$$\text{Anzahl Stops}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl Stops}_{\text{schwer}} \text{ (H13a1)}$$

$$\text{Durchschnittsdauer Stops}_{\text{leicht}} < \text{Durchschnittsdauer Stops}_{\text{schwer}} \text{ (H13a2)}$$

H13b: **Zeitlupenabschnitte vorwärts:** Hypothese H13b erwartet, daß mit steigendem Schwierigkeitsgrad die Zahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts (ZLAV) zunimmt.

$$\text{Anzahl ZLAV}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZLAV}_{\text{schwer}}$$

H13c: **Zeitrafferabschnitte vorwärts:** Es wird erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts (ZRAV) zunimmt.

$$\text{Anzahl ZRAV}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZRAV}_{\text{schwer}}$$

H13d: **Umkehr:** Es wird erwartet, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens die Anzahl der Richtungsumkehrungen zunimmt.

$$\text{Anzahl Richtungsumkehrungen}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl Richtungsumkehrungen}_{\text{schwer}}$$

H13e: **Rückwärts:** Es wird erwartet, daß mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts (NTAR), der Zeitlupenabschnitte rückwärts (ZLAR) und der Zeitrafferabschnitte rückwärts (ZRAR) jeweils zunimmt.

$$\text{Anzahl NTAR}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl NTAR}_{\text{schwer}} \text{ (H13e1)}$$

$$\text{Anzahl ZLAR}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZLAR}_{\text{schwer}} \text{ (H13e2)}$$

$$\text{Anzahl ZRAR}_{\text{leicht}} < \text{Anzahl ZRAR}_{\text{schwer}} \text{ (H13e3)}$$

7.3 Methodik und Vorgehensweise

Im folgenden werden Methodik und Vorgehensweise bei der Untersuchung der mit der zweiten Studie adressierten Fragestellungen und der Überprüfung der vorgestellten Forschungshypothesen detailliert dargestellt. Dabei wird erneut auf die angewandten Forschungsmethoden und auf die verwendeten Materialien ausführlich eingegangen. Weiterhin wird die Aufbereitung der gewonnenen Daten erläutert.

7.3.1 Versuchspersonen

VPN waren erneut 36 Studierende der Fachhochschule Offenburg im Alter von 20 bis 30 Jahren. Sie studieren technische Fächer (Maschinenbau, Elektrotechnik, Medientechnik, Verfahrenstechnik). Acht VPN waren weiblichen, 24 männlichen Geschlechts. Alle VPN waren Rechtshänder. Bezüglich der Herstellung von Seemannsknoten waren alle VPN ausnahmslos Novizen. Dies wurde im Vorfeld durch Befragung sichergestellt. Die VPN wurden persönlich in Vorlesungen oder Seminaren angeworben und mit DM 10.- entlohnt. Es wurde darauf geachtet, daß keine der VPN, die bereits an der ersten Studie teilgenommen hatte, auch an der zweiten Studie teilnahm.

7.3.2 Material

Das bereits in der ersten Studie verwendete interaktive Lernsystem für Multimedia-PCs (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1) wurde wieder verwendet. Zuvor wurde es durch Einfügen eines „Üben“-Buttons so modifiziert, daß ein Unterbrechen des Lernvorgangs zum Zweck der begleitenden Übung für beide Bedingungen (interaktiv und linear) jederzeit

möglich war. Während dieser Übeintervalle wurde der Bildschirminhalt im Fenster der Videosequenzen jeweils ausgeblendet und durch eine blaue Fläche ersetzt. So war gewährleistet, daß während der Übeintervalle keine Betrachtung des Modellverhaltens möglich war. Erst nach Drücken eines „Lernen“-Buttons erschien die jeweilige Videosequenz erneut mit dem Bild, das vor dem Üben zuletzt betrachtet worden war.

Die zu erlernenden Seemannsknoten aus der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.3.2.1) und deren Videosequenzen (vgl. Abschnitt 6.3.2.2) kamen bewußt wieder zum Einsatz, um eine Vergleichbarkeit der Resultate aus beiden Studien zu ermöglichen.

Die bereits in der ersten Studie verwendete Experimental-Umgebung für die Durchführung der Untersuchung (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.2) wurde beibehalten. Die automatische Protokollierungsfunktion (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.3) wurde wieder verwendet, mit dem Unterschied, daß in der für jede VPN und jeden erlernten Knoten angelegten Log-Datei zusätzlich festgehalten wurde, wie oft und wie lange jede VPN geübt hatte.

7.3.3 Vortests

Erneut wurden Vortests vor Beginn des eigentlichen Experimentes durchgeführt. Hierbei ging einerseits darum, inwieweit die vorgenommenen Modifikationen bei der Gestaltung des interaktiven Lernsystems (vgl. oben), der Untersuchungsdurchführung (vgl. Abschnitt 7.3.4) und der Instruktion (vgl. Abschnitt 13.2) für die VPN verständlich waren. Andererseits sollte festgestellt werden, ob die eingeräumte Übemöglichkeit überhaupt genutzt würde, ob sie als Erleichterung oder Erschwernis aufgefaßt würde, und ob die VPN in der Lage waren, den in der zweiten Studie gegebenen Erfolgswang (vgl. Abschnitt 7.3.4) zu erfüllen. Die Vortests erbrachten folgende Erkenntnisse:

- Die Bedienung des interaktiven Lernsystems war trotz der vorgenommenen Modifikationen leicht verständlich und eindeutig.
- Die abgeänderte Untersuchungsdurchführung und die entsprechende Instruktion waren in dieser Form praktikabel.
- Das Erlernen der Seemannsknoten durch reine Novizen mittels Beobachtungslernen anhand von kurzen Videosequenzen war bei eingeräumter Übungsmöglichkeit auch unter Erfolgswang möglich. Der weit überwiegende Teil der beteiligten VPN löste diese Aufgabe erfolgreich.
- Die eingeräumte Übemöglichkeit wurde von allen beteiligten VPN durchweg genutzt und als hilfreich erachtet.
- Die eingeräumte Übemöglichkeit stellte damit offensichtlich eine pauschale Erleichterung der gestellten Lernaufgabe dar.
- Ein langfristiges Behalten der mittels Beobachtungslernen erlernten Seemannsknoten war für reine Novizen auch bei gewährter Möglichkeit zum begleitenden Üben noch zu schwer. Entsprechende Langzeitbehaltentests brachten erneut sehr schlechte Performanz. Auf die Erhebung der Langzeitbehaltensleistung wurde demzufolge auch bei der Auslegung des zweiten Experimentes verzichtet. Es müssten wohl mehrere Lern- und Übungsphasen an mehreren Tagen mit gewissen Zwischenintervallen von einigen Tagen durchgeführt werden, um hier zu besseren Performanz-Ergebnissen zu kommen.

7.3.4 Untersuchungsdesign

Das Design der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.3.4) wurde auch bei der zweiten Studie im wesentlichen beibehalten. Es waren aber einige Modifikationen nötig, um das Ziel der zweiten Studie erreichen zu können (vgl. Abschnitt 7.3.2). Dieses Ziel bestand darin, [1] einen möglichen unterstützenden Einfluß der begleitenden Übmöglichkeit auf Lernvorgänge im Rahmen des Beobachtungslernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video unter Nutzung/Nichtnutzung temporaler Mikrointeraktivität genau zu untersuchen und quantitativ zu erfassen, [2] außerdem sollten Vergleichswerte der erreichten Lerneffizienz zwischen beiden Stichproben ermittelt werden. Zusätzlich sollten [3] auch mit der zweiten Studie Erkenntnisse über die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität im Detail gewonnen werden.

Versuchsplan

Es wurde wieder ein zweifaktorieller Experimentalplan realisiert (vgl. Abbildung 21). Dieser hatte erneut als zweistufigen Between-Subject Faktor die Interaktivität, mit den Faktorstufen [1] interaktiv und [2] linear, dargestellt durch die zwei entsprechenden Varianten des interaktiven Lernsystems. Der Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens ging als vierstufiger Within-Subject Faktor in den Experimentalplan ein, konkret umgesetzt durch vier sequentiell zu erlernenden Seemannsknoten mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad (vgl. Abschnitt 6.3.2.1). Die Reihenfolge der Knoten wurde dabei konstant gehalten (Schwierigkeitsgrad ansteigend vom leichtesten zum schwersten Knoten), also nicht systematisch variiert. Neu war, daß die VPN im Unterschied zum ersten Experiment den Betrachtungsvorgang jederzeit unterbrechen konnten, um mit Seil und Übergerät begleitend zu üben. Dafür mußten die VPN alle Knoten erfolgreich reproduzieren, sonst wurden sie vom Experiment ausgeschlossen.

		Schwierigkeitsgrad			
		leicht	mittel	schwer	sehr schwer
I n t e r a k t i v i t ä t	interaktiv	18	18	18	18
	linear	18	18	18	18

Abbildung 21: Versuchsplan für Studie II

Die realisierte Zellenbesetzung von $n = 18$ VPN wurde im Zusammenhang mit den zu erwartenden Effektstärken nach Bortz (1993) als ausreichend angesehen (vgl. Bortz, 1993, S. 236). Sie wurde damit gegenüber der ersten Studie um je 2 VPN erhöht.

Unabhängige Variablen

Analog zur ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.3.4) wurden in der zweiten Studie im Rahmen des Versuchsplanes folgende unabhängige Variablen systematisch variiert:

Der Interaktivitätsgrad als zweistufiger Between-Subject Faktor mit den Faktorstufen [1] interaktiv und [2] linear.

Der Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens als vierstufiger Within-Subject Faktor mit den Faktorstufen [1] leicht, [2] mittel, [3] schwer und [4] sehr schwer.

Abhängige Variablen

Um den drei unterschiedlichen Aspekten dieser zweiten Studie gerecht zu werden, [1] der Untersuchung des Gebrauchs der angebotenen Übemöglichkeit durch die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität im Vergleich mit den Nutzern linearer Videodarbietung, [2] dem Vergleich der erreichten Lerneffizienz der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität mit den diesbezüglichen Ergebnissen der Nutzer von linearer Videodarbietung sowie [3] der detaillierten Analyse des Nutzerverhaltens bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität, wurden zu jedem der drei Aspekte aussagekräftige abhängige Variablen definiert und entsprechende Werte erhoben:

Abhängige Variable zur Untersuchung des Gebrauchs der Übemöglichkeit: Diese Variable diente als Basis für Aussagen über den Gebrauch einer angebotenen Möglichkeit zu begleitendem Üben beim Beobachtungslernen mit interaktivem Video unter Nutzung/Nichtnutzung von temporaler Mikrointeraktivität.

Anzahl der Übeintervalle: Während der gesamten Lernphase hatten die VPN beliebig oft die Möglichkeit, den Betrachtungsvorgang zu unterbrechen, um mit Seil und Übergerät das bis dato Erlernte praktisch zu üben. Der Zeitraum vom Unterbrechen des Betrachtungsvorgangs bis zum Wiederaufnehmen der Betrachtung wurde dabei jeweils als Übeintervall gewertet und fortlaufend gezählt. Die Variable konnte somit beliebige positive ganzzahlige Werte annehmen, oder Null bleiben.

Abhängige Variablen zur Untersuchung der Lerneffizienz: Diese Variablen dienen als Basis für Aussagen über die beim Beobachtungslernen mit interaktivem Video unter Nutzung/Nichtnutzung temporaler Mikrointeraktivität erreichte Lerneffizienz, wenn zusätzlich die Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle: Die jeweilige Zeitdauer aller einzelnen Beobachtungsintervalle (Lernzeit *ohne* Übeintervalle), die während des Lernvorganges für einen bestimmten Seemannsknoten angefallen waren, wurde aufsummiert und als Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle angesehen. Sie wurde in 1/15-tel Sekunden erfasst und konnte alle Werte zwischen 0 und 1200 Sekunden (20 Minuten) annehmen, danach wurde abgebrochen.

Gesamtdauer der Übeintervalle: Die jeweilige Zeitdauer aller einzelnen Übeintervalle, die während des Lernvorganges für einen bestimmten Seemannsknoten angefallen waren, wurde aufsummiert und als Gesamtdauer der Übeintervalle angesehen. Sie wurde in 1/15-tel Sekunden erfasst und konnte alle Werte zwischen 0 und ca. 960 Sekunden (17 Minuten) annehmen.

Gesamte Lernzeit: Die gesamte Zeitdauer, die zum Erlernen eines Seemannsknotens jeweils aufgewendet wurde (Beobachtungsintervalle *und* Übeintervalle), wurde als gesamte Lernzeit angesehen. Sie wurde in 1/15-tel Sekunden erfasst und konnte Werte zwischen 0 und 1200 Sekunden (20 Minuten) annehmen, danach wurde abgebrochen.

Auf die Erhebung der AV „Anzahl der Versuche“ als Maß für die Lerneffizienz in der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.3.4) wurde in der zweiten Studie wegen möglicher Konfundierung mit der AV „Anzahl der Übeintervalle“ verzichtet (vgl. vorige Seite). Dabei wurde davon ausgegangen, daß beim begleitenden Üben bereits Lösungsversuche vorweggenommen werden, so daß die Anzahl der bei der abschließenden Reproduktion benötigten Lösungsversuche kein brauchbares Maß für die Lerneffizienz mehr darstellt.

Abhängige Variablen zur Analyse der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität:

Diese Variablen dienten als Basis für Aussagen über die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität im Detail beim Beobachtungslernen. Das Datenmaterial zu diesen Variablen wurde über die Auswertung der Log-Dateien gewonnen (vgl. Abschnitt 7.3.5). Es handelt sich hierbei um dieselben Variablen wie schon in der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.3.4). Sie wurden in der zweiten Studie erneut erhoben, um Vergleiche des Verhaltens der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der ersten Studie mit dem Verhalten der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der zweiten Studie zu ermöglichen. Zeiträume, während derer der filmische Verlauf zum Zweck des begleitenden Übens angehalten worden war, wurden bei der Erhebung der Werte für die Variablen ignoriert.

Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller einzelnen Filmbilder: Diese Variable beschreibt die maximale Abweichung der aggregierten Zeitdauer, die ein einzelnes Filmbild betrachtet wurde, vom Durchschnitt der aggregierten Zeitdauer, die alle einzelnen Filmbilder betrachtet wurden (vgl. Abschnitt 6.2.4). Sie ist damit ein geeignetes Maß für die (pauschale) Nutzung temporaler Mikrointeraktivität.

Anzahl der Stops: Alle Intervalle innerhalb der Lernzeit für je einen Knoten, während derer der filmische Ablauf eine Sekunde oder länger angehalten wurde, wurden als Stop angesehen und fortlaufend gezählt. Übeintervalle wurden dabei nicht als Stops gewertet.

Durchschnittsdauer der Stops: Die Dauer aller Stop-Intervalle (länger als eine Sekunde) wurde in Sekunden aufsummiert und durch die Anzahl der Stops dividiert.

Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz eines Seemannsknotens mit verlangsamter Abspielgeschwindigkeit betrachtet wurde, wurden als Zeitlupenabschnitte angesehen und fortlaufend gezählt.

Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz eines Seemannsknotens mit beschleunigter Abspielgeschwindigkeit betrachtet wurde, wurden als Zeitrafferabschnitte angesehen und fortlaufend gezählt.

Anzahl der Richtungsumkehrungen: Alle Stellen, an denen ein Wechsel der Abspielrichtung stattgefunden hat (von vorwärts auf rückwärts oder umgekehrt), wurden als Richtungsumkehrungen angesehen und fortlaufend gezählt. Dies war unabhängig davon, ob die Richtungswechsel direkt aufeinander folgten oder durch einen Stop getrennt waren, und mit welcher Geschwindigkeit abgespielt wurde.

Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz eines Seemannsknotens mit normaler Abspielgeschwindigkeit rückwärts betrachtet wurde, wurden als Normaltempoabschnitte rückwärts fortlaufend gezählt.

Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz eines Seemannsknotens mit verlangsamter Abspielgeschwindigkeit rückwärts betrachtet wurde, wurden als Zeitlupenabschnitte rückwärts fortlaufend gezählt.

Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts: Alle Abschnitte, während derer eine Videosequenz eines Seemannsknotens mit beschleunigter Abspielgeschwindigkeit rückwärts betrachtet wurde, wurden als Zeitrafferabschnitte rückwärts fortlaufend gezählt.

Untersuchungsdurchführung

Die Durchführung der zweiten Untersuchung erfolgte in 36 Einzelsitzungen. Die 36 beteiligten VPN wurden dabei jeweils vor Beginn der Untersuchung durch den Versuchsleiter zu gleichen Teilen zufällig auf die zwei Bedingungen verteilt und für jede VPN eine anonyme laufende Nummer vergeben (vgl. Abschnitt 6.3.4).

Jede VPN wurde vor Beginn des Versuchs zu Alter, Händigkeit, Schulabschluß, Expertise bei Seemannsknoten sowie Expertise im Umgang mit Computern und Lernprogrammen befragt. Die Angaben wurden festgehalten (vgl. Abschnitt 13.2).

Nun wurde der VPN die Instruktion überreicht (vgl. Abschnitt 13.2). Es existierten zwei Varianten der Instruktion, passend zu der zuvor gewählten Bedingung (interaktiv oder linear). Der Versuchsleiter las nun der VPN die Instruktion vor, wobei diese mitlas. Eventuelle Fragen wurden dabei oder im Anschluß daran besprochen.

Die VPN nahm nun vor dem interaktiven Lernsystem Platz und wurde aufgefordert, den Übeknoten zu erlernen. Hierzu wurden ihr vom Versuchsleiter die interaktiven Funktionen und die Vorgehensweise detailliert erklärt. Anschließend hatte die VPN die Möglichkeit, selbständig den Übeknoten zu erlernen und dabei die Möglichkeiten des interaktiven Lernsystems durch freies Probieren zu erkunden. Hierbei wurde auch der Wechsel zwischen Beobachtungsintervallen und Übeintervallen (nötigenfalls nach Aufforderung durch den Versuchsleiter) mehrfach vorgenommen. War die VPN der Meinung, den Übeknoten zu beherrschen, so wurde ihr vom Versuchsleiter ein Seil übergeben und sie wurde aufgefordert, den Übeknoten zu reproduzieren.

Bevor die eigentliche Untersuchung begann, wurden eventuell in der Testphase aufgetretene Unklarheiten oder Fragen gemeinsam besprochen. Hatte die VPN weitergehende Fragen, so konnte sie diese noch vor Beginn der Untersuchung mit dem Versuchsleiter besprechen. Während der Untersuchung fand keinerlei Beratung oder Unterstützung durch den Versuchsleiter statt.

Bei der nun folgenden Untersuchung erlernte die VPN selbständig mit Hilfe des interaktiven Lernsystems insgesamt vier Seemannsknoten. Hierbei wurde für jeden Knoten zunächst eine Lernphase durchlaufen, während derer die VPN durch Beobachtungslernen anhand der entsprechenden Videosequenz den Seemannsknoten erlernte. Hierbei konnte der Betrachtungsvorgang durch die VPN jederzeit unterbrochen werden, um das soeben Gelernte mit Seil und Übegerät zu üben. Während dieser Übeintervalle war der Bildschirminhalt der Videosequenzen nicht zu sehen.

War die VPN zu der Überzeugung gekommen, den Seemannsknoten zu beherrschen, betätigte sie eine entsprechende Taste am interaktiven Lernsystem, worauf der Bildschirminhalt endgültig ausgeblendet wurde (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1). Die Anzahl und Dauer der Lern- und der Übeintervalle sowie die gesamte Lernzeit wurden als Werte für die entsprechenden abhängigen Variablen festgehalten.

Die VPN wandte sich nun dem Versuchsleiter zu, der ihr ein Seil und ein Übegerät übergab. Bei der jetzt folgenden Reproduktionsphase versuchte die VPN, den soeben erlernten Seemannsknoten selbständig herzustellen. Ein erneutes Betrachten der Videosequenz war dabei nicht möglich. War die VPN zu der Überzeugung gekommen, ein korrektes Ergebnis erreicht zu haben, so zeigte sie dieses dem Versuchsleiter. Dieser nahm nun eine Beurteilung vor. Fiel diese positiv aus, so war die Reproduktionsphase beendet und die VPN konnte sich der Lernphase für den nächsten Seemannsknoten widmen. Fiel die Beurteilung jedoch negativ aus, so wurde die VPN vom weiteren Experiment ausgeschlossen und die Untersuchung war beendet. Die Daten der erfolglosen VPN wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Insgesamt mußten 5 VPN wegen Erfolglosigkeit vom Experiment ausgeschlossen werden.

Um den nächsten Seemannsknoten zu erlernen, legte die VPN das Seil und das Übegerät weg, wandte sich dem interaktiven Lernsystem wieder zu und betätigte eine entsprechende Taste, worauf der Bildschirminhalt und die passende Videosequenz für den nächsten Knoten erschien (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1).

Auf diese Weise erlernte die VPN der Reihe nach die vier verschiedenen Seemannsknoten mit jeweils aufsteigendem Schwierigkeitsgrad. Für die Durchführung der Lern- und Übephase gab es dabei jeweils ein Zeitlimit von 20 Minuten, ohne daß dies der VPN bekannt war. Für die Reproduktionsphase gab es kein Zeitlimit. Der Versuchsleiter wandte sich während der Lern- und Übephasen scheinbar einer anderen Tätigkeit zu und erschien nur zur Beurteilung des Reproduktionserfolges. Dadurch sollte eine Befangenheit der VPN vermieden werden.

Nach dem letzten Knoten befragte der Versuchsleiter jede VPN einzeln zu ihren persönlichen Eindrücken: „Wie sind Sie beim letzten Knoten vorgegangen?“, „Was ist Ihnen aufgefallen?“, „Was fanden Sie gut?“, „Was hat Sie gestört?“. Der Versuchsleiter hielt die Aussagen dabei jeweils in Stichworten fest.

Danach führte der Versuchsleiter den "Schlauchfiguren"-Test zur Ermittlung des räumlichen Vorstellungsvermögens nach Stumpf und Fay (1983) mit der VPN durch. Die Untersuchung war nun beendet. Der Versuchsleiter dankte der VPN, übergab ihr die Entlohnung und verabschiedete sie.

Eine VPN hatte also (inkl. Übeknoten) jeweils 5 Knoten und den "Schlauchfiguren"-Test zu bearbeiten. Dafür brauchten die VPN zwischen 80 und 120 Minuten. Die gesamte Bearbeitungszeit pro VPN sollte 2 Stunden möglichst nicht übersteigen.

Während des gesamten Ablaufes einer Untersuchungssitzung wurden durch die automatische Protokollierungsfunktion (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.3) zu jeder VPN und für jeden erlernten Seemannsknoten umfangreiche Daten in Form von Log-Dateien gesammelt. Nach Beendigung einer Untersuchungssitzung mit einer VPN trug der Versuchsleiter die mündlich erhobenen Daten, wie Alter, Geschlecht oder Händigkeit, in die Log-Dateien nachträglich ein.

7.3.5 Aufbereitung der gewonnenen Daten

Im Zuge der Durchführung der Untersuchung entstanden insgesamt 144 Log-Dateien (36 VPN x 4 jeweils zu erlernende Knoten). Neben den Angaben, die der Versuchsleiter manuell eingetragen hatte, enthielt jede Log-Datei typischerweise mehrere tausend Zeilen mit jeweils zwei Einträgen pro Zeile (vgl. Abschnitt 13.3).

Durch diese Angaben war es möglich, sehr detailliert nachzuvollziehen, wie die VPN die Videosequenzen betrachtet haben, wie oft und wie lange sie die angebotene Übemöglichkeit genutzt haben und wie sie die Mikrointeraktivität genutzt haben. Die bereits entwickelten Algorithmen in Microsoft Excel und Visual Basic zur Analyse des Nutzerverhaltens (vgl. Abschnitt 6.3.5) wurden so modifiziert, daß sie einerseits zusätzlich Angaben über den Gebrauch der Übemöglichkeit machten und andererseits die angefallenen Übeintervalle bei der Generierung des Datenmaterials für die Analyse des Nutzerverhaltens bei der Nutzung der Mikrointeraktivität ignorierten. Auf diese Weise konnte das Datenmaterial für folgende abhängige Variablen gewonnen werden:

Anzahl der Übeintervalle: Immer wenn eine VPN die Möglichkeit nutzte, durch Drücken des „Üben“-Buttons den Betrachtungsvorgang zu unterbrechen, um mit Seil und Übegerät praktisch zu üben, wurde ein entsprechender Zähler um 1 erhöht.

Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle: Die Zeitdauer aller einzelnen Beobachtungsintervalle (Lernzeit *ohne* Übeintervalle), die während des Lernvorganges für einen Knoten angefallen waren, wurde jeweils in 1/15-tel Sekunden erfasst und aufsummiert.

Gesamtdauer der Übeintervalle: Die Zeitdauer aller einzelnen Übeintervalle, die während des Lernvorganges für einen bestimmten Seemannsknoten angefallen waren, wurde jeweils in 1/15-tel Sekunden erfasst und dann aufsummiert.

Gesamte Lernzeit: Die gesamte Zeitdauer, die zum Erlernen eines Seemannsknotens jeweils aufgewendet worden war (Beobachtungsintervalle *und* Übeintervalle), vom Beginn des Lernvorganges bis zur Beendigung dieses Lernvorganges durch Beginn der Reproduktionsphase, wurde durch Subtraktion der entsprechenden Einträge ermittelt.

Folgende abhängige Variablen wurden auf dieselbe Weise ermittelt wie in der ersten Studie (vgl. Abschnitt 6.3.5), mit dem Unterschied, daß die Zeiträume der Übeintervalle bei der Ermittlung jeweils ignoriert wurden:

Standardabweichung der aggregierten Betrachtungsdauer aller einzelnen Filmbilder

Anzahl der Stops, Durchschnittsdauer der Stops

Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts

Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts

Anzahl der Richtungsumkehrungen

Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts

Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts

Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts

Die so gewonnenen Daten wurden zusammen mit den direkt vom Versuchsleiter erhobenen Daten in umfangreiche Excel Tabellen übertragen. Diese dienten dann als Datenquelle für die anschließende statistische Auswertung in SPSS (vgl. Abschnitt 7.4.)

7.4 Ergebnisse

Im Zuge der Auswertung des empirisch gefundenen Datenmaterials zur zweiten Studie wurden die im Abschnitt 7.2 vorgestellten Forschungshypothesen geprüft. Die Ergebnisse dieser Überprüfung sollen im folgenden detailliert dargestellt werden.

Die statistische Überprüfung der Hypothesen erfolgte mit Hilfe von Varianzanalysen nach dem allgemeinen linearen Modell, wobei gemäß dem Untersuchungsdesign in vielen Fällen Meßwiederholung mit dem Faktor Schwierigkeitsgrad zur Anwendung kam (vgl. Abschnitt 7.3.4).

Für alle Signifikanz-Tests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha=0.05$ festgelegt. Die Effektstärke ϵ wurde nach Bortz (1993) über die Varianzaufklärung h^2 bzw. die partielle Varianzaufklärung h_p^2 berechnet.

Zur Interpretation einer gegebenen Overall-Signifikanz wurden a posteriori jeweils Einzelvergleiche mit Hilfe des Scheffé-Tests durchgeführt. Hierbei wurden jeweils alle möglichen Einzelvergleichshypothesen „family wise“ auf dem vorgegebenen Signifikanzniveau geprüft (vgl. Bortz, 1993, S. 249ff & S. 308ff). Alle statistischen Auswertungen wurden mit dem Programmpaket SPSS 7.5.2 G für Windows und/oder Microsoft Excel 97 durchgeführt.

In den Ergebnistabellen auf den folgenden Seiten wurde bei allen Angaben von Mittelwerten der abhängigen Variablen immer zusätzlich auch die Standardabweichung ermittelt und in Klammern angegeben. Bei den Werten, die den grafischen Abbildungen zu Grunde liegen, handelt es sich immer um Mittelwerte.

7.4.1 Nutzung der angebotenen Möglichkeit zu begleitendem Üben

Anzahl von Übeintervallen. Die Hypothesen H6, H7 und H8 untersuchen den Einfluß des Between-Subject Faktors Interaktivitätsgrad, des Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad und deren Interaktion auf die abhängige Variable „Anzahl der Übeintervalle“ (vgl. Abschnitte 7.2 und 7.3.4).

Tabelle 16: Anzahl der Übeintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Übeintervalle	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	2.39 (0.98)	2.83 (1.25)	2.22 (0.88)	3.38 (1.19)	2.71 (1.15)
linear (n = 18)	3.72 (1.53)	4.56 (1.46)	4.83 (1.95)	5.78 (1.77)	4.72 (1.80)
Gesamt (n = 36)	3.06 (1.43)	3.69 (1.60)	3.53 (1.99)	4.58 (1.92)	3.71 (1.81)

Zur Überprüfung der Hypothesen H6, H7 und H8 diente eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad und dem vierstufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad.

Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad: Hypothese H6 postuliert, daß Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität weniger Übeintervalle zur korrekten Reproduktion des erlernten Modellverhaltens benötigen als Nutzer linearer Videodarbietung.

Die Auswertung ergab, daß die VPN in der interaktiven Bedingung überzufällig weniger Übeintervalle bis zur korrekten Reproduktion benötigten als die VPN in der linearen Bedingung (vgl. Tab. 16). Der Faktor Interaktivitätsgrad wurde hoch signifikant: $F[1,34]=25.06$; $p \leq .001$; $\epsilon = .86$. *Hypothese H6 kann beibehalten werden.*

Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad: Hypothese H7 erwartet, daß die Anzahl von Übeintervallen für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens zunimmt.

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Anzahl der Übeintervalle mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 16). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,102]=19.78$; $p \leq .001$; $\epsilon = .76$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/mittel“, „leicht/sehr schwer“, „mittel/sehr schwer“ sowie auch „schwer/sehr schwer“ zurückzuführen ist. *Die Hypothese H7 kann beibehalten werden.*

Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H8 erwartet, daß die Anzahl von benötigten Übeintervallen mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige Wechselwirkung von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad auf die Anzahl der Übeintervalle vorliegt (vgl. Tab. 16). Die Interaktion von Interaktivitätsgrad mit Schwierigkeitsgrad wurde signifikant: $F[3,102]=4.22$; $p = .007$; $\epsilon = .35$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz der Interaktion auf *alle vorhandenen* Mittelwertsunterschiede, *außer* „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{mittel}“, „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{schwer}“, „interaktiv_{sehr schwer}/linear_{leicht}“ und „linear_{mittel}/linear_{schwer}“ zurückgeht (vgl. Abb. 22). *Die Hypothese H8 kann daher beibehalten werden.*

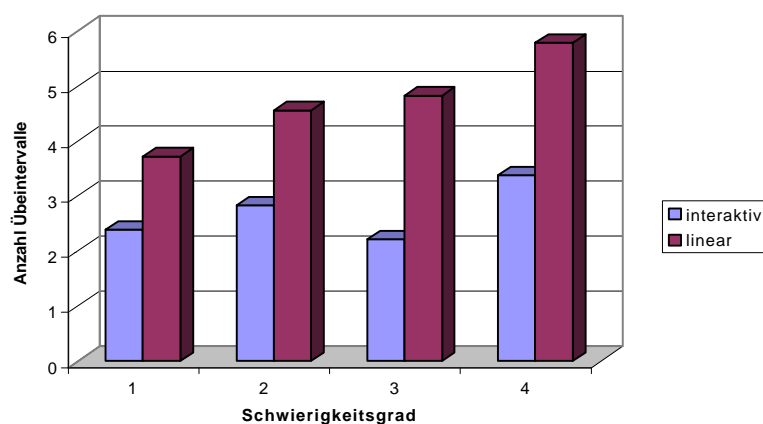


Abbildung 22: Anzahl der Übeintervalle, abhängig von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad

7.4.2 Indikatoren der Lerneffizienz

Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle. Die Hypothesen H9a, H10a und H11a untersuchen den Einfluß des Between-Subject Faktors Interaktivitätsgrad, des Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad und deren Interaktion auf die abhängige Variable „Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle“ (Lernzeit *ohne* Übeintervalle; vgl. 7.2; 7.3.4).

Tabelle 17: Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Gesamtdauer Beobachtungsintervalle	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	149.51 (52.65)	142.47 (66.28)	162.49 (66.21)	203.75 (75.45)	164.56 (68.08)
linear (n = 18)	234.89 (90.95)	141.67 (57.46)	198.80 (82.97)	260.61 (88.71)	208.99 (90.60)
Gesamt (n = 36)	192.20 (85.08)	142.07 (61.14)	180.65 (76.23)	232.18 (86.13)	186.77 (83.16)

Zur Überprüfung der Hypothesen H9a, H10a und H11a diene eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad und dem vierstufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad.

Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad: Hypothese H9a nimmt an, daß Nutzer temporaler Mikrointeraktivität bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens weniger Zeit für Beobachtungsintervalle benötigen als Nutzer linearer Videodarbietung.

Die Auswertung ergab, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität überzufällig weniger Zeit für Beobachtungsintervalle bis zur korrekten Reproduktion des gelernten Modellverhaltens benötigten als die Nutzer von linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 17). Der Faktor Interaktivitätsgrad wurde hierbei signifikant: $F[1,34]=4.67$; $p=.038$; $\epsilon=.37$. *Die Hypothese H9a kann somit beibehalten werden.*

Nutzer temporaler Mikrointeraktivität benötigten durchschnittlich 164,5 Sekunden für Beobachtungsintervalle, Nutzer linearer Videodarbietung 209 Sekunden (Tab. 17).

Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H10a erwartet, daß die Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens zunimmt.

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tabelle 17). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,102]=22.68$; $p\leq.001$; $\epsilon=.82$.

Ein a posteriori zusätzlich durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad *auf alle vorhandenen Mittelwertsunterschiede, außer „leicht/schwer“ zurückzuführen ist. Die Hypothese H10a kann beibehalten werden.*

Allerdings zeigt sich eine Zunahme der Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle nur jeweils zwischen den Schwierigkeitsstufen „mittel“, „schwer“ und „sehr schwer“. Der überhöhte Anfangswert bei der Schwierigkeitsstufe „leicht“ (vgl. Tabelle 17) erklärt sich möglicherweise durch die deutlich längere Abspieldauer der Videosequenz „Halber Schlag“ (vgl. Abschnitt 6.3.2.2), die in der linearen Bedingung immer komplett betrachtet werden mußte, während die interaktive Bedingung ein Unterbrechen oder auch ein Überspringen von Teilen zuließ (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.1). Diese Annahme bestätigte sich auch durch die Auswertung der folgenden Interaktionshypothese H11a.

Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H11a geht davon aus, daß die Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige, systematische Wechselwirkung von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad auf die Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle vorliegt (vgl. Tab. 17). Die Interaktion von Interaktivitätsgrad mit Schwierigkeitsgrad wurde signifikant: $F[3, 102]=5.42$; $p=.002$; $\epsilon=.40$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf *alle* Mittelwertsunterschiede, *aufßer* „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{mittel}“, „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{schwer}“, „interaktiv_{mittel}/interaktiv_{schwer}“, „interaktiv_{leicht}/linear_{mittel}“, „interaktiv_{mittel}/linear_{mittel}“, „interaktiv_{schwer}/linear_{mittel}“, „interaktiv_{sehr schwer}/linear_{schwer}“ und „linear_{leicht}/linear_{sehr schwer}“ zurückgeht (vgl. Abb. 23). *Die Hypothese H11a kann damit beibehalten werden.*

Allerdings fällt der deutlich überhöhte Wert bei der Stufe „leicht“ in der linearen Bedingung auf (vgl. Abb. 23). Dieser erklärt sich höchstwahrscheinlich durch die deutlich längere Abspieldauer der Videosequenz „Halber Schlag“ (vgl. Abschnitt 6.3.2.2), die in der linearen Bedingung immer komplett betrachtet werden mußte, während die interaktive Bedingung ein Unterbrechen oder auch ein Überspringen von Teilen zuließ (vgl. Auswertung zu H10a, vorige Seite).

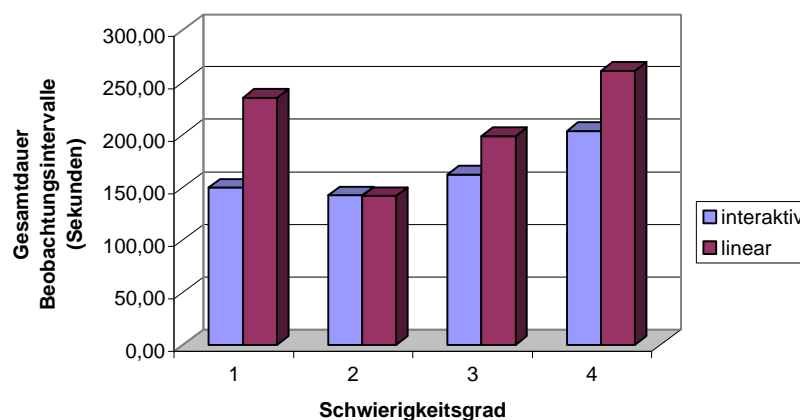


Abbildung 23: Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle, abhängig von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad

Weiterhin sind bei der Schwierigkeitsstufe „mittel“ nahezu identische Werte für die benötigte Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle zu beobachten. Eine substantiell höhere Zunahme der Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle für die Nutzer linearer Videodarbietung ist nur bei den zwei höchsten Schwierigkeitsstufen zu bemerken.

Für Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität nahm die benötigte Gesamtzeit für Beobachtungsintervalle mit steigendem Schwierigkeitsgrad ab der Schwierigkeitsstufe „schwer“ (3) weniger stark zu als für Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Abb. 23).

Gesamtdauer der Übeintervalle. Die Hypothesen H9b, H10b und H11b untersuchen den Einfluß des Between-Subject Faktors Interaktivitätsgrad, des Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad und deren Interaktion auf die abhängige Variable „Gesamtdauer der Übeintervalle“ (vgl. Abschnitte 7.2 und 7.3.4).

Tabelle 18: Gesamtdauer der Übeintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Gesamtdauer Übeintervalle	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	134.46 (112.99)	146.28 (137.43)	108.64 (78.26)	220.05 (115.35)	152.36 (117.36)
linear (n = 18)	243.42 (125.23)	297.70 (146.70)	331.27 (178.21)	476.57 (219.69)	337.24 (187.43)
Gesamt (n = 36)	188.94 (129.89)	221.99 (159.76)	219.96 (176.48)	348.31 (216.39)	244.80 (181.65)

Zur Überprüfung der Hypothesen H9b, H10b und H11b diene eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad und dem vierstufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad.

Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad: Hypothese H9b nimmt an, daß Personen, die temporale Mikrointeraktivität nutzen, bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens insgesamt kürzer üben als Personen, die lineare Videodarbietung nutzen.

Die Auswertung ergab, daß die Nutzer von Mikrointeraktivität überzufällig weniger Zeit für Übeintervalle bis zur korrekten Reproduktion benötigten als die Nutzer von linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 18). Der Faktor Interaktivitätsgrad wurde hoch signifikant: $F[1,34]=19.16$; $p \leq .001$; $\epsilon = .75$. *Hypothese H9b kann beibehalten werden.*

Nutzer temporaler Mikrointeraktivität benötigten durchschnittlich nur 152,3 Sekunden für Übeintervalle, Nutzer linearer Videodarbietung dagegen 337,2 (vgl. Tab. 18).

Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H10b erwartet, daß die Gesamtdauer der Übeintervalle für beide Bedingungen (interaktiv und linear) mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens zunimmt.

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Gesamtdauer der Übeintervalle mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 18). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,102]=27.07$; $p \leq .001$; $\epsilon = .89$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/sehr schwer“, „mittel/sehr schwer“ und „schwer/sehr schwer“ zurückzuführen ist. *Die Hypothese H10b kann beibehalten werden.*

Allerdings zeigte sich eine substantielle Zunahme der Gesamtdauer der Übeintervalle nur zwischen den ersten drei Schwierigkeitsstufen, die sich untereinander nur gering unterschieden, und der Schwierigkeitsstufe „sehr schwer“ (vgl. Tab. 18).

Nutzer temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung benötigten nur bei der höchsten Schwierigkeitsstufe substantiell mehr Zeit zum Üben (vgl. Tab. 18).

Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H11b postuliert, daß die Gesamtdauer der Übeintervalle mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige, systematische Wechselwirkung von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad auf die Gesamtdauer der Übeintervalle vorliegt (vgl. Tab. 18). Die Interaktion von Interaktivitätsgrad mit Schwierigkeitsgrad wurde signifikant: $F[3,102]=6.07$; $p = .001$; $\epsilon = .42$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz der Interaktion des Faktors Interaktivitätsgrad mit dem Faktor Schwierigkeitsgrad auf *alle hier vorhandenen* Mittelwertsunterschiede, *außer zwischen* „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{mittel}“, „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{schwer}“, „interaktiv_{mittel}/interaktiv_{schwer}“, „interaktiv_{sehr schwer}/linear_{leicht}“ und „linear_{mittel}/linear_{schwer}“ zurück geht. *Die Hypothese H11b kann beibehalten werden.*

Bei Nutzung von Mikrointeraktivität nahm die für Übeintervalle benötigte Zeit mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich geringer zu als bei linearer Videodarbietung.

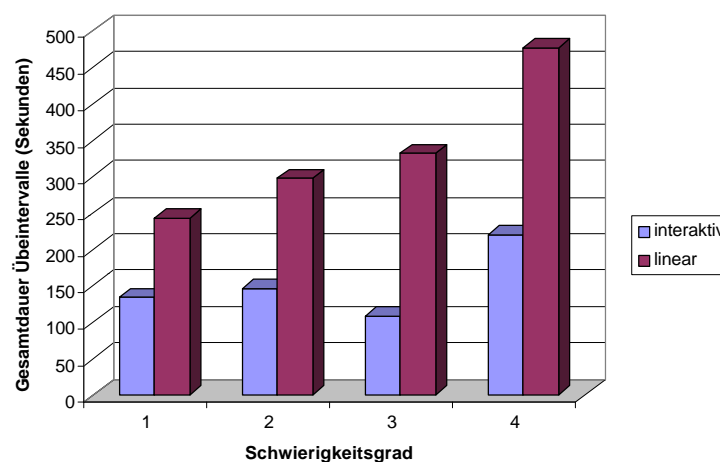


Abbildung 24: Gesamtdauer der Übeintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad

Gesamte Lernzeit. Die Hypothesen H9c, H10c und H11c untersuchen den Einfluß des Between-Subject Faktors Interaktivitätsgrad, des Within-Subject Faktors Schwierigkeitsgrad und deren Interaktion auf die abhängige Variable „Gesamte Lernzeit“ (Beobachtungsintervalle *und* Übeintervalle; vgl. Abschnitte 7.2 und 7.3.4).

Tabelle 19: Gesamte Lernzeit in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Gesamte Lernzeit	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	283.98 (150.84)	288.75 (191.16)	271.13 (133.62)	423.80 (181.74)	316.92 (172.81)
linear (n = 18)	478.31 (211.42)	439.36 (186.41)	530.07 (246.29)	737.18 (276.07)	546.23 (253.50)
Gesamt (n = 36)	381.15 (206.09)	364.06 (201.15)	400.60 (235.32)	580.49 (279.85)	431.58 (245.38)

Zur Überprüfung der Hypothesen H9c, H10c und H11c diene eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad und dem vierstufigen Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad.

Between-Subject Faktor Interaktivitätsgrad: Die Hypothese H9c geht davon aus, daß Nutzer temporaler Mikrointeraktivität bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens insgesamt kürzer lernen als Nutzer linearer Videodarbietung.

Die Auswertung ergab, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität überzufällig kürzer bis zur korrekten Reproduktion des Modellverhaltens lernten als die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 19). Der Faktor Interaktivitätsgrad wurde hoch signifikant: $F[1,34]=15.11$; $p \leq .001$; $\epsilon = .67$. *Hypothese H9c kann beibehalten werden.*

Nutzer temporaler Mikrointeraktivität benötigten im Mittel nur 316,9 Sekunden gesamte Lernzeit, Nutzer linearer Videodarbietung dagegen 546,2 Sekunden (Tab. 19).

Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad: Hypothese H10c erwartet, daß die gesamte Lernzeit zum Erlernen der jeweiligen Bewegungs- oder Handlungsabläufe mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens ansteigt.

Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der gesamten Lernzeit mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 19). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,102]=28.67$; $p \leq .001$; $\epsilon = .92$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/sehr schwer“, „mittel/sehr schwer“ und „schwer/sehr schwer“ zurückzuführen ist. *Die Hypothese H10c kann beibehalten werden.*

Allerdings ließ sich eine substantielle Zunahme der gesamten Lernzeit im Sinne der Hypothese H10c nur zwischen den ersten drei Schwierigkeitsstufen, die sich untereinander jeweils nur gering unterschieden, und der Schwierigkeitsstufe „sehr schwer“ beobachten (vgl. Tab. 19 und Abb. 25).

Die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität und von linearer Videodarbietung benötigten erst bei der höchsten Schwierigkeitsstufe substantiell mehr gesamte Lernzeit (vgl. Tab. 19 und Abb. 25).

Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad: Die Hypothese H11c geht davon aus, daß die gesamte Lernzeit mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Modellverhaltens bei den Nutzern von linearer Videodarbietung stärker zunimmt als bei den Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität.

Die Auswertung ergab, daß eine überzufällige, systematische Wechselwirkung von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad auf die benötigte gesamte Lernzeit vorliegt (vgl. Tab. 19). Die Interaktion von Interaktivitätsgrad mit Schwierigkeitsgrad wurde signifikant: $F[3,102]=3.64$; $p=.015$; $\epsilon=.33$.

Ein a posteriori zusätzlich durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die hier bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz der Interaktion des Faktors Interaktivitätsgrad mit dem Faktor Schwierigkeitsgrad auf *alle vorhandenen* Mittelwertsunterschiede, *abgesehen von* „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{mittel}“, „interaktiv_{leicht}/interaktiv_{schwer}“, „interaktiv_{mittel}/interaktiv_{schwer}“, „interaktiv_{sehr schwer}/linear_{leicht}“, „interaktiv_{sehr schwer}/linear_{mittel}“, „linear_{leicht}/linear_{mittel}“, sowie „linear_{leicht}/linear_{schwer}“ zurückzuführen ist. *Hypothese H11c kann beibehalten werden.*

Für die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität nahm die benötigte gesamte Lernzeit mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich geringer zu als für die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Abb. 25).

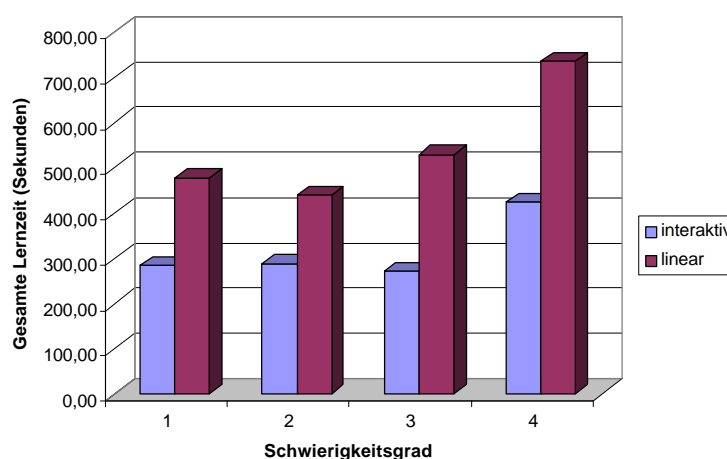


Abbildung 25: Gesamte Lernzeit in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad

7.4.3 Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität

Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer aller Filmbilder. Die siebte Forschungshypothese zur zweiten Studie (H12) befaßt sich mit der erwarteten Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer mit steigendem Schwierigkeitsgrad, wenn zusätzlich die Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer: Hypothese H12 erwartet, daß die Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunimmt, auch bei gewährter Übemöglichkeit.

Tabelle 20: Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Standardabweichung aggregierte Betrachtungsdauer	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	2.14 (1.16)	4.00 (2.20)	3.39 (1.85)	5.27 (2.21)	3.70 (2.17)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß bei gewährter Übemöglichkeit eine überzufällige Zunahme der Variabilität der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 20). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,51]=13.63$; $p \leq .001$; $\epsilon = .90$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/mittel“, „leicht/sehr schwer“ und „schwer/sehr schwer“ zurückgeht (vgl. Abb. 26). *Die Hypothese H12 kann beibehalten werden.*

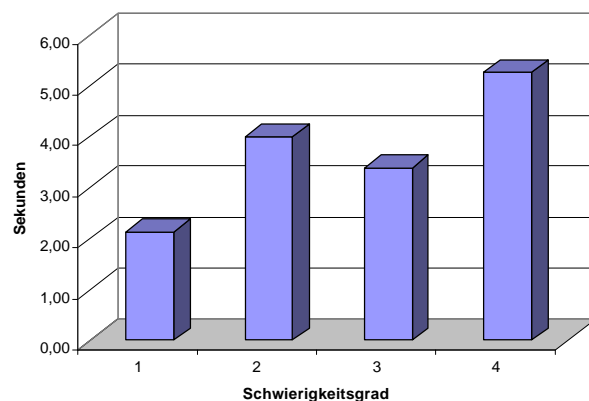


Abbildung 26: Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Temporale Mikrointeraktivität, pauschal gesehen, wurde auch bei gewährter Übemöglichkeit genutzt, und zwar mit steigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend intensiver.

Nutzung temporaler Mikrointeraktivität im Detail. Die achte Gruppe von Hypothesen zur zweiten Studie (H13) befaßt sich mit der Nutzung der verschiedenen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität (vgl. Abschnitt 4.3.4) bei steigendem Schwierigkeitsgrad, wenn zusätzlich die Möglichkeit zu begleitendem Üben besteht.

Generell wird erwartet, daß auch mit eingeräumter Übemöglichkeit bei steigendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens die Häufigkeit und Dauer der Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität zunimmt.

Anzahl Stops: Hypothese H13a1 erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Stops (Suspension, vgl. Abschnitt 4.3.4) zunimmt, trotz der Übemöglichkeit.

Tabelle 21: Anzahl Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabw.)

Anzahl Stops	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	3.28 (3.75)	2.72 (1.49)	3.50 (1.50)	2.33 (1.61)	2.96 (2.28)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben keine überzufällige Zunahme der Anzahl von Stops mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 21). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde nicht signifikant: $F[3,51]=1.13$; $p=.344$. *Die Hypothese H13a1 muß verworfen werden.*

Die Teilfunktion „Suspension“ temporaler Mikrointeraktivität wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt knapp drei mal genutzt (vgl. Tab. 21). Ein ansteigender Schwierigkeitsgrad hatte darauf keinen nachweisbaren Einfluß.

Durchschnittsdauer Stops: Die Hypothese H13a2 geht davon aus, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Durchschnittsdauer der Stops (Suspension, vgl. Abschnitt 4.3.3.), auch bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben, zunimmt.

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß bei gewährter Übemöglichkeit keine systematische Zunahme der Durchschnittsdauer der Stops mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 22). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde zwar tendenziell signifikant: $F[3,51]=2.44$; $p=.075$. *Hypothese H13a2 muß dennoch verworfen werden.*

Tabelle 22: Durchschnittsdauer Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Durchschnittsdauer Stops	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	11.81 (11.31)	19.28 (22.61)	11.09 (11.11)	25.25 (31.37)	16.86 (21.12)

Die Durchschnittsdauer der Stops betrug im Schnitt 16,9 Sekunden (vgl. Tab. 22). Bei den Schwierigkeitsstufen „leicht“ und „schwer“ wurde dabei durchschnittlich deutlich kürzer gestoppt als bei den Schwierigkeitsstufen „mittel“ und „sehr schwer“.

Anzahl Zeitlupenabschnitte vorwärts: Die Hypothese H13b nimmt an, daß mit steigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts, auch bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben, zunimmt (Retardation, vgl. Abschnitt 4.3.4).

Tabelle 23: Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitlupenabschnitte vorwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	1.01 (1.33)	6.44 (6.71)	5.72 (5.03)	9.22 (7.70)	5.60 (6.31)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts mit steigendem Schwierigkeitsgrad bei gewährter Übemöglichkeit vorliegt (vgl. Tab. 23). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,51]=11.98$; $p<.001$; $\epsilon=.84$.

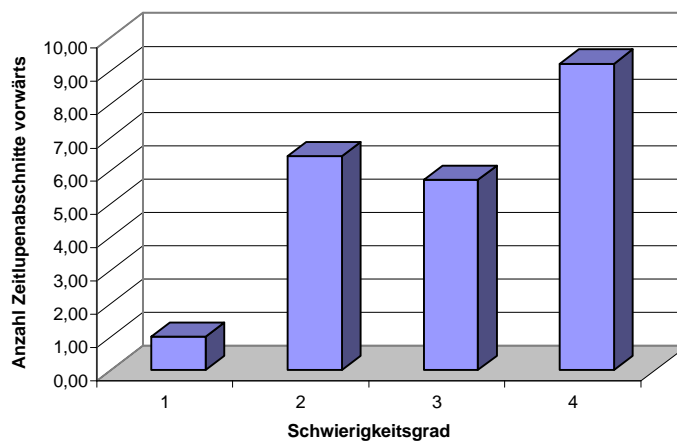


Abbildung 27: Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/mittel“, „leicht/schwer“ und „leicht/sehr schwer“ zurückgeht. *Die Hypothese H13b kann beibehalten werden.*

Allerdings ließ sich eine substantielle Zunahme der Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts im Sinne der Hypothese nur zwischen der Schwierigkeitsstufe „leicht“ und den übrigen drei Schwierigkeitsstufen beobachten, die alle drei auf ähnlichem Niveau lagen (vgl. Tab. 23 und Abb. 27).

Die Teilfunktion „Retardation“ der temporalen Mikrointeraktivität wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt 5,6 mal genutzt (vgl. Tab. 23), wobei bei der geringsten Schwierigkeitsstufe eine stark unterdurchschnittliche Nutzung erfolgte.

Anzahl Zeitrafferabschnitte vorwärts: Hypothese H13c erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts (Akzeleration, vgl. Abschnitt 4.3.4) zunimmt, auch bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben.

Tabelle 24: Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitrafferabschnitte vorwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	6.94 (7.42)	6.11 (6.77)	6.56 (6.16)	7.72 (5.46)	6.83 (6.89)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß keine überzufällige Zunahme der Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts mit steigendem Schwierigkeitsgrad bei gewährter Übemöglichkeit vorliegt (vgl. Tab. 24). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde nicht signifikant: $F[3,51]=0.46$; $p=.714$. Die Hypothese H5c muß damit verworfen werden.

Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts war im Gegensatz zur Annahme bei allen Schwierigkeitsstufen ungefähr gleich. Die Teilfunktion „Akzeleration“ wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang durchschnittlich 6,8 mal genutzt (vgl. Tab. 24).

Anzahl der Richtungsumkehrungen: Hypothese H13d erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad des zu erlernenden Modellverhaltens die Anzahl der Richtungsumkehrungen zunimmt, auch bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben.

Tabelle 25: Anzahl der Richtungsumkehrungen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Richtungsumkehrungen	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	16.00 (13.14)	22.89 (17.57)	24.67 (17.97)	31.67 (15.08)	23.81 (24.06)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß eine überzufällige Zunahme der Richtungsumkehrungen mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad bei eingeräumter Übemöglichkeit vorliegt (vgl. Tab. 25). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,51]=8.37$; $p\leq.001$; $\epsilon=.70$.

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf den Mittelwertsunterschied „leicht/sehr schwer“ sowie tendenziell auch auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/schwer“ und „mittel/sehr schwer“ zurückzuführen ist (vgl. Abb. 28). Die Hypothese H13d kann beibehalten werden.

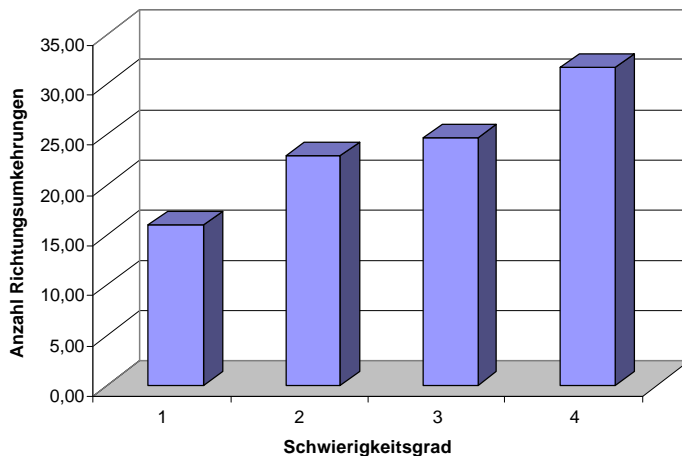


Abbildung 28: Anzahl der Richtungsumkehrungen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Die im Rahmen temporaler Mikrointeraktivität gegebene Möglichkeit zur Richtungsumkehr wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt 23,8 mal genutzt, wobei eine Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zu beobachten war (vgl. Tab. 25). Dabei lagen die Werte der Schwierigkeitsstufen „mittel“ und „schwer“ auf ähnlichem Niveau (vgl. Abb. 28).

Anzahl Normaltempoabschnitte rückwärts: Die Hypothese H13e1 erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts (lineare Reversion, vgl. Abschnitt 4.3.4) zunimmt, auch bei gewährter Überehmöglichkeit.

Tabelle 26: Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Normaltempoabschnitte rückwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	0.22 (0.55)	0.28 (0.67)	0.17 (0.38)	0.39 (0.61)	0.26 (0.24)

Die Teilfunktion „lineare Reversion“ der temporalen Mikrointeraktivität wurde von den VPN durchschnittlich nur 0,26 mal pro Lernvorgang genutzt (vgl. Tab. 26). Die beobachtete Nutzung wurde als unerheblich im Vergleich mit der Nutzung anderer Teilfunktionen angesehen. Daher wurde auf eine varianzanalytische Auswertung ganz verzichtet. *Die Hypothese H13e1 muß verworfen werden.*

Anzahl Zeitlupenabschnitte rückwärts: Die Hypothese H13e2 erwartet, daß mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts (retardierte Reversion, vgl. Abschnitt 4.3.4) zunimmt, auch bei eingeräumter Möglichkeit zu begleitendem Üben.

Tabelle 27: Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitlupenabschnitte rückwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	0.50 (0.99)	1.22 (1.06)	0.61 (0.92)	0.83 (0.99)	0.79 (0.80)

Die Teilfunktion „retardierte Reversion“ der temporalen Mikrointeraktivität wurde von den VPN durchschnittlich nur 0,8 mal pro Lernvorgang genutzt (vgl. Tab. 27). Die beobachtete Nutzung wurde als unerheblich im Vergleich mit der Nutzung anderer Teilfunktionen angesehen. Daher auf eine varianzanalytische Auswertung verzichtet. *Die Hypothese H13e2 muß verworfen werden.*

Anzahl Zeitrafferabschnitte rückwärts: Hypothese H13e3 erwartet, daß mit steigendem Schwierigkeitsgrad die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts (akzelerierte Reversion, vgl. Abschnitt 4.3.4) zunimmt, auch bei gewährter Übemöglichkeit.

Tabelle 28: Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad (in Klammern Standardabweichung)

Anzahl Zeitrafferabschnitte rückwärts	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
interaktiv (n = 18)	7.83 (5.81)	10.94 (8.33)	12.17 (8.69)	15.61 (7.80)	11.64 (11.76)

Die Auswertung erfolgte durch einfaktorielle Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf dem Within-Subject Faktor Schwierigkeitsgrad. Sie ergab, daß bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben eine überzufällige Zunahme der Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorliegt (vgl. Tab. 28). Der Faktor Schwierigkeitsgrad wurde hoch signifikant: $F[3,51]=8.99$; $p<.001$; $\epsilon=.73$.

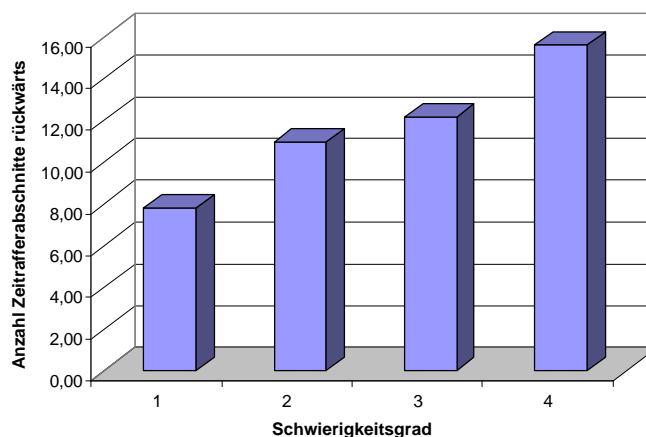


Abbildung 29: Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad

Ein a posteriori durchgeführter Scheffé-Test zeigte, daß die bei der Varianzanalyse aufgetretene Overall-Signifikanz des Faktors Schwierigkeitsgrad auf die Mittelwertsunterschiede „leicht/sehr schwer“ und „mittel/sehr schwer“ zurückzuführen ist, sowie tendenziell auch auf den Mittelwertsunterschied „leicht/schwer“ (vgl. Abbildung 29). Für die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts kann daher von einer eher gleichmäßigen Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad im Sinne der Hypothese ausgegangen werden (vgl. Tab. 28). *Die Hypothese H13e3 kann beibehalten werden.*

Die Teildimension „akzelerierte Reversion“ der temporalen Mikrointeraktivität wurde von den VPN bei jedem Lernvorgang im Durchschnitt 11,6 mal genutzt (vgl. Tab. 28), wobei eine deutliche Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zu beobachten war (vgl. Abb. 29).

7.5 Diskussion

Die zweite empirische Studie beschäftigte sich mit dem Einfluß der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität beim Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen über interaktives Video im Vergleich zur Nutzung von linearer Videodarbietung, wenn zusätzlich die Möglichkeit zu begleitendem Üben des Modellverhaltens besteht.

Sie verfolgte dabei drei unterschiedliche Zielsetzungen: [1] Der Frage nachzugehen, ob das Angebot der Möglichkeit zum begleitenden Üben angenommen wurde und ob es dabei Unterschiede zwischen den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung gab; [2] zu klären, welchen Einfluß die angebotene Übemöglichkeit auf die Lerneffizienz der Nutzer von linearer Videodarbietung im Vergleich mit den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität hatte; [3] eine detaillierte Analyse des Verhaltens bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität durchzuführen, um damit Vergleiche mit dem Nutzerverhalten ohne eine eingeräumte Übemöglichkeit (wie in der ersten Studie) zu ermöglichen.

Es gelang mit dem durchgeführten Experiment, umfangreiches Datenmaterial zu allen drei genannten Aspekten zu sammeln. Im Zuge der statistischen Auswertung und der Überprüfung der gestellten Hypothesen (vgl. Abschnitt 7.2) konnten damit zu vielen Teilaspekten der aufgeworfenen Fragestellung (vgl. Abschnitt 7.1) entsprechende Antworten gefunden werden. Es zeigte sich dabei, daß die getroffenen Annahmen generell bestätigt wurden, wobei einige Effekte auch anders als erwartet ausfielen.

Nutzung der angebotenen Möglichkeit zu begleitendem Üben. Dieser Aspekt der Fragestellung wurde einerseits durch den Vergleich der Ergebnisse der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität mit denen der Nutzer von linearer Videodarbietung untersucht. Andererseits wurde auch der Einfluß des Schwierigkeitsgrades des zu erlernenden Modellverhaltens auf das Übeverhalten aller beteiligten Probanden erforscht und eine mögliche Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Nutzung/Nichtnutzung von temporaler Mikrointeraktivität überprüft.

Als Indikator für die Nutzung der Übemöglichkeit wurde die Anzahl der genutzten Übeintervalle (AV „Anzahl der Übeintervalle“) angesehen. Generell wurde dabei erwartet, daß [1] Nutzer temporaler Mikrointeraktivität weniger Gebrauch von der Übemöglichkeit machen würden, daß [2] alle VPN mit steigendem Schwierigkeitsgrad mehr Gebrauch von der Übemöglichkeit machen würden und daß [3] die Zunahme des Gebrauchs mit steigendem Schwierigkeitsgrad bei den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität geringer ausfallen würde als bei den Nutzern linearer Videodarbietung.

- *Generelle Nutzung der Übemöglichkeit:* Es konnte gezeigt werden, daß die angebotene Möglichkeit zu begleitendem Üben von allen 36 beteiligten VPN im Schnitt 3,7 mal pro Lernvorgang in Anspruch genommen wurde (vgl. Tab. 16). Die Übemöglichkeit wurde also vergleichsweise rege genutzt.
- *Unterschiedliche Nutzung, abhängig vom Interaktivitätsgrad:* Es ließ sich zeigen, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der durchgeführten Studie im Mittel deutlich weniger Übeintervalle bis zur korrekten Reproduktion benötigten als die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 16).

- *Unterschiedliche Nutzung, abhängig vom Schwierigkeitsgrad:* Es konnte mit der durchgeführten Studie gezeigt werden, daß Nutzer temporaler Mikrointeraktivität und linearer Videodarbietung mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad im Durchschnitt zunehmend mehr Übeintervalle benötigten (vgl. Tab. 16).
- *Interaktion von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad:* Es konnte weiterhin gezeigt werden, daß Nutzer temporaler Mikrointeraktivität mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad im Mittel eine deutlich geringer zunehmende Anzahl von Übeintervallen benötigten als Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 16).

Die angebotene Möglichkeit zu begleitendem Üben wurde also in der durchgeführten Studie von allen beteiligten VPN angenommen und rege genutzt. Dabei benötigten die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität deutlich weniger Übeintervalle als die Nutzer von linearer Videodarbietung, um das zu erlernende Modellverhalten korrekt zu reproduzieren. Alle VPN benötigten bei steigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend mehr Übeintervalle, wobei die Zunahme bei den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität deutlich geringer ausfiel als bei den Nutzern linearer Videodarbietung.

Die getroffenen Annahmen hinsichtlich der Nutzung der angebotenen Möglichkeit zu begleitendem Üben wurden durch das Verhalten der beteiligten VPN im durchgeführten Experiment also in vollem Umfang bestätigt.

Höhere Lerneffizienz durch temporale Mikrointeraktivität? Dieser Fragestellung wurde durch Vergleich der Ergebnisse der interaktiven Stichprobe mit denen der linearen Stichprobe nachgegangen. Ein Vergleich der Stichproben war in der zweiten Studie besser möglich, da für alle beteiligten VPN durch den Erfolgszwang (vgl. Abschnitt 7.3.4) eine einheitliche Lösungsgüte gegeben war. Der steigende Schwierigkeitsgrad des Modellverhaltens als vierstufiger Within-Subject Faktor wurde dabei nicht speziell berücksichtigt. Alle vier Stufen wurden jeweils zusammengefasst betrachtet.

Als Indikatoren der Lerneffizienz wurden in der zweiten Studie die Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle (Lernzeit *ohne* Übeintervalle), die Gesamtdauer der Übeintervalle und die gesamte Lernzeit (Beobachtungsintervalle *und* Übeintervalle) angesehen.

Dabei wurde erwartet, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität eine geringere Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle, eine geringere Gesamtdauer der Übeintervalle und eine geringere gesamte Lernzeit benötigen als die Nutzer linearer Videodarbietung.

- *Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle:* Es konnte gezeigt werden, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität im Mittel deutlich weniger Zeit für reine Beobachtungsintervalle benötigten, als Nutzer linearer Videodarbietung (Tab. 17).
- *Gesamtdauer der Übeintervalle:* Es konnte ebenso gezeigt werden, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität im Mittel sehr deutlich weniger Zeit für reine Übeintervalle benötigten als die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 18).
- *Gesamte Lernzeit:* Es konnte mit der durchgeführten Studie gezeigt werden, daß die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität im Durchschnitt deutlich weniger gesamte Lernzeit benötigten als die Nutzer linearer Videodarbietung (Tab. 19).

Mikrointeraktivität erhöhte die Lerneffizienz in der durchgeführten Studie insofern, als sie die zum reinen Betrachten benötigte Zeit (Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle), die zum Üben benötigte Zeit und die gesamte Lernzeit jeweils senkte.

Temporale Mikrointeraktivität diente ihren Nutzern in dieser Studie ganz offensichtlich als Übe-Äquivalent, da sie mit deutlich kürzerer Übezeit dieselbe Lösungsgüte erreichen konnten wie die Nutzer von linearer Videodarbietung. Dennoch benötigten die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität dazu keine durchschnittlich längere Beobachtungszeit, sondern erreichten im Gegenteil mit einer deutlich kürzeren Beobachtungszeit dieselbe Lösungsgüte wie die Nutzer von linearer Videodarbietung.

Die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität ermöglichte es den VPN in der durchgeführten Studie, effizienter zu lernen. Verantwortlich dafür könnte ein *spezielles Potential von neuem interaktiven Video unter Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zur Unterstützung der Ausbildung von adäquaten Handlungsplänen* (vgl. Abschnitt 2.7) beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen sein.

Einfluß des Schwierigkeitsgrades auf die Lerneffizienz: Um selektiv nur den Einfluß des Schwierigkeitsgrades als vierstufigen Within-Subject Faktor auf die verschiedenen Parameter der Lerneffizienz zu untersuchen, wurden die interaktive und die lineare Stichprobe zusammengefasst und gemeinsam betrachtet. Somit wurde auf den zweistufigen Between-Subject Faktor der Interaktivität, mit den Faktorstufen [1] interaktiv und [2] linear (vgl. Abschnitt 7.3.4), bewußt verzichtet. Es wurde dabei erwartet, daß ein steigender Schwierigkeitsgrad generell zu einem Absinken der Lerneffizienz führt.

- *Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle:* Es zeigte sich, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad in der durchgeführten Studie zu einer deutlichen Zunahme der Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle führte (vgl. Tab. 17). Allerdings zeigte sich diese Zunahme nur jeweils zwischen den Schwierigkeitsstufen „mittel“, „schwer“ und „sehr schwer“. Der überhöhte Anfangswert bei der Schwierigkeitsstufe „leicht“ (vgl. Tab. 17) erklärt sich vermutlich durch die deutlich längere Abspieldauer der Videosequenz „Halber Schlag“ in der linearen Bedingung.
- *Gesamtdauer der Übeintervalle:* Es konnte gezeigt werden, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad zu einer deutlichen Zunahme der Gesamtdauer der Übeintervalle führte. Allerdings ließ sich eine substantielle Zunahme nur zwischen den ersten drei Schwierigkeitsstufen, die sich untereinander nur gering unterschieden, und der Schwierigkeitsstufe „sehr schwer“ beobachten (vgl. Tab. 18).
- *Gesamte Lernzeit:* Es konnte gezeigt werden, daß ein steigender Schwierigkeitsgrad zu einer Zunahme der gesamten Lernzeit führte. Allerdings trat ein substantieller Anstieg der Lernzeit nur zwischen den ersten drei Schwierigkeitsstufen, die alle eher auf gleichem Niveau lagen, und der Stufe „sehr schwer“ auf (Tab. 19).

Ein Ansteigen des Schwierigkeitsgrades senkte die Lerneffizienz in der durchgeführten Studie insofern, als es die zum reinen Betrachten benötigte Zeit (Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle), die zum Üben benötigte Zeit und die gesamte benötigte Lernzeit jeweils verlängerte. Bei allen drei Effekten war jedoch keine gleichmäßige Zunahme über alle vier Schwierigkeitsstufen zu beobachten.

Interaktion von Schwierigkeitsgrad und Interaktivitätsgrad hinsichtlich der Lerneffizienz: Das verwendete Untersuchungsdesign (vgl. Abschnitt 7.3.4) erlaubte durch seinen zweifaktoriellen Experimentalplan mit dem zweistufigen Between-Subject Faktor der Interaktivität und dem vierstufigen Within-Subject Faktor des Schwierigkeitsgrades auch Aussagen zu dieser Fragestellung.

Es wurde erwartet, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad für die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität zu einer geringeren Abnahme der Lerneffizienz führt als für die Nutzer linearer Videodarbietung.

- *Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle:* Es ließ sich mit dem durchgeführten Experiment zeigen, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad für die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität zu einer geringeren Zunahme der Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle führte als für die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 17). Auffällig ist allerdings der überhöhte Anfangswert bei der Schwierigkeitsstufe „leicht“ in der linearen Bedingung (vgl. Tab. 17). Dieser erklärt sich vermutlich durch die längere Abspieldauer der Videosequenz „Halber Schlag“, die in der linearen Bedingung immer in voller Länge betrachtet werden mußte, während die interaktive Bedingung hier ein Überspringen von Teilen erlaubte.
- *Gesamtdauer der Übeintervalle:* Es konnte gezeigt werden, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad für Nutzer temporaler Mikrointeraktivität zu einer deutlich geringeren Zunahme der Gesamtdauer der Übeintervalle führte als für Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 18).
- *Gesamte Lernzeit:* Es konnte gezeigt werden, daß ein steigender Schwierigkeitsgrad für Nutzer temporaler Mikrointeraktivität zu einer geringeren Zunahme der gesamten Lernzeit führte als für Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Tab. 19).

Mit dem durchgeführten Experiment konnte gezeigt werden, daß die *Lerneffizienz bei den Nutzern temporaler Mikrointeraktivität* mit steigendem Schwierigkeitsgrad *deutlich weniger abnahm* als bei den Nutzern von linearer Videobetrachtung.

Temporale Mikrointeraktivität war im durchgeführten Experiment generell förderlich für die Lerneffizienz. Diese Wirkung wurde von einem steigenden Schwierigkeitsgrad eher geringfügig beeinflusst und blieb bei allen Schwierigkeitsstufen nachweisbar.

Verhalten bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität: Die Analyse des Nutzerverhaltens erfolgte durch Auswertung der Verhaltensprotokolle (vgl. Abschnitt 7.3.5) der Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität. Darüber hinaus wurde der Einfluß eines ansteigenden Schwierigkeitsgrades auf das Nutzerverhalten untersucht.

Pauschale Nutzung temporaler Mikrointeraktivität: Als pauschales Maß für die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität wurde die Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer für die einzelnen Filmbilder einer Videosequenz angesehen (vgl. Abschnitt 7.2.7).

- Es konnte gezeigt werden, daß im Durchschnitt aller erfolgten Lernvorgänge eine Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer von 3,7 Sekunden vorliegt (vgl. Tabelle 20). Dies kann bei einer durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer von 6,1 Sekunden als vergleichsweise hoher Wert gelten.

Temporale Mikrointeraktivität (pauschal gesehen) wurde also im durchgeführten Experiment von den meisten VPn in der interaktiven Stichprobe relativ intensiv genutzt, trotz eingeräumter Möglichkeit zum begleitenden Üben.

Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität: Die Nutzung der einzelnen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität wurde anhand ihrer verschiedenen Auswirkungen auf den Ablauf der Videosequenzen bei deren Betrachtung untersucht:

- *Suspension:* Die Anzahl der Stops als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „Suspension“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr drei Stops (vgl. Tab. 21). Die Durchschnittsdauer dieser Stops lag dabei bei 16,9 Sekunden (vgl. Tab. 22).
- *Retardation:* Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „Retardation“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei 5,6 Zeitlupenabschnitten (vgl. Tab. 23).
- *Akzeleration:* Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „Akzeleration“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr 6,8 Zeitrafferabschnitten (vgl. Tab. 24).
- *Richtungsumkehr:* Die Anzahl der Richtungsumkehrungen lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei ungefähr 23,8 Richtungsumkehrungen (vgl. Tab. 25).
- *Lineare Reversion:* Die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „lineare Reversion“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei 0,26 Normaltempoabschnitten (vgl. Tab. 26), womit von einer unbedeutenden Nutzung gesprochen werden muß.
- *Retardierte Reversion:* Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „retardierte Reversion“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei 0,8 Zeitlupenabschnitten (vgl. Tab. 27), womit ebenfalls von einer unbedeutenden Nutzung gesprochen werden muß.
- *Akzelerierte Reversion:* Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts als Maß für die Nutzung der Teilfunktion „akzelerierte Reversion“ lag im Durchschnitt aller Lernvorgänge bei 11,6 Zeitrafferabschnitten (vgl. Tab. 28).
- Auffällig ist bei der Nutzung der Teilfunktionen der „Reversion“, daß von den Versuchspersonen erneut ganz erheblich weniger Normaltempoabschnitte und Zeitlupenabschnitte erzeugt wurden, als Zeitrafferabschnitte.

Die temporale Mikrointeraktivität wurde im Durchschnitt aller Lernvorgänge und Versuchspersonen auch bei eingeräumter Möglichkeit zu begleitendem Üben intensiv genutzt. Eine Ausnahme bildeten dabei die Teilfunktionen der linearen und der retardierten Reversion, die nur unerheblich oder sehr geringfügig genutzt wurden.

Pauschale Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad: Als Hinweis auf eine veränderte Nutzung temporaler Mikrointeraktivität bei steigendem Schwierigkeitsgrad wurde als pauschales Maß eine Zunahme der Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer der Filmbilder mit steigendem Schwierigkeitsgrad erwartet.

- Es konnte gezeigt werden, daß die Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zunahm (vgl. Tab. 20). Dabei war bei der niedrigsten Schwierigkeitsstufe nur eine relativ geringe Variabilität zu beobachten, die beim Übergang auf die nächste Stufe deutlich zunahm, um dann auf diesem Niveau zu verharren und erst beim Übergang auf die höchste Schwierigkeitsstufe noch einmal deutlich anzusteigen (vgl. Abb. 26).

Ein Ansteigen des Schwierigkeitsgrades veranlaßte die Versuchspersonen in der durchgeführten Studie also offensichtlich dazu, manche Teile der Videosequenzen deutlich häufiger oder länger zu betrachten als andere Teile. Temporale Mikrointeraktivität wurde also mit steigendem Schwierigkeitsgrad verstärkt genutzt, obwohl auch die Möglichkeit zu begleitendem Üben bestand.

Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad: Generell wurde erwartet, daß ein ansteigender Schwierigkeitsgrad auch bei gewährter Übemöglichkeit zu einer zunehmend intensiveren Nutzung aller Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität und damit auch zu einer Zunahme der Anzahl von Stops, Zeitlupenabschnitten, Zeitrafferabschnitten, Richtungsumkehrungen sowie von Rückwärtsabschnitten führt.

- *Suspension:* Es konnte weder gezeigt werden, daß die Anzahl der Stops mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zunahm (vgl. Tab. 21), noch konnte für die Durchschnittsdauer der Stops eine Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad gefunden werden (vgl. Tab. 22). Beide Werte blieben bei allen Schwierigkeitsstufen weitgehend auf gleichem Niveau.
- *Retardation:* Es konnte gezeigt werden, daß die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zunahm. Dabei ist eine substantielle Zunahme nur zwischen der Schwierigkeitsstufe „leicht“ und den übrigen drei Schwierigkeitsstufen zu bemerken (vgl. Tab. 23).
- *Akzeleration:* Eine Zunahme der Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad konnte nicht nachgewiesen werden (Tab. 24). Die Anzahl blieb stets auf ungefähr gleichem Niveau.
- *Richtungsumkehr:* Es zeigte sich, daß die Anzahl der Richtungsumkehrungen mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zunahm (vgl. Tab. 25). Dabei war bei der niedrigsten Schwierigkeitsstufe nur eine geringe Anzahl von Richtungsumkehrungen zu beobachten, die beim Übergang auf die nächste Stufe deutlich zunahm, um dann auf diesem Niveau zu verharren und erst beim Übergang auf die höchste Schwierigkeitsstufe noch einmal deutlich anzusteigen (vgl. Abb. 28).
- *Lineare Reversion:* Die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts, und damit die Nutzung der Teilfunktion Reversion in ihrer linearen Form, war insgesamt so gering (vgl. Tab. 26), daß dem keine Bedeutung zukommt.
- *Retardierte Reversion:* Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts, und damit die Nutzung der Teilfunktion Reversion in ihrer retardierten Form, war insgesamt so gering (vgl. Tab. 27), daß dem ebenfalls keine Bedeutung zukommt.

- *Akzelerierte Reversion*: Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts, und damit die Nutzung der Teilfunktion Reversion in ihrer akzelerierten Form, nahm mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad relativ stetig zu (vgl. Tab. 28).

Die Teilfunktionen der temporale Mikrointeraktivität wurden also mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zunehmend intensiver genutzt, auch bei eingeräumter Möglichkeit zum begleitenden Üben. Ausnahmen bildeten hier die Suspension und die Akzeleration.

Die beobachtete verstärkte Nutzung einiger Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität mit steigendem Schwierigkeitsgrad kann als Indiz dafür gelten, daß temporale Mikrointeraktivität von den VPN zur Anpassung einer zunehmenden Informationsdichte an ihr Aufnahmevermögen und/oder gleichzeitig zur Unterstützung einer kognitiven Elaboration der aufzunehmenden Informationen beim Beobachtungslernen genutzt wurde, trotz der parallel bestehenden Möglichkeit zu begleitendem Üben.

Verschiedene Verhaltensmuster bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität:

Bei der Analyse des Nutzerverhaltens in der zweiten Studie wurden fünf untereinander gut abgrenzbare Verhaltensmuster beobachtet:

1. Unerhebliche Nutzung temporaler Mikrointeraktivität: Nur sehr geringfügig wurde temporale Mikrointeraktivität genutzt [1] zur linearen Reversion (vgl. Tab. 26) und [2] zur retardierten Reversion (vgl. Tab. 27).
2. Gleichbleibende Nutzung unabhängig vom Schwierigkeitsgrad: Durchschnittlich weitgehend gleichbleibend trotz ansteigenden Schwierigkeitsgrades wurde temporale Mikrointeraktivität genutzt [1] zur Suspension (vgl. Tab. 25 und 26) und [2] zur Akzeleration (vgl. Tab. 24).
3. Sehr deutlich zunehmende Nutzung beim Übergang von der leichten zur mittleren Schwierigkeitsstufe: Bei der Anzahl der Zeitlupenabschnitte (Retardation) ließ sich eine, bei der ersten Schwierigkeitsstufe zunächst geringe, und beim Übergang auf die mittlere Stufe plötzlich stark zunehmende Nutzung beobachten. Diese verharrte anschließend ungefähr auf dem selbem Niveau, trotz weiter ansteigendem Schwierigkeitsgrad (vgl. Tab. 23).
4. Geringe Nutzung bei geringer Schwierigkeit, Anstieg auf mittleres Niveau mit Verharren, erneuter Anstieg beim Übergang zur höchsten Schwierigkeitsstufe: Eine, bei der ersten Schwierigkeitsstufe zunächst geringe, und beim Übergang auf die mittleren Stufen deutlich zunehmende Nutzung mit Verharren ungefähr auf diesem Niveau, trotz weiter steigendem Schwierigkeitsgrad, und anschließendem deutlichen Anstieg beim Übergang auf die höchste Schwierigkeitsstufe, ließ sich beobachten [1] pauschal für die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität über die Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer (vgl. Tab. 20) und [2] für die Anzahl der Richtungsumkehrungen (vgl. Tab. 25). Auch die Anzahl der Zeitlupenabschnitte bei der Retardation tendierte in diese Richtung (Abb. 27).
5. Eher stetig zunehmende Nutzung mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad: Eine mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad weitgehend stetig zunehmende Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zeigte sich für die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts bei der akzelerierten Reversion (vgl. Tab. 28).

Erneut liegt die Vermutung nahe, daß gewisse *Änderungen im Nutzerverhalten erst bei Überschreiten eines bestimmten Komplexitätsgrades* einsetzen. Vor Erreichen dieses Grades an Komplexität des dargestellten Modellverhaltens kommen die Lernenden möglicherweise mit einer bestimmten Form der kognitiven Verarbeitung des Gesehenen und/oder einer (eventuell daraus resultierenden) gewissen Art der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität noch gut zurecht. Bei Überschreiten der Komplexitätsschwelle sind sie dann, auch bei eingeräumter Möglichkeit zu begleitendem Üben, offenbar in der Mehrheit gezwungen, ihr Nutzerverhalten umzustellen, wodurch die ungleichmäßige Zunahme der Nutzung bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad entstehen dürfte.

Um diesen Aspekt näher zu beleuchten, wurde das Abschneiden der VPN nur der interaktiven Stichprobe in puncto Nutzung der Übemöglichkeit und Lerneffizienz getrennt betrachtet, ohne hierbei die Resultate der linearen Stichprobe mit einzubeziehen (vgl. Tab. 29). Die Überlegung war dabei, daß ein Zusammenhang zwischen den Verhaltensmustern bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität und der Nutzung der Übemöglichkeit, oder der erzielten Lerneffizienz, bestehen könnte.

Tabelle 29: Nutzung der Übemöglichkeit und Lerneffizienz in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad für alle Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität

Nutzer von Mikrointeraktivität (n = 18)	leicht	mittel	schwer	sehr schwer	Durchschnitt
Anzahl Übeintervalle	2.39 (0.98)	2.83 (1.25)	2.22 (0.88)	3.38 (1.19)	2.71 (1.15)
Gesamtdauer Beobachtungsintervalle	149.51 (52.65)	142.47 (66.28)	162.49 (66.21)	203.75 (75.45)	164.56 (68.08)
Gesamtdauer Übeintervalle	134.46 (112.99)	146.28 (137.43)	108.64 (78.26)	220.05 (115.35)	152.36 (117.36)
Gesamte Lernzeit	283.98 (150.84)	288.75 (191.16)	271.13 (133.62)	423.80 (181.74)	316.92 (172.81)

Vom Trend her zeigt sich, daß ein deutlicher Effekt des ansteigenden Schwierigkeitsgrades auf die Nutzung der Übemöglichkeit und die Lerneffizienz nur für die höchste Schwierigkeitsstufe gegeben ist, während bei den anderen drei Stufen Resultate auf eher gleichbleibendem Niveau zu beobachten waren (vgl. Tab.29).

Damit liegt für die Nutzung der Übemöglichkeit und die Lerneffizienz der Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad ein Muster vor, das sich auffällig von den fünf oben beschriebenen Verhaltensmustern bei der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität selbst unterscheidet.

Ein Zusammenhang zwischen dem Nutzerverhalten bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad auf der einen Seite und der mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad erreichten Lerneffizienz auf der anderen Seite scheint auch bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben nicht zu bestehen.

Vergleich des Verhaltens bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zwischen der ersten und der zweiten Studie: Durch die Verwendung derselben Lernaufgaben in der ersten und in der zweiten Studie (vgl. Abschnitte 6.3.2 bzw. 7.3.2) bietet sich die Möglichkeit eines direkten Vergleiches des Verhaltens bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität durch die VPN in den interaktiven Stichproben beider Experimente. Um eine gewisse Vergleichbarkeit der Resultate zu ermöglichen, wurde bei der Ermittlung des Verhaltens der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität in der zweiten Studie deren Übeverhalten ignoriert und die entsprechenden Zeiträume für Übeintervalle nachträglich herausgerechnet.

Generell wurde angenommen, daß das Verhalten der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität sich zwischen beiden Studien unterscheiden würde, da in der zweiten Studie zusätzlich die Möglichkeit zu begleitendem Üben bestand. In der folgenden Tabelle werden die Ergebnisse aus beiden Studien im Vergleich dargestellt (vgl. Tab. 30). Dabei wird zu jeder erhobenen abhängigen Variablen der Mittelwert und das jeweilige Muster der Zunahme bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad für beide Studien dargestellt.

Tabelle 30: Nutzerverhalten bei der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität in beiden Studien

Nutzung der Mikrointeraktivität	1. Studie		2. Studie	
	Mittelwert (Standardabweichung)	Zunahme	Mittelwert (Standardabweichung)	Zunahme
Standardabw. aggregierte Betrachtungsdauer	3.73 (2.18)		3.70 (2.17)	
Anzahl Stops	18.17 (14.52)		2.96 (2.28)	
Durchschnittsdauer Stops	2.74 (1.26)		16.86 (21.12)	
Anzahl Zeitlupenabschnitte vorwärts	7.67 (8.83)		5.60 (6.31)	
Anzahl Zeitrafferabschnitte vorwärts	6.09 (5.37)		6.83 (6.89)	
Anzahl Richtungsumkehrungen	22.25 (15.35)		23.81 (24.06)	
Anzahl Normaltempoabschnitte rückwärts	0.47 (0.97)	zu geringe Nutzung	0.26 (0.24)	zu geringe Nutzung
Anzahl Zeitlupenabschnitte rückwärts	1.27 (2.22)		0.79 (0.80)	zu geringe Nutzung
Anzahl Zeitrafferabschnitte rückwärts	10.28 (6.69)		11.64 (11.76)	

Unterschiede im Nutzerverhalten zeigten sich vor allem bei folgenden Punkten:

- *Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer*: Die Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad erfolgte in der ersten Studie beim Übergang zur Schwierigkeitsstufe „mittel“, um dann auf dem gleichen Niveau zu verharren. In der zweiten Studie war ein ähnliches Muster zu beobachten, nur daß die Variabilität mit der höchsten Schwierigkeitsstufe noch einmal deutlich zunahm.
- *Suspension*: Die Anzahl der Stops war in der ersten Studie wesentlich höher und nahm außerdem mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad deutlich zu, während sie in der zweiten Studie eher gering blieb und keine Zunahme zu beobachten war. Die Durchschnittsdauer der Stops war in der zweiten Studie dafür wesentlich länger.
- *Retardation*: Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts war in der zweiten Studie etwas geringer, das Muster der Zunahme aber identisch.
- *Reversion*: Die Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts war in der zweiten Studie sehr gering, während in der ersten Studie noch eine gewisse Nutzung bei relativ stetiger Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zu beobachten war. Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts war in der zweiten Studie etwas höher als in der ersten Studie.

Übereinstimmungen im Nutzerverhalten zeigten sich vor allem bei folgenden Punkten:

- *Variabilität der aggregierten Betrachtungsdauer*: Die Mittelwerte der Standardabweichung der aggregierten Betrachtungsdauer waren in beiden Studien nahezu identisch, was für ähnlich intensive Nutzung temporaler Mikrointeraktivität spricht.
- *Akzeleration*: Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts war in beiden Studien nahezu gleich, wobei in beiden Fällen keine Zunahme mit steigendem Schwierigkeitsgrad vorlag.
- *Richtungsumkehrung*: Die Anzahl der Richtungsumkehrungen war in beiden Studien ähnlich, wobei sich aber gewisse Unterschiede bei der Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zeigten.
- *Reversion*: In beiden Studien war jeweils die Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts unerheblich gering. Die Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts war sehr ähnlich und das Muster der Zunahme identisch.

Das Verhalten bei der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität ohne Möglichkeit zu begleitendem Üben unterschied sich vom Nutzerverhalten bei gewährter Möglichkeit zu begleitendem Üben in erster Linie bei der Nutzung der Teilfunktion Suspension. Während ohne Übemöglichkeit viele kurze Stops und eine Zunahme mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad zu beobachten waren, zeigten sich mit Übemöglichkeit nur wenige lange Stops ohne Zunahme bei Anstieg des Schwierigkeitsgrades.

Ansonsten zeigten die Nutzer von Mikrointeraktivität ohne und mit der Möglichkeit zu begleitendem Üben ein eher ähnliches Verhalten bei der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität. Die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität wurde also durch die gewährte Übemöglichkeit zwar beeinflusst, aber kaum verringert.

Fazit der Diskussion:

- Die in der zweiten Studie gewährte Möglichkeit zum begleitenden Üben wurde von den VPN beider Stichproben (interaktiv und linear) angenommen und relativ intensiv genutzt, wobei sich eine Zunahme mit ansteigender Schwierigkeit zeigte.
- Die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität machten dabei von der Übemöglichkeit deutlich seltener und kürzer Gebrauch, auch bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad, und steigerten so ihre Lerneffizienz, indem sie die Zeiträume für begleitendes Üben im Vergleich zu den Nutzern linearer Videodarbietung verkürzten.
- Auch durch eine Verkürzung der benötigten gesamten Beobachtungszeit (ohne Übezeit) führte die parallele Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität und begleitendem Üben zu einer Steigerung der Lerneffizienz im Vergleich mit der Nutzung von linearer Videodarbietung und begleitendem Üben. Diese Steigerung blieb auch bei ansteigendem Schwierigkeitsgrad nachweisbar.
- Temporale Mikrointeraktivität wurde von den VPN in der interaktiven Stichprobe trotz der gewährten Übemöglichkeit relativ rege genutzt. Pauschal gesehen gab es dabei kaum Unterschiede zur ersten Studie (ohne die Übemöglichkeit).
- Auch die verschiedenen Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität wurden von den VPN trotz der gewährten Übemöglichkeit relativ intensiv genutzt, mit Ausnahme der linearen und retardierten Reversion, die kaum eingesetzt wurden.
- Die beschriebene Verkürzung der Beobachtungszeiten bei Nutzern von temporaler Mikrointeraktivität im Vergleich zu Nutzern linearer Videodarbietung erklärt sich unter anderem durch die intensive Nutzung der Teilfunktionen „Akzeleration“ und „akzelerierte Reversion“ (zusammen durchschnittlich 19 mal pro Lernvorgang), die ein gezieltes Überspringen von Abschnitten erlaubte, was Nutzern linearer Videodarbietung nicht möglich war. Dadurch trat für Nutzer temporaler Mikrointeraktivität eine Zeitersparnis bei der Beobachtung ein.
- Die mehrfach beobachtete, ungleichmäßige Zunahme der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität oder ihrer Teilfunktionen mit steigendem Schwierigkeitsgrad ist vermutlich dadurch zu erklären, daß bestimmte Verhaltensänderungen bei der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität erst bei Überschreiten eines gewissen Grades an Komplexität des zu erlernenden Modellverhaltens einsetzten, wodurch sich die beobachtete ungleichmäßige Zunahme der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität erklären dürfte. Dieses bereits in der ersten Studie beobachtete Verhalten war auch in der zweiten Studie wieder aufgetreten, trotz der gewährten Möglichkeit zum begleitenden Üben.
- Ein direkter Zusammenhang zwischen den beobachteten fünf unterschiedlichen Verhaltensmustern bei der Nutzung der Mikrointeraktivität und der mit steigendem Schwierigkeitsgrad erreichten Lerneffizienz scheint nicht vorzuliegen.
- Deutliche Unterschiede im Verhalten bei der Nutzung temporaler Mikrointeraktivität zwischen der ersten Studie, ohne Übemöglichkeit, und der zweiten Studie, mit Übemöglichkeit, zeigten sich nur bei der Nutzung der Teilfunktion Suspension. Alle anderen Teilfunktionen wurden mit und ohne angebotene Möglichkeit zu begleitendem Üben weitgehend ähnlich genutzt.

Fungierte temporale Mikrointeraktivität als Übe-Äquivalent beim Aufbau von Handlungsplänen? Speziell die beschriebene, gesicherte Beobachtung, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität deutlich seltener und kürzer von der angebotenen Möglichkeit zu begleitendem Üben Gebrauch machten und dabei dennoch höhere Lerneffizienz zeigten, legt die Schlußfolgerung nahe, daß temporale Mikrointeraktivität ihren Nutzern beim Aufbau von Handlungsplänen als Übe-Äquivalent diene.

Der Autor dieser Arbeit geht aufgrund der beobachteten Effekte davon aus, daß die Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität im hier durchgeführten Experiment den Versuchspersonen beim intentionalen Beobachtungslernen von Bewegungs- und Handlungsabläufen als Übe-Äquivalent diene. Durch dieses spezielle Potential von neuem interaktivem Video wurden die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität nach Meinung des Autors beim Aufbau von Handlungsplänen zusätzlich unterstützt. Dies war nach Meinung des Autors unter anderem auch ursächlich für die durchschnittlich höhere Lerneffizienz der Nutzer temporaler Mikrointeraktivität mit Übung, im direkten Vergleich mit den Nutzern von linearer Videodarbietung mit Übemöglichkeit. Der durch temporale Mikrointeraktivität deutlich verbesserte Zugang zu den Informationen des Modellverhaltens führte dabei zusätzlich zu einer Steigerung der Lerneffizienz.

8 Schlußbetrachtung

Als Fazit aus der in Kapitel 2 bis 4 vorgestellten Theorie und Forschungslage zum Thema des intentionalen Beobachtungslernens von Bewegungs- und Handlungsabläufen mit interaktivem Video und temporaler Mikrointeraktivität wurden in Kapitel 5 drei generelle Thesen vorgestellt:

These 1: Temporale Mikrointeraktivität erhöht Lernerfolg und Lerneffizienz.

These 2: Temporale Mikrointeraktivität wird zur Steuerung des Informationsflusses genutzt.

These 3: Temporale Mikrointeraktivität fungiert als Übe-Äquivalent beim Aufbau eines Handlungsplanes.

Die im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit durchgeführten zwei empirischen Studien hatten zum Ziel, im Verhalten von Versuchspersonen beim Beobachtungslernen Anhaltspunkte zu finden, die es erlauben, die vorgestellten Thesen zu untermauern oder zu verwerfen. Die Resultate dieser Bemühungen wurden in Kapitel 6 und 7 ausführlich vorgestellt. An dieser Stelle soll nun zusammenfassend dargestellt werden, inwieweit die empirisch gefundenen Ergebnisse die vorgestellten Thesen bestätigen oder in Frage stellen. Darüber hinaus sollen auf Basis der angefallenen Erkenntnisse verschiedene Empfehlungen für den praktischen Einsatz neuerer Formen interaktiven Videos und temporaler Mikrointeraktivität in Lernsituationen vorgestellt werden.

Erhöht temporale Mikrointeraktivität Lernerfolg und Lerneffizienz? Da das Vorliegen eines mentalen Handlungsplanes als solches empirisch nicht direkt überprüfbar ist, wurde stattdessen anhand der Leistungen bei der Reproduktion des gelernten Modellverhaltens durch die Lernenden auf das Vorliegen eines mehr oder weniger adäquaten Handlungsplanes (vgl. Abschnitt 2.7) geschlossen, der in den durchgeführten Studien nur über das vorangegangene Beobachtungslernen erworben worden sein konnte, da es sich bei allen Versuchspersonen um Novizen handelte (vgl. Abschnitte 6.3.1 und 7.3.1).

Im direkten Vergleich mit den Reproduktionsleistungen einer Gruppe von Versuchspersonen, die nur lineare Videobetrachtung nutzen konnte, schnitten die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität und interaktivem Video beim Lernerfolg und bei der Lerneffizienz überwiegend deutlich besser ab.

Auf der Basis der beobachteten Effekte läßt sich darauf schließen, daß die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität und interaktivem Video im Rahmen der experimentellen Bedingungen der durchgeführten Studien eine unterstützende Wirkung für den Aufbau von adäquaten mentalen Handlungsplänen beim Beobachtungslernen hatte, die lineare Videodarbietung so nicht vorweisen konnte.

Die beobachtete unterstützende Wirkung wird vom Autor der hier vorgelegten Arbeit darauf zurückgeführt, daß [1] durch die speziellen Möglichkeiten der temporalen Mikrointeraktivität eine deutliche Verbesserung des Zugangs zu Informationen bei der Betrachtung des Modellverhaltens im Vergleich zu linearer Videobetrachtung gegeben

war, daß [2] die lernerkontrollierte Ablaufsteuerung ein selbstgesteuertes aktives Lernen herausforderte und daß [3] durch die speziellen Möglichkeiten der temporalen Mikrointeraktivität den Nutzern eine individuelle Anpassung des Informationsflusses an ihre persönliche Aufnahmekapazität und ihre individuellen Lernbedürfnisse möglich war.

Wird temporale Mikrointeraktivität zur Steuerung des Informationsflusses genutzt?

Der Frage, ob die Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität deren Möglichkeiten tatsächlich dazu genutzt haben, um eine individuelle Steuerung des Informationsflusses und der Informationsdichte beim Beobachtungslernen vorzunehmen, wurde bei der Auswertung der beiden empirischen Studien durch die Analyse des Nutzerverhaltens bei der Nutzung der temporalen Mikrointeraktivität und ihrer Teilfunktionen nachgegangen.

Dabei zeigte sich, daß in beiden Experimenten eine rege Nutzung der Teilfunktionen temporaler Interaktivität durch die VPN in der interaktiven Bedingung stattfand (vgl. Abschnitte 6.4.2 und 7.4.3). Die Nutzung war in beiden Studien weitgehend ähnlich, obwohl in der zweiten Studie begleitende Übung zugelassen war. Unterschiede in der Nutzung zeigten sich nur bei der Teilfunktion Suspension, die in der zweiten Studie deutlich seltener, aber dafür durchschnittlich länger genutzt wurde (vgl. Abschnitte 7.4.3 und 7.5). In beiden Studien wurde die Möglichkeit zur Reversion ganz überwiegend nur zum schnellen Rücksprung genutzt. Auffällig war auch ein in beiden Studien mehrfach zu beobachtender, sprunghafter Anstieg der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität oder ihrer Teilfunktionen bei Überschreiten einer gewissen Schwelle im Schwierigkeitsgrad (vgl. Abschnitt 7.5).

Auf der Basis der beobachteten Effekte kann davon ausgegangen werden, daß die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität den Versuchspersonen im Rahmen der experimentellen Bedingungen der durchgeführten Studien zur individuellen Steuerung des Informationsflusses beim intentionalen Beobachtungslernen diente.

Wäre dem nicht so gewesen, so hätte sich in den Ergebnissen beider Studien nur sehr geringe Nutzung temporaler Mikrointeraktivität oder ihrer Teilfunktionen zeigen müssen, weil eine weitgehend lineare Betrachtung der Videosequenzen auch durch die VPN in der interaktiven Bedingung stattgefunden hätte, was aber nicht der Fall war.

Fungiert temporale Mikrointeraktivität als Übe-Äquivalent beim Aufbau eines Handlungsplanes?

Ob die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität ihren Nutzern als Übe-Äquivalent beim Beobachtungslernen diente, läßt sich am besten daran ablesen, wie häufig oder intensiv sie von der zusätzlich angebotenen Möglichkeit zu realem Üben Gebrauch machten, im Vergleich mit den Nutzern linearer Videodarbietung, die nur über die reale Übemöglichkeit verfügten.

Dabei zeigte sich, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität deutlich seltener und kürzer von der realen Übemöglichkeit Gebrauch machten als die Nutzer linearer Videodarbietung (vgl. Abschnitte 7.4.1 und 7.4.2)

Auf der Basis der beobachteten Effekte läßt sich darauf schließen, daß die Nutzung temporaler Mikrointeraktivität ihren Nutzern im Rahmen der experimentellen Bedingungen der durchgeführten Studien als Übe-Äquivalent für den Aufbau von adäquaten mentalen Handlungsplänen beim Beobachtungslernen diente.

Die mit der zweiten Studie beobachteten Unterschiede in der Nutzung der angebotenen Überehmöglichkeit (vgl. Abschnitte 7.4.1 und 7.4.2) lassen daher nur den Schluß zu, daß die Nutzer temporaler Mikrointeraktivität während eben dieser Nutzung, bewußt oder unbewußt, kognitive Aktivitäten vornahmen, die dem Aufbau eines adäquaten Handlungsplanes beim Beobachtungslernen dienten und die von der Nutzern linearer Videobetrachtung beim realen Üben erst „nachgeholt“ werden mussten. Dafür spricht indirekt auch die unterschiedliche Nutzung der Teilfunktion Suspension in beiden Studien (vgl. Abschnitt 7.5). Die wesentlich geringere Nutzung in der zweiten Studie könnte daher rühren, daß Teile der kognitiven Aktivitäten, die bei der Nutzung dieser Teilfunktion in der ersten Studie ausgeführt wurden, in der zweiten Studie auf die reale Überehmöglichkeit „ausgelagert“ wurden, was nur Sinn macht, wenn beide Möglichkeiten eine ähnliche Wirkung für den Aufbau des Handlungsplanes haben.

Empfehlungen für den praktischen Einsatz von interaktivem Video:

- Beim Einsatz von Video in interaktiven multimedialen Lernprogrammen sollten möglichst nur kurze Videosequenzen (ca. 10 bis 120 Sekunden) verwendet werden, um eine passive Rezeptionshaltung zu vermeiden (vgl. z. B. Bork, 1987).
- Sollen dem Videomaterial im Rahmen von intentionalem Beobachtungslernen Informationen zum Aufbau von Handlungsplänen entnommen werden, dann ist die Implementation temporaler Mikrointeraktivität sinnvoll.
- Dabei sollten möglichst alle in dieser Studie verwendeten Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität realisiert werden, mindestens aber die Suspension und die Retardation sowie die Möglichkeit zur Wiederholung (vgl. Bandura, 1976; Olivier, 1987; Müller, 1995; Wiemeyer, 1995; Weidenmann, 1994 und 1997,1).
- Auf den Einsatz der Audioinformationen einer Videosequenz sollte bei Nutzung temporaler Mikrointeraktivität verzichtet werden, um Entstellungen zu vermeiden. Eine elegante Lösung ist, die Audiospuren nur bei Normalgeschwindigkeit abspielbar zu machen und bei anderen Geschwindigkeiten zu unterdrücken.
- Die adäquate Nutzung der Teilfunktionen temporaler Mikrointeraktivität sollte den Lernenden durch eine entsprechende Instruktion (Tutorial) vor Beginn des Beobachtungslernens vermittelt werden.
- Das zu erlernende Modellverhalten soll möglichst aus der subjektiven Perspektive des künftigen Lernenden gefilmt werden (vgl. Roshal, 1949 und 1961).
- Auf das Angebot einer Möglichkeit zu begleitendem Üben kann unter Umständen teilweise oder ganz verzichtet werden, wenn stattdessen temporale Mikrointeraktivität zur Verfügung steht.
- Dies ist speziell dann von Vorteil, wenn die Realisierung einer Möglichkeit zu begleitendem Üben sehr teuer, riskant, kompliziert oder aus anderen Gründen nicht praktikabel ist.

9 Ausblick

Nicht beantwortet werden konnten mit der hier vorgelegten Arbeit die folgenden Forschungsfragen, die sich im Zusammenhang mit dem untersuchten Themenbereich und bei der Durchführung und Auswertung der empirischen Studien ergaben:

- Welche Auswirkungen hat die Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität beim intentionalen Beobachtungslernen auf die *Langzeitbehaltensleistung*?
- Welche Auswirkungen hat der *Wegfall der Audiokomponente* von Videosequenzen auf das Beobachtungslernen? Macht es Sinn diese wieder anzubieten?
- Mit welchen Effekten für das Beobachtungslernen ist zu rechnen, wenn neben temporaler auch *spatiale Mikrointeraktivität* zum Einsatz kommt?
- Inwiefern ist es hilfreich für das Beobachtungslernen, wenn der Lernende mit Hilfe von spatialer Mikrointeraktivität seinen *Blickwinkel frei wählen* kann?
- Inwiefern ist es hilfreich für das Beobachtungslernen, wenn der Lernende mit Hilfe von spatialer Mikrointeraktivität den *Bildausschnitt* und die *Vergrößerung (Zoom) frei wählen* kann? Soll dabei auch *Vollbildmodus* möglich sein?
- Inwieweit ist es sinnvoll, mit Hilfe von spatialer Mikrointeraktivität durch Mausklick auf Objekte im Videofenster (hot spots) *Zusatzinformationen innerhalb oder außerhalb des Videofensters aufrufbar* zu machen?
- Wie ist die Wirkung von Mikrointeraktivität auf den Wissenserwerb durch die Betrachtung von Videosequenzen auch *außerhalb des Beobachtungslernens* einzuschätzen?
- Läßt sich eine *Kategorisierung existierender Wissensdomänen* durchführen hinsichtlich der Frage, ob sie sich für die Vermittlung durch selbstgesteuertes Lernen mit interaktivem Video eignen? Wenn ja, ist *Makrointeraktivität, Mikrointeraktivität* oder eine *Kombination* aus beiden günstiger?
- Läßt sich bei Bewegungs- und Handlungsabläufen die im Rahmen der hier vorgelegten Arbeit postulierte *Ungleichverteilung der Informations- und Ereignisdichte entlang der Zeitachse* beim Ablauf *empirisch belegen*?
- Läßt sich auf der Basis der so gewonnenen Daten ein *Zusammenhang von hoher lokaler Informationsdichte* an gewissen Stellen mit einer *intensivierten Nutzung von Mikrointeraktivität* an denselben Stellen nachweisen?

Die hier aufgezählten Fragestellungen bieten somit ein weites Feld von Betätigungsmöglichkeiten für die zukünftige wissenschaftliche Arbeit an. Es scheint dabei durchaus denkbar, daß sich in Zukunft noch weitere Dimensionen interaktiver Steuerung von Videosequenzen entwickeln oder verstärkt durchsetzen werden. Der derzeitige rasante technologische Fortschritt im Bereich von Computern und Multimedia läßt vermuten, daß auf diesem Gebiet noch weitere Innovationen zu erwarten sind. In der wissenschaftlichen Begleitung dieser Entwicklungen steckt daher erhebliches Potential für künftige Forschungsaktivitäten.

10 Literatur

- Acker, S. R., & Klein, E. L. (1986). Visualizing spatial tasks: a comparison of computer graphic and full-band video displays. *Educational Communication and Technology Journal*, 34(1), 21-30.
- Adams, J. A. (1990). The changing face of motor learning. *Human Movement Science*, 9, 209-220.
- Adl-Amini, B. (1994). Zum Begriff des „Mediums“ und seiner Einordnung im Umfeld neuer Technologien. In: Petersen, J., & Reinert, G.-B. [Hrsg.]. *Lehren und Lernen im Umfeld neuer Technologien. Reflexionen vor Ort*. Frankfurt/Main: Lang, 11-31.
- Allen, B. S. (1986). A theoretical framework for interactivating linear video. *Journal of Computer Based Instruction*, 13, 107-112.
- Allen, W. H., & Weintraub, R. (1968). *The motion variables in film presentation* (OE Final Report, Project No. 5-1125). Los Angeles: University of Southern California, Department of Cinema. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 027 750).
- Anderson, D. R., & Lorch, E. P. (1983). Looking at television: action or reaction? In: Bryant, J., & Anderson D. R. [Hrsg.]. *Children's understanding of television: research on attention and comprehension*. New York: Academic Press, 1-33.
- Anderson, J. R. (1976). *Language, memory, and thought*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Anderson, J. R. (1980). *Cognitive psychology and its implications*. San Francisco.
- Anderson, J. R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, 89, 369-406.
- Anderson, J. R. (1995). *Learning and memory: an integrated approach*. New York: John Wiley.
- Anderson, N. H. (1996). *A functional theory of cognition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Arnone, M. P., & Grabowski, B. L. (1992). Effects on children's achievement and curiosity of variations in learner control over an interactive video lesson. *Educational Technology Research and Development*, 40(1), 15-27.
- Arwady, J. W., & Gayeski, D. M. (1989). *Using video. Interactive and linear designs*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Baggett, P. (1979). Structurally equivalent stories in movie and text and the effect of the medium on recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 18, 333-356.
- Baggett, P. (1987). Learning a procedure from multimedia instructions: the effects of film and practice. *Applied Cognitive Psychology*, 1(3), 183-195.
- Baggett, P. (1988). The role of practice in videodisc-based procedural instructions. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 18(4), 487-496.

- Ballstaedt, S.-P., Molitor, S., & Mandl, H. (1989). Wissen aus Text und Bild. In: Groebel, J., & Winterhoff-Spurk, P. [Hrsg.]. *Empirische Medienpsychologie*. München: Psychologie Verlags Union, 105-133.
- Bandura, A. (1965). Vicarious processes: a case of no-trial learning. In: Berkowitz, L. [Hrsg.]. *Advances in experimental social psychology, Vol II*. New York: Academic Press, 1-55.
- Bandura, A. (1969). *Principles of behavior modification*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Bandura, A. (1971). *Psychological modeling: conflicting theories*. Chicago: Aldine-Atherton.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: a social cognitive theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Bandura, A. (1989). Die sozial-kognitive Theorie der Massenkommunikation. In: Groebel, J., & Winterhoff-Spurk, P. [Hrsg.]. *Empirische Medienpsychologie*. München: Psychologie Verlags Union, 7-32.
- Bandura, A. [Hrsg.] (1976). *Lernen am Modell*. Stuttgart: Klett.
- Bandura, A., & Jeffrey, R. W. (1973). Role of symbolic coding and rehearsal processes in observational learning. *Journal of Personality & Social Psychology*, 26, 122-130.
- Bandura, A., Grusec, J. E., & Menlove, F. L. (1966). Observational learning as a function of symbolization and inventive set. *Child Development*, 37, 499-506.
- Bandura, A., Jeffrey, R. W., & Bachicha, D. L. (1974). Analysis of memory codes and cumulative rehearsal in observational learning. *Journal of Research in Personality*, 7, 295-305.
- Barker, R. G. [Hrsg.] (1963). *The stream of behavior*. New York: Appleton.
- Barnard, J. (1992-1993). Video-based instruction: issues of effectiveness, interaction, and learner control. *Journal of Educational Technology Systems*, 21, 45-50.
- Bassili, J. N. (1997). Emotion recognition: the role of facial movement and the relative importance of upper and lower areas in the face. *Journal of Personality & Social Psychology*, 37, 2049-2058.
- Bates, A. W. (1987). *Teaching, media choice and cost-effectiveness of alternative delivery systems*. Walton, Bletchley, Bucks, England: Institute of Educational Technology, Open University. (ERIC document reproduction service No. ED 292 441).
- Biermann, H. (1994). Lehren und Lernen mit Computern. In: Petersen, J., & Reinert, G.-B. [Hrsg.]. *Lehren und Lernen im Umfeld neuer Technologien. Reflexionen vor Ort*. Frankfurt/Main: Lang, 123-141.
- Blischke, K. (1988). *Bewegungslernen mit Bildern und Texten*. Köln: bps.
- Böcker, M. & Mühlbach, L. (1994). Telepräsenz und Fernlernen. In: Günther, A. [Hrsg.]. *Computerbasiertes Training und Fernlernen*. Berlin: Dr. Hans-Joachim Köster, 45-50.
- Bork, A. (1987). Lessons from computerbased learning. In: Laurillard, D. [Hrsg.]. *Interactive media: working methods and practical applications*. Chichester: Ellis Horwood, 28-43.

-
- Bortz, J. (1993). *Statistik für Sozialwissenschaftler*, 4. Aufl. Berlin: Springer.
- Bortz, J., & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation für Sozialwissenschaftler*, 2. Aufl. Berlin: Springer.
- Boyle, T. (1997). *Design for multimedia learning*. London: Prentice Hall.
- Bransford, J. D., Sherwood, R. D., Hasselbring, T. S., Kinzer, C. K., & Williams, S. M. (1990). Anchored instruction: why we need it and how technology can help. In: Nix, D., & Spiro, R. J. [Hrsg.]. *Cognition, education, and multimedia: exploring ideas in high technology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 115-141.
- Bronckhardt, J. -P. (1973). The regulating role of speech. *Human Development*, 16, 417-439.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. In: Yazdani, M., & Lawler, R. W. [Hrsg.]. *Artificial intelligence and education*, VI, 2. Norwood, NJ: Ablex, 245-275.
- Brown, S. (1983). *Videocassettes versus broadcasts*. Walton, Bletchley, Bucks, England: Institute of Educational Technology, Open University. (ERIC document reproduction service No. ED 298 953).
- Brown, S., Nathenson, M., & Kirkup, G. (1982). Learning from evaluation at the Open University II. Helping students to learn from audio-visual media. *British Journal of Educational Technology*, 13, 217-236.
- Butcher, P. G. (1987). Computer-assisted learning and interactive video. In: Laurillard, D. [Hrsg.]. *Interactive media: working methods and practical applications*. Chichester: Ellis Horwood, 44-59.
- Carrier, C., Davidson, G., Higston, V., & Williams, M. (1984). Selection of options by field independent and field dependent children in a computer concept lesson. *Journal of Computer-Based-Instruction*, 11, 49-54.
- Carroll, J. M. [Hrsg.] (1991). *Designing interaction: psychology at the human computer interface*. Cambridge: University Press.
- Carroll, W. R., & Bandura, A. (1987). Translating cognition into action: the role of visual guidance in observational learning. *Journal of Motor Behavior*, 19(3), 385-398.
- Carroll, W. R., & Bandura, A. (1990). Representational guidance of action production in observational learning. *Journal of Motor Behavior*, 22, 85-97.
- Cavalier, R. J. (1991). The multiple dimensions of interactive video. In: Dowrick, P. W. *Practical guide to using video in the behavioral sciences*. New York: John Wiley & Sons, 143-152.
- Cennamo, K. S., Savenye, W. C., & Smith, P. L. (1991). Mental effort and video-based learning: the relationship between preconceptions and the effects of interactive and covert practice. *Educational Technology Research and Development*, 39, 5-16.
- Chamberlain, C. J., & Lee, T. D. (1993). Arranging practice conditions and designing instruction. In: Singer, R. N., & Murphey, M., & Tennant, L. K. [Hrsg.]. *Handbook of Research on Sport Psychology*. New York: Macmillan, 213-241.
-

- Chen & Rada, (1996). Interactivity with hypertext. A metaanalysis of experimental studies. *Human Computer Interaction*, 11, 125-156.
- Christel, M. G. (1994). The role of visual fidelity in computer based instruction. *Human Computer Interaction*, 9(2), 183-223.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual encoding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53, 445-459.
- Clark, R. E. (1984). A reply to Petkovich and Tennyson. *Educational Communication and Technology Journal*, 33, 238-241.
- Clark, R. E., & Craig, T. G. (1992). Research and theory on multi-media learning effects. In: Giardani, M. [Hrsg.]. *Interactive Multimedia Learning Environments*. Berlin: NATO ASI-Series, Vol. 93, 19-30.
- Clark, R. E., & Salomon, G. (1986). Media in teaching. In: Wittrock, M. C. [Hrsg.]. *Handbook of research on teaching. Third Edition*. New York: Macmillan, 464-478.
- Clark, R. E., & Snow, R. E. (1975). Alternative designs for instructional technology research. *AV Communication Review*, 23(4), 373-394.
- Clark, R. E., & Sugrue, B. M. (1989). North American disputes about research on learning from media. *Review of Educational Research*, 14(6), 507-520.
- Cohen, J. (1973). Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor ANOVA designs. *Educational Psychology Measurement*, 33, 107-112.
- Collins, A. (1996). Design issues for learning environments. In: Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. [Hrsg.]. *International perspectives on the design of technology-supported learning environments*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 347-361.
- Corno, L., & Snow, R. E. (1986). Adapting teaching to individual differences among learners. In: Wittrock, M. C. [Hrsg.]. *Handbook of research on teaching. Third Edition*. New York: Macmillan, 605-629.
- Dalton, D. W. (1986). The efficacy of computer-assisted video instruction on rule learning and attitudes. *Journal of Computer-Based Instruction*, 14, 138-141.
- Dalton, D. W., & Hannafin, M. J. (1987). The effects of knowledge-versus context-based design strategies on information and application learning from interactive video. *Journal of Computer Based Instruction*, 14, 138-141.
- Daug, R., & Blischke, K. (1984). Sensomotorisches Lernen. In: Carl, K., Kayser, D., Mechling, H., & Reising, W. [Hrsg.]. *Handbuch Sport, Band 1*. Düsseldorf, 381-420.
- De Witt, C. (1993). *Pädagogische Theorien der Interaktion im Zeitalter Neuer Technologien*. Europäische Hochschulschriften, Reihe XI Pädagogik, Bd. 523. Frankfurt/Main.
- Dempsey, J. H., & Sales, G. C. [Hrsg.] (1993). *Interactive instruction and feedback*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.

- Dickman, H. R. (1963). The perception of behavioral units. In: Barker, R. G. [Hrsg.]. *The stream of behavior*. New York: Appleton.
- Dieterich, R. (1994). Simulation als Lernmethode. In: Petersen, J., & Reinert, G.-B. [Hrsg.]. *Lehren und Lernen im Umfeld neuer Technologien. Reflexionen vor Ort*. Frankfurt/Main: Lang, 207-224.
- Dirlich, G., Freska, C., Schwatlo, U., & Wimmer, K. [Hrsg.] (1986). *Kognitive Aspekte der Mensch-Computer-Interaktion*. Berlin: Springer.
- Dirlich, G., Furbach, U., & Freksa, C. (1985). Aspekte der Wissensrepräsentation in künstlichen Systemen. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 121-130.
- Dittler, U., & Mandl, H. (1994). Computerspiele unter pädagogisch-psychologischer Perspektive. In: Petersen, J., & Reinert, G.-B. [Hrsg.]. *Lehren und Lernen im Umfeld neuer Technologien. Reflexionen vor Ort*. Frankfurt/Main: Lang, 95-122.
- Dowrick, P. W. (1991). *Practical guide to using video in the behavioral sciences*. New York: John Wiley & Sons.
- Düker, H. & Tausch, R. (1957). Über die Wirkung der Veranschaulichung von Unterrichtsstoffen auf das Behalten. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 4, 384-400.
- Dwyer, F. J. (1978). *Strategies for improving visual learning*. State College, PA: Learning Service.
- Engelkamp, J. (1991). *Das menschliche Gedächtnis*. Göttingen: Hogrefe.
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1990). Unterschiede der Repräsentation und Verarbeitung von Wissen in Abhängigkeit von Kanal, Reizmodalität, Inhalt und Aufgabenstellung. In: Böhme-Dürr, K., Emig, J., & Seel, N. [Hrsg.]. *Wissensveränderung durch Medien*. München: Saur Verlag.
- Ertelt, B. J. (1989). Report: Lernsysteme mit Computer-Video-Kopplung. *Medienpsychologie*, 1(1), 75-85.
- Euler, D. (1992). *Didaktik des computerunterstützten Lernens: Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*. Nürnberg: BW Bildung und Wissen Verlag.
- Falzon, P. [Hrsg.] (1990). *Cognitive ergonomics: understanding, learning and designing human-computer interaction*. London: Academic Press.
- Ferrari, M. (1996). Observing the observer: self-regulation in the observational learning of motor skills. *Developmental Review*, 16(2), 203-240.
- Fleming, M. L., & Levie, H. (1978). *Instructional message design*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Floyd, S. (1982). Thinking interactively. In: Floyd, S., & Floyd, B. [Hrsg.]. *Handbook of interactive video*. White Plains, NY: Knowledge Industry Publications.
- Ford, N., & Ford, R. (1993). Towards a cognitive theory of information accessing: an empirical study. *Information Processing & Management*, 29(5), 569-585.
- Frey, D. K. (1994). Analysis of students' perceptual styles and their use of multimedia. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1, Pt 2), 643-649.

- Freyd, J. (1983). The mental representation of movement when static stimuli are viewed. *Perception & Psychophysics*, 33, 575-581.
- Freyd, J. (1987). Dynamic mental representations. *Psychological Review*, 94(4), 427-438.
- Fuhrer, U. (1984). Kognitive Prozesse beim sportmotorischen Lernen durch Beobachtung. *Sportwissenschaft*, 14(2), 175-186.
- Garner, R. (1988). Verbal-report data on cognitive and metacognitive strategies. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 63-76.
- Gay, G. (1986). Interaction of learner control and prior understanding in computer assisted video instruction. *Journal of Educational Psychology*, 78, 225-227.
- Gay, G., & Mazur, J. (1991). Navigating in hypermedia. In: Berk, E., & Devlin, J. [Hrsg.]. *Hypertext/Hypermedia Handbook*. New York: Intertext, 271-283.
- Gay, G., Trumbull, D., & Smith, J. (1988). Perception of control and use of control options in computer-assisted video instruction. *TechTrends*, 31-33.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Gildea, P. M.; Miller, G. A., & Wurtenberg, C. L. (1990). Contextual enrichment by videodisc. In: Nix, D., & Spiro, R. J. [Hrsg.]. *Cognition, education, and multimedia: exploring ideas in high technology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1-29.
- Glenberg, A. M., Meyer, M., & Lindem, K. (1987). Mental models contribute to foregrounding during text comprehension. *Journal of Memory and Language*, 26, 69-83.
- Goodyear, T. (1996). Observation and learning: theoretical paradoxes of observational learning. In: Valsiner, J., & Voss, H. G. [Hrsg.]. *The structure of learning processes*. Norwood NJ: Ablex Publishing, 111-143.
- Goss, S., Hall, C., & Buckolz, E. (1986). Imagery ability and the acquisition and retention of movements. *Memory and Cognition*, 14(6), 469-477.
- Gray, J. T., Neisser, U., Shapiro, B. A., & Konus, S. (1991). Observational learning of ballet sequences: the role of cinematic information. *Ecological Psychology*, 3, 121-134.
- Gropper, G. L. (1968). Programming visual presentations for procedural learning. *AV Communication Review*, 16, 33-56.
- Gropper, G. L., Lumsdaine, A. A., & Shipman, V. (1961). *Improvement of televised instruction based on student responses to achievement tests*. Pittsburgh, Pennsylvania: American Institute for Research.
- Grosser, C. (1987). *Kommunikationsform und Informationsvermittlung*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts Verlag.
- Günther, A. [Hrsg.] (1994). *Computerbasiertes Training und Fernlernen*. Berlin: Dr. Hans-Joachim Köster.

- Haack, J. (1997). Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia. In: Issing, L. J., & Klimsa, P. [Hrsg.]. *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. Auflage. Weinheim: PsychologieVerlags Union, 151-166.
- Hagenaars, J. A. (1990). *Categorical longitudinal data. Log-linear panel, trend, and cohort analysis*. Newburg Park: Sage.
- Hannafin, M. J. (1984). Guidelines for using locus of instructional control in the design of computer-assisted instruction. *Journal of Instructional Development*, 7(3), 6-10.
- Hannafin, M. J. (1985). Empirical issues in the study of computer-assisted interactive video. *Educational Communication and Technology Journal*, 33, 235-247.
- Hannafin, M. J. (1989). Interaction strategies and emerging instructional technologies: psychological perspectives. *Canadian Journal of Educational Communications*, 18(3), 167-179.
- Hannafin, M. J., & Phillips, T. L. (1987). Perspectives in the design of interactive video: beyond tape versus disc. *Journal of Research and Development in Education*, 21, 44-60.
- Hannafin, M. J., & Rieber, L. P. (1989). Psychological foundations of instructional design for emerging computer based instructional technologies: Parts I & II. *Educational Technology Research and Development*, 37, 91-114.
- Hannafin, M. J., Garhart, C., Rieber, L. P., & Phillips, T. L. (1985). Keeping interactive video in perspective: tentative guidelines and cautions in the design of interactive video. In: Miller, E., & Mosley, M. [Hrsg.]. *Educational Media and Technology Yearbook*. Denver: Libraries Unlimited.
- Hapeshi, K., & Jones, D. M. (1992). Interactive multimedia for instruction: a cognitive analysis of the role of audition and vision. Applications of cognitive theory and science to human-computer interaction. *International Journal of Human Computer Interaction*, 4(1), 79-99.
- Hasebrook, J. (1995). *Multimedia-Psychologie. Eine neue Perspektive menschlicher Kommunikation*. Heidelberg: Spektrum.
- Heidt, E. U. (1978). *Instructional media and the individual learner*. New York: Nichols Publishing.
- Heinich, R., Molenda, M., & Russell, J. O. (1989). *Instructional media and the new technologies of instruction* (3rd ed.). New York: Macmillan.
- Herbig, M. P., & Drießen, E. (1993). Interaktives Video aus didaktischer und urheberrechtlicher Sicht. In: Seidel, C. [Hrsg.]. *Computer Based Training. Erfahrungen mit interaktivem Computerlernen*. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie, 181-205.
- Hesse, F. W. (1985). Wissenspsychologische Grundlagen der Wissensnutzung beim Problemlösen. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 40-53.
- Hesse, F. W. (1991). Analoges Problemlösen. Eine Analyse kognitiver Prozesse beim Problemlösen. Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Hodes, C. L. (1994). Processing visual information: implications of the dual code theory. *Journal of Instructional Psychology*, 21(1), 36-43.

- Hoffer, T., Radtke, J., & Lord, R. (1992). Qualitative/quantitative study of the effectiveness of computer-assisted interactive video instruction: the hyperperiodic table of elements. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11(1), 3-12.
- Hommel, B. & Stränger, J. (1994). Wahrnehmung von Bewegung und Handlung. In: Prinz, W. & Bridgeman, B. [Hrsg.]. *Wahrnehmung. Enzyklopädie der Psychologie. Kognition Band 1*. Göttingen: Hogrefe, 529-603.
- Hummell, H. J. (1969). Psychologische Ansätze zu einer Theorie sozialen Verhaltens. In: König, R. [Hrsg.]. *Handbuch der empirischen Sozialforschung, Bd. 2*. Stuttgart: FeoLL.
- Issing, L. J. (1974). *Forschungsübersicht im Bereich des Schulfernsehens*. Paderborn: FeoLL.
- Issing, L. J. (1994). Wissensvermittlung und Lernen mit Multimedia/Hypermedia. In: Günther, A. [Hrsg.]. *Computerbasiertes Training und Fernlernen*. Berlin: Dr. Hans-Joachim Köster, 7-20.
- Issing, L. J., & Haack, J. (1985). Bildverarbeitung und Bildrepräsentation im dialogischen Lernen. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 106-117.
- Issing, L. J., & Haack, J. (1987). Mit interaktivem Video Lernen. *Schulpraxis*, 5, 54-56.
- Issing, L. J., & Klimsa, P. [Hrsg.] (1997). *Information und Lernen mit Multimedia, 2. Aufl.* Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Jamison, D., Suppes, P., & Welles, S. (1974). The effectiveness of alternative instructional media: a survey. *Review of Educational Research*, 44, 1-68.
- Jenkins, J. J., Wald, J., & Pittenger, J. B. (1986). Apprehending pictorial events. In: McCabe, V., & Balzano, G. [Hrsg.]. *Event cognition: an ecological perspective*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 117-133.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14, 201-211.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jones, B. F. (1988). Text learning strategy instruction: guidelines from theory and practice. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 233-260.
- Kaminski, G. (1970). *Verhaltenstheorie und Verhaltensmodifikation*. Stuttgart.
- Kaminski, G. (1981). Überlegungen zur Funktion von Handlungstheorien in der Psychologie. In: Lenk, H. [Hrsg.]. *Handlungstheorien interdisziplinär. Bd. 3(1)*. München, 93-119.
- Kearsley, G., Hunter, B., & Seidel, R. J. (1983). Two decades of computer based instruction: what have we learned? *T.H.E. Journal*, 10, 88-96.
- Kinzie, M., Sullivan, H., & Berdel, R. (1988). Learner control and achievement in science computer-assisted instruction. *Journal of Educational Psychology*, 80(3), 299-303.

- Klimsa, P. (1994). Neue Medien. Neue Anforderungen an Lernprozesse und Kommunikation. In: Günther, A. [Hrsg.]. *Computerbasiertes Training und Fernlernen*. Berlin: Dr. Hans-Joachim Köster, 45-50.
- Klimsa, P. (1997). Multimedia aus psychologischer und didaktischer Sicht. In: Issing, L. J., & Klimsa, P. [Hrsg.]. *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 7-24.
- Koffka, K. (1921). Das Problem der Nachahmung. In: Koffka, K. *Die Grundlagen der psychischen Entwicklung*. Osterwieck: Zickfeldt, 219-229.
- Koffka, K. (1952). *The growth of mind*. London.
- Kommers, P. A. M., Jonassen, D. H. & Mayes, J. T. [Hrsg.] (1991). *Cognitive tools for learning*. Berlin: Springer.
- Kozlowski, L. T., & Cutting, J. E. (1977). Recognizing the sex of a walker from a dynamic point-light display. *Perception & Psychophysics*, 21, 575-580.
- Kozma, R. B. (1986). Implications of instructional psychology for the design of educational television. *Educational Communication and Technology Journal*, 34(1), 11-19.
- Kozma, R. B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61(2), 179-211.
- Kozma, R. B., Russell, J., Jones, T., Marx, N., & Davis, J. (1996). The use of multiple, linked representations to facilitate science understanding. In: Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. [Hrsg.]. *International perspectives on the design of technology-supported learning environments*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 41-60.
- Kraft, R. N. (1987). The influence of camera angle on comprehension and retention of pictorial events. *Memory & Cognition*, 15(4), 291-307.
- Kulpi, O., & Beck, M. (1996). *Konzeption multimedialer Lernumgebungen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Stuttgart: Hochschule für Druck und Medien.
- Kunczik, M. (1981). Die Theorie des Lernens durch Beobachtung: Ein Beitrag zur Analyse massenmedialer Wirkungen? *Communications*, 7(1), 47-56.
- Laurillard, D. (1987). Pedagogical design for interactive video. In: Laurillard, D. [Hrsg.]. *Interactive media: working methods and practical applications*. Chichester: Ellis Horwood, 74-90.
- Lee, T. D., Swinnen, S. P., & Serrien, D. J. (1994). Cognitive effort and motor learning. *Quest*, 46, 328-344.
- Leifer, A. D. (1976). Teaching with television and film. In: Gage, N. L. [Hrsg.]. *The psychology of teaching methods*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lepper, M. (1985). Microcomputers in education: motivational and social issues. *American Psychologist*, 40, 1-18.
- Lesgold, A. M., & Reif, F. (1983). *Computers in education: realizing the potential* (report of a research conference). Philadelphia, PA: American Society of Educators.
- Lindsay, P. H., & Norman, D. A. (1981). Einführung in die Psychologie. Informationsaufnahme und -verarbeitung beim Menschen. Berlin: Springer.
- Luria, A. R. (1961). *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. New York.

- Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.] (1985). *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg.
- Mandl, H., Fischer, P. M., Frey, H.-D., & Jeuck, J. (1985). Wissensvermittlung durch ein computerunterstütztes Rückmeldungssystemen. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 179-190.
- Marmolin, H. (1992). Multimedia from the perspectives of psychology. In: Kjelldahl, L. [Hrsg.]. *Multimedia, Systems, Interaction and Application*. Berlin: Springer, 39 –54.
- Mayer, R. E. (1988). Learning strategies: an overview. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 11-22.
- McCabe, V., & Balzano, G. [Hrsg.] (1986). *Event cognition: an ecological perspective*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- McCombs, B. L. (1988). Motivational skill training: combining metacognitive, cognitive, and affective learning strategies. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 141-169.
- McCullagh, P. (1994). Modeling: learning, developmental and social psychological considerations. In: Singer, R. N., & Murphey, M., & Tennant, L. K. [Hrsg.]. *Handbook of Research on Sport Psychology*. New York: Macmillan, 106-126.
- McCullagh, P., Stiehl, J., & Weiss, M. R. (1990). Developmental modeling effects on the quantitative and qualitative aspects of motor performance acquisition. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 18, 344-350.
- McNeil, B. J., & Nelson, K. R. (1991). Meta-analysis of interactive video instruction: a 10-year review of achievement effects. *Journal of Computer Based Instruction*, 18, 1-6.
- Mendelsohn, P. (1996). Mapping models of cognitive development to design principles of learning environments. In: Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. [Hrsg.]. *International perspectives on the design of technology-supported learning environments*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 323-344.
- Merrill, M. D. (1975). Learner control: beyond aptitude-treatment interactions. *AV Communications Review*, 23, 217-226.
- Merrill, M. D. (1983). Component display theory. In: Reigeluth, C. M. [Hrsg.]. *Instructional design theories and models: an overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Meusch, D. (1993). Kognitive Prozesse beim Lernen. In: Seidel, C. [Hrsg.]. *Computer Based Training. Erfahrungen mit interaktivem Computerlernen*. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie, 149-180.
- Michotte, A. (1966). Die Kausalitätswahrnehmung. In: Metzger, W., & Erke, H. [Hrsg.]. *Handbuch der Psychologie: Bd. 1/1*. Göttingen: Hogrefe, 954-977.
- Milheim, W. D. (1987). The effects of pacing and sequence control in an interactive video lesson. *ETTI*, 27(1), 7-19.

- Müller, H. (1995). *Kognition und motorisches Lernen. Zur anteilmäßigen Bedeutung kognitiv-konzeptbildender und motorisch-adaptiver Teilprozesse in frühen und späteren Abschnitten sportmotorischen Modelllernens*. Bonn: Holos Verlag.
- Neisser, U. (1967). *Cognitive Psychology*. New York.
- Newell, K. M., Morris, L. R., & Scully, D. M. (1985). Augmented feedback and the acquisition of skill in physical activity. In: Terjung, R. L. [Hrsg.]. *Exercise and Sport Science Reviews*, 13. New York: Macmillan, 235-261.
- Newton, D. (1973). Attribution and the unit of perception of ongoing behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 28, 28-38.
- Newton, D., & Enquist, G. (1976). The perceptual organization of ongoing behavior. *Journal of Experimental Social Psychology*, 12, 436-450.
- Newton, D., Enquist, G., & Bois, J. (1977). The objective basis of ongoing behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 35, 847-862.
- Nix, D., & Spiro, R. J. [Hrsg.] (1990). *Cognition, education, and multimedia: exploring ideas in high technology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Norman, D. A. (1989). *Dinge des Alltags*. Frankfurt: Campus.
- Norman, D. A. (1991). Cognitive artifacts. In: Carrol, J. M. [Hrsg.]. *Designing interaction: psychology at the human-computer interface*. Cambridge: University Press, 17-38.
- O'Neill, P. N. (1989). A comparison of student achievement and attitude between instruction via interactive videodisc instruction and classroom lecture. *Dissertation Abstracts International*, 50, 3839.
- Olivier, N. (1987). *Bewegungslernen mit Zeitlupendarstellungen. Theoretische Grundlagen und experimentelle Untersuchungen*. Ahrensburg: Verlag Ingrid Czwalina.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Palmer, D. J., & Goetz, E. T. (1988). Selection and use of study strategies: the role of the studier's beliefs about self and strategies. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 41-61.
- Palmer, S. E. (1978). Fundamental aspects of cognitive representation. In: Rosch, E., & Lloyd, B. B. [Hrsg.]. *Cognition and categorization*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 259-303.
- Palmer, S. E., Rosch, E., & Chase, P. (1981). Canonical perspective and the perception of objects. In Long, J., & Baddeley, A. [Hrsg.]. *Attention and performance IX*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 135-151.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Paris, S. G. (1988). Models and metaphors of learning strategies. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 299-321.

- Park, I., & Hannafin, M. J. (1993). Empirically based guidelines for the design of interactive multimedia. *Educational Technology Research and Development*, 41(3), 63-85.
- Petersen, J. (1994). Computer-Based-Training und Interaktives Video. Chancen und Risiken eines neuen Lernmediums. In: Petersen, J., & Reinert, G.-B. [Hrsg.]. *Lehren und Lernen im Umfeld neuer Technologien. Reflexionen vor Ort*. Frankfurt/Main: Lang, 184-206.
- Petersen, J., & Reinert, G.-B. [Hrsg.] (1994). *Lehren und Lernen im Umfeld neuer Technologien Reflexionen vor Ort*. Frankfurt/Main: Lang.
- Piaget, J. (1935). Les théories de l'imitation. In: Piaget, J. *Cahiers de Pédagogie expérimentale et de psychologie de l'enfant*. Paris.
- Piaget, J. (1969/1975). *Nachahmung, Spiel und Traum*. Stuttgart: Klett.
- Piaget, J. (1970/1983). Piaget's theory. In: Mussen, P. H. [Hrsg. d. Serie]. *Handbook of child psychology* (Vol. 1, Kessen, W. [Hrsg.]. *History, theory and methods*, 4th edition, originally publ. in 1970). New York: Wiley, 103-128.
- Piaget, J. (1973/1975). *Das Erwachen der Intelligenz beim Kinde*. Stuttgart: Klett.
- Piaget, J. (1974). *Réussir et comprendre*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Plowman, L. (1994). Erzählung, Linearität und Interaktivität in Lern-Videos. *Zeitschrift für Semiotik*, 16 (1-2), 11-27.
- Pollard, C. (1992). Effects of interactive videodisc instruction on learner performance, learner attitude and learning time. *Journal of Instructional Psychology*, 19(3), 189-196.
- Priestman, T. (1984). Interactive Video and its applications. *Media in Education and Development*, 182-186.
- Prinz, W. & Bridgeman, B. [Hrsg.] (1994). Wahrnehmung. In: *Enzyklopädie der Psychologie. Kognition, Band 1*. Göttingen: Hogrefe.
- Probst, R., & Perrig, W. J. (1988). Perzeptuelle und konzeptuelle Anteile gespeicherter Erfahrungen. In: *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 25, 259-281.
- Pylyshyn, Z. W. (1986). *Computation and cognition*. Cambridge, MA: MIT-Press.
- Reeves, T. C. (1986). Research and evaluation models for the study of interactive video. *Journal of Computer Based Instruction*, 13, 102-106.
- Reigeluth, C. M. [Hrsg.] (1983). *Instructional design theories and models: an overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Renner, K. N. (1994). Der „Salomon-Effekt“ als Herausforderung der Fernseh-Macher: Zu Gestaltung von Magazin-Beiträgen. *Arbeitshefte Bildschirmmedien*, 48, 61-78.
- Reusser, K. (1996). From cognitive modeling to the design of pedagogical tools. In: Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. [Hrsg.]. *International perspectives on the design of technology-supported learning environments*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 81-103.

- Reynolds, R. E., & Shirey, L. L. (1988). The role of attention in studying and learning. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 77-100.
- Rheinberg, F. (1985). Motivationsanalysen zur Interaktion mit Computern. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 83-105.
- Richardson, A. (1967). Mental practice: a review and discussion. *Research Quarterly of the American Association for Health*, 38, 95-107 u. 263-273.
- Rieber, L. P., & Kini, A. S. (1991). Theoretical foundations of instructional applications of computer-generated animated visuals. *Journal of Computer Based Instruction*, 18, 83-88.
- Riehm, U. & Wingert, B. (1995). *Multimedia-Mythen, Chancen und Herausforderungen*. Mannheim: Bollmann.
- Riempp, R., & Schlotterbeck, A. (1995). *Digitales Video in interaktiven Medien*. Heidelberg: Springer.
- Ritscher, H. (1994). Multimedia-Programme zum interaktiven selbstinstruierenden Verhaltenstraining. In: Petersen, J., & Reinert, G.-B. [Hrsg.]. *Lehren und Lernen im Umfeld neuer Technologien. Reflexionen vor Ort*. Frankfurt/Main: Lang, 172-183.
- Roshal, S. M. (1949). *Effects of learner representation in film-mediated perceptual-motor learning*. Pennsylvania State College, Instructional Film Research Program. (ERIC document reproduction service No. ED 030 304).
- Roshal, S. M. (1961). Film-mediated learning with varying representation of the task: viewing angle, portrayal of demonstration, motion, and student participation. In: Lumsdaine, A. A. [Hrsg.]. *Student response in programmed instruction*. Washington, DC: National Academy of Sciences - National Research Council, Publ. No. 943, 155-175.
- Runeson, S., & Frykholm, G. (1981). Visual perception of lifted weight. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, 7, 733-740.
- Runeson, S., & Frykholm, G. (1983). Cinematic specification of dynamics as an informational basis for person-and-action perception: expectation, gender recognition, and deceptive intention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 112, 585-615.
- Sageder, J. (1993). Didaktische Aspekte des Einsatzes von Computern für Lehren und Lernen. In: Seidel, C. [Hrsg.]. *Computer Based Training. Erfahrungen mit interaktivem Computerlernen*. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie, 59-86.
- Salomon, G. (1979/1994). *Interaction of media, cognition and learning*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Salomon, G. (1984). 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(4), 647-658.

- Salomon, G. (1989). Zur Psychologie der Computer und ihrer Wirkungen. In: Groebel, J., & Winterhoff-Spurk, P. [Hrsg.]. *Empirische Medienpsychologie*. München: Psychologie Verlags Union, 258-275.
- Salomon, G., & Clark, R. E. (1977). Reexamining the methodology of research on media and technology in education. *Review of Educational Research*, 47(1), 99-120.
- Salomon, G., & Gardner, H. (1984). *The computer as educator: lessons from television research*. Cambridge, MA: Harvard University, Graduate School of Education.
- Schaffer, L. C., & Hannafin, M. J. (1986). The effects of progressive interactivity on learning from interactive video. *Educational Communication and Technology Journal*, 3, 89-96.
- Schmeck, R. R. (1988). Individual differences and learning strategies. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation*. San Diego: Academic Press, 171-191.
- Schnotz, W. (1988). Textverstehen als Aufbau mentaler Modelle. In: Mandl, H., & Spada, H. [Hrsg.]. *Wissenspsychologie*. München: Psychologie Verlags Union, 299-330.
- Schramm, W. (1977). *Big media: little media*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Schwan, S. (1996). *Medial characteristics and knowledge acquisition processes in CMC-based learning environments*. Tübingen: DIFF.
- Schwan, S. (1999), im Druck. Video in Multimedia-Anwendungen. Gestaltungsanforderungen aus kognitionspsychologischer Sicht. In G. Krampen & H. Zayer [Hrsg.]. *Psychologiedidaktik und Evaluation II: Neue Medien und Psychologiedidaktik in der Haupt- und Nebenfachausbildung*. Bonn: Deutscher Psychologen Verlag.
- Schwier, R. A. (1993). A taxonomy of interaction for instructional multimedia. *Educational Technology Research and Development*, 41(4), 119-120.
- Schwier, R. A., & Misanchuk, E. R. (1993). *Interactive multimedia instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Seidel, C. [Hrsg.] (1993). *Computer Based Training. Erfahrungen mit interaktivem Computerlernen*. Göttingen: Verlag für Angewandte Psychologie.
- Shea, J. B., & Morgan, R. L. (1979). Contextual interference effects on the acquisition, retention and transfer of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 5, 179-187.
- Shea, J. B., & Titzer, R. C. (1993). The influence of reminder trials on contextual interference effects. *Journal of Motor Behavior*, 25, 264-274.
- Sheffield, F. D., & Maccoby, N. (1961). Summary and interpretation of research on organizational principles in constructing filmed demonstrations. In: Lumsdaine, A. A. [Hrsg.]. *Student response in programmed instruction*. Washington, DC: National Academy of Sciences - National Research Council, Publ. No. 943, 117-131.
- Sheffield, F. N. (1961). Theoretical considerations in the learning of complex sequential tasks from demonstration to practice. In: Lumsdaine, A. A. [Hrsg.]. *Student response in programmed instruction*. Washington, DC: National Academy of Sciences - National Research Council, Publ. No. 943, 13-32.

-
- Sheingold, et al., (1983). *Microcomputer use in schools: developing a research agenda*. Harvard Education Review, 53, 412-432.
- Shyu, H. & Brown, S. W. (1992). Learner control versus program control in interactive videodisc instruction: what are the effects in procedural learning? *International Journal of Instructional Media*, 19, 85-96.
- Smith, E. E. (1987). Interactive video: an examination of use and effectiveness. *Journal of Instructional Development*, 10, 2-10.
- Spangenberg, R. W. (1973). The motion variable in procedural learning. *AV Communication Review*, 21, 419-436.
- Speight, I., Laufer, M.-E., & Mattes, K. (1993). CIV (Computer-aided Interactive Video): a novel application in neuropsychological rehabilitation. *Computers in Human Behavior*, 9(1), 95-104.
- Steinberg, E. R. (1989). Cognition and learner control: a literature review, 1977-1988. *Journal of Computer Based Instruction*, 16, 117-121.
- Steinberg, E. R. (1991). *Computer-assisted instruction: a synthesis of theory, practice, and technology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Stränger, J. (1979). Intentionales Beobachtungslernen bei Schülern: Die Entstehung von Handlungsplänen durch Modellbeobachtung. In: Klauer, K. J., & Kornadt, H. J. [Hrsg.]. *Jahrbuch für empirische Erziehungswissenschaft*. Düsseldorf: Schwann, 143-182.
- Straus, S. G., & McGrath, J. E. (1994). Does the medium matter? The interaction of task type and technology on group performance and member reactions. *Journal of Applied Psychology*, 79(1), 87-97.
- Streitz, N. A. (1985). Kognitionspsychologische Aspekte der Gestaltung von Dialogstrukturen bei interaktiven Lehr-Lern-Systemen. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 54-67.
- Strittmatter, P. (1994). Wissenserwerb mit Bildern bei Film und Fernsehen. In: Weidenmann, B. [Hrsg.]. *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen*. Göttingen: Huber, 177-194.
- Strothotte, T. (1994). Informationsfluß durch Bilder in der Mensch-Computer-Interaktion. In: Weidenmann, B. [Hrsg.]. *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen*. Göttingen: Huber, 195-214.
- Strube, G. [Hrsg.] (1996). *Wörterbuch der Kognitionswissenschaft*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Strzebkowski, R. (1997). Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken. In: Issing, L. J., & Klimsa, P. [Hrsg.]. *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 269-304.
- Stumpf, H., & Fay, E. (1983). Schlauchfiguren: Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Göttingen: Hogrefe.
- Suppes, P. (1979). Current trends in computer assisted instruction. *Advances in Computers*, 18, 173-229.
-

- Thagard, Paul. (1996). *Mind. Introduction to cognitive science*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Tolman, E. C. (1949). The psychology of social learning. *Journal of Social Issues* 5, Supplement No. 3, 5-18.
- Travers, R. M. (1967). *Research and theory related to audiovisual information transmission*. Kalamazoo: Western Michigan University. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 081 245).
- Valenti, S. S., & Costall, A. (1997). Visual perception of lifted weight from cinematic and static (photographic) displays. *Journal of Experimental Psychology*, 23(1), 181-198.
- Vallacher, R. R., & Wegner, D. M. (1987). What do people think they're doing? Action identification and human behavior. *Psychological Review*, 94, 3-15.
- Verhagen, P.W. (1992). *Length of segments in interactive video programmes*. Den Haag: CIP-Gegevens Koninklijke Bibliotheek.
- Verhagen, P.W. (1993). Segment length in interactive video programmes. *Interact*, 1(1), 12-14.
- Vosniadou, S., De Corte, E., Glaser, R., & Mandl, H. [Hrsg.] (1996). *International perspectives on the design of technology-supported learning environments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wachsmuth, I. (1985). LAKOS - Ein Modell der Wissensrepräsentation zur Erklärung kognitiven Verhaltens. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 24-39.
- Waern, Y. (1990). Human learning of human-computer interaction: an introduction. In: Falzon, P. [Hrsg.]. *Cognitive ergonomics: understanding, learning and designing human-computer interaction*. London: Academic Press, 69-84.
- Wandmacher, J. (1993). *Software-Ergonomie*. Berlin: Walter de Gruyter Verlag.
- Wedekind, J. (1981). *Unterrichtsmedium Computersimulation*. Weil der Stadt: Lexika-Verlag.
- Wedekind, J. (1985). Einsatz von Mikrocomputern für Simulationszwecke im Unterricht. In: Mandl, H., & Fischer, P. M. [Hrsg.]. *Lernen im Dialog mit dem Computer*. München: Urban & Schwarzenberg, 210-217.
- Weeks, D. L., Hall, A. K., & Anderson, L. P. (1996). A comparison of imitation strategies in observational learning of action patterns. *Journal of Motor Behavior*, 28(4), 348-358.
- Weidenmann, B. (1997, 1). Abbilder in Multimedia-Anwendungen. In: Issing, L. J., & Klimsa, P. [Hrsg.]. *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 107-122.
- Weidenmann, B. (1997, 2). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß. In: Issing, L. J., & Klimsa, P. [Hrsg.]. *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. Aufl. Weinheim: Psychologie Verlags Union, 65-84.
- Weidenmann, B. [Hrsg.] (1994). *Wissenserwerb mit Bildern: Instruktionale Bilder in Printmedien, Film/Video und Computerprogrammen*. Göttingen: Huber.

- Weinstein, C. E., & Mayer, R. E. (1986). The teaching of learning strategies. In: Wittrock, M. C. [Hrsg.]. *Handbook of research on teaching. Third edition.* New York: Macmillan, 315-327.
- Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.] (1988). *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation.* San Diego: Academic Press.
- Wetzel, C. D., Radtke, P. H., & Stern, H. W. (1994). *Instructional effectiveness of video media.* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Whitefield, A. (1990). Human-computer interaction models and their roles in the design of interactive systems. In: Falzon, P. [Hrsg.]. *Cognitive ergonomics: understanding, learning and designing human-computer interaction.* London: Academic Press, 7-25.
- Whittington, N. (1987). Is instructional television educationally effective? A research review. *The American Journal of Distance Education, 1*, 47-57.
- Wiemeyer, J. (1994). *Interne Bewegungsrepräsentation: Grundlagen, Probleme und Perspektiven.* Köln.
- Wiemeyer, J. (1995). Schau her und mach's mir nach! Phänomene. Mechanismen des Nachahmungslernens und praktische Konsequenzen. *Sportunterricht, 44(3)*, 98-109.
- Wilkinson, G. (1980). *Media in instruction: sixty years of research.* Washington, DC: Association for Educational Communications & Technology.
- Wittrock, M. C. (1988). A constructive review of research on learning strategies. In: Weinstein, C. E., Goetz, E. T., & Alexander, P. A. [Hrsg.]. *Learning and study strategies. Issues in assessment, instruction, and evaluation.* San Diego: Academic Press, 287-297.
- Wittrock, M. C. [Hrsg.] (1986). *Handbook of research on teaching. Third edition.* New York: Macmillan.
- Wozniak, R. H. (1972). Verbal regulation of motor behavior. *Human Development, 15*, 13-57.
- Wulf, G., & Lee, T. D. (1993). Contextual interference in movements of the same class: differential effects on program and parameter learning. *Journal of Motor Behavior, 25*, 254-263.
- Ziegler, J. E., Vossen, P. H., & Hoppe, H. U. (1990). Cognitive complexity of human-computer interfaces: an application and evaluation of cognitive complexity theory for research on direct manipulation-style interaction. In: Falzon, P. [Hrsg.]. *Cognitive ergonomics: understanding, learning and designing human-computer interaction.* London: Academic Press, 27-38.

11 Abbildungsverzeichnis

<u>Abbildung 1:</u>	Videsequenz Achtknoten	79
<u>Abbildung 2:</u>	Videsequenz Halber Schlag	79
<u>Abbildung 3:</u>	Videsequenz Klampe Belegen	79
<u>Abbildung 4:</u>	Videsequenz Rundtörn	80
<u>Abbildung 5:</u>	Videsequenz Palstek	80
<u>Abbildung 6:</u>	Lineare Bedingung vor dem Starten der Videsequenz	82
<u>Abbildung 7:</u>	Lineare Bedingung bei laufender Videsequenz	82
<u>Abbildung 8:</u>	Multifunktions -Button links gestoppt, rechts auf Play	83
<u>Abbildung 9:</u>	Interaktive Bedingung bei laufender Videsequenz	83
<u>Abbildung 10:</u>	Multifunktions -Button in verschiebbarem Zustand bei permanent gedrückter Maustaste	84
<u>Abbildung 11:</u>	Geheime Probanden-Seite für den Versuchsleiter	85
<u>Abbildung 12:</u>	Versuchsplan für Studie I	88
<u>Abbildung 13:</u>	Anzahl der Lösungsversuche in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten	98
<u>Abbildung 14:</u>	Benötigte Lernzeit in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten	100
<u>Abbildung 15:</u>	Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	102
<u>Abbildung 16:</u>	Anzahl der Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	103
<u>Abbildung 17:</u>	Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	104
<u>Abbildung 18:</u>	Anzahl der Richtungsumkehrungen abhängig vom Schwierigkeitsgrad	106
<u>Abbildung 19:</u>	Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	107
<u>Abbildung 20:</u>	Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	108
<u>Abbildung 21:</u>	Versuchsplan für Studie II	126
<u>Abbildung 22:</u>	Anzahl der Übeintervalle, abhängig von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	133
<u>Abbildung 23:</u>	Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle, abhängig von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	135
<u>Abbildung 24:</u>	Gesamtdauer der Übeintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	137
<u>Abbildung 25:</u>	Gesamte Lernzeit in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	139
<u>Abbildung 26:</u>	Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	140
<u>Abbildung 27:</u>	Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	142
<u>Abbildung 28:</u>	Anzahl der Richtungsumkehrungen abhängig vom Schwierigkeitsgrad	144
<u>Abbildung 29:</u>	Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	145

12 Tabellenverzeichnis

<u>Tabelle 1:</u>	Anzahl erfolgreich gelöster Knoten in Abhängigkeit vom Interaktivitätsgrad.....	95
<u>Tabelle 2:</u>	Anzahl erfolgreich gelöster Knoten in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	96
<u>Tabelle 3:</u>	Anzahl erfolgreich gelöster Knoten in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	96
<u>Tabelle 4:</u>	Anzahl der Lösungsversuche in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten.....	97
<u>Tabelle 5:</u>	Benötigte Lernzeit in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad für alle erfolgreichen VPN der ersten drei Knoten	99
<u>Tabelle 6:</u>	Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungsdauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	101
<u>Tabelle 7:</u>	Anzahl der Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad.....	102
<u>Tabelle 8:</u>	Durchschnittsdauer Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad.....	103
<u>Tabelle 9:</u>	Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad	104
<u>Tabelle 10:</u>	Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad	105
<u>Tabelle 11:</u>	Anzahl der Richtungsumkehrungen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	105
<u>Tabelle 12:</u>	Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad	106
<u>Tabelle 13:</u>	Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad ...	107
<u>Tabelle 14:</u>	Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad....	108
<u>Tabelle 15:</u>	Lernerfolg und Lerneffizienz in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad für alle Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität	116
<u>Tabelle 16:</u>	Anzahl der Übeintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	132
<u>Tabelle 17:</u>	Gesamtdauer der Beobachtungsintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	134
<u>Tabelle 18:</u>	Gesamtdauer der Übeintervalle in Abhängigkeit von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	136
<u>Tabelle 19:</u>	Gesamte Lernzeit, abhängig von Interaktivitätsgrad und Schwierigkeitsgrad	138
<u>Tabelle 20:</u>	Standardabweichung der durchschnittlichen aggregierten Betrachtungs- dauer in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	140
<u>Tabelle 21:</u>	Anzahl Stops, länger als eine Sekunde, abhängig vom Schwierigkeitsgrad	141
<u>Tabelle 22:</u>	Durchschnittsdauer Stops in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad	141
<u>Tabelle 23:</u>	Anzahl der Zeitlupenabschnitte vorwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad	142
<u>Tabelle 24:</u>	Anzahl der Zeitrafferabschnitte vorwärt, abhängig vom Schwierigkeitsgrad.....	143
<u>Tabelle 25:</u>	Anzahl der Richtungsumkehrungen in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad.....	143
<u>Tabelle 26:</u>	Anzahl der Normaltempoabschnitte rückwärts, abhängig vom Schwierigkg.	144
<u>Tabelle 27:</u>	Anzahl der Zeitlupenabschnitte rückwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad ...	145
<u>Tabelle 28:</u>	Anzahl der Zeitrafferabschnitte rückwärts, abhängig vom Schwierigkeitsgrad....	145
<u>Tabelle 29:</u>	Nutzung der Übemöglichkeit und Lerneffizienz in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad für alle Nutzer von temporaler Mikrointeraktivität	154
<u>Tabelle 30:</u>	Nutzerverhalten bei der Nutzung von temporaler Mikrointeraktivität in beiden Studien.....	155

13 Anhang

Im Anhang finden sich Materialien und Angaben, die während der Durchführung der empirischen Studien verwendet wurden oder bei der Aufbereitung und Auswertung des gewonnenen Datenmaterials anfielen.

13.1 Anhang A: Materialien für Studie 1

Die hier zusammengestellten Materialien dienen dem Versuchsleiter, neben der Test-Software, zur Versuchsdurchführung von Studie 1. Hierbei handelt es sich um den Ablaufplan für den Versuchsleiter, die Instruktionen für die Versuchspersonen im Originalwortlaut für beide Versuchsbedingungen und den Fragebogen, den der Versuchsleiter nach den Angaben der Versuchspersonen jeweils ausfüllte.

Ablaufplan zu Studie 1

Der Versuchsleiter stellt am interaktiven Test-Programm die richtigen **Optionen** für die entsprechende Testgruppe des nächsten Probanden ein und ruft die passende **Startseite** für den Probanden auf. Von diesem Vorgang darf der Proband keine Kenntnis erhalten.

Der Versuchsleiter bittet den Probanden herein und begrüßt ihn.

Vor Beginn des Tests erhebt der Versuchsleiter folgende Angaben:

1. **Geschlecht.**
2. **Händigkeit.**
3. **Expertisegrad** im Bezug auf die Herstellung von Seemannsknoten. Es können **nur Novizen** am Test teilnehmen.
4. **Expertisegrad** im Bezug auf den Umgang mit Computern.
5. **Expertisegrad** im Bezug auf die Nutzung von interaktiven Lernprogrammen.

Weiterhin vergibt der Versuchsleiter eine **laufende Nummer** zur späteren Zuordnung bei der Auswertung. Der Datenschutz bleibt dabei voll gewahrt.

Dann wird der Proband in eine der 2 Testgruppen á 16 Teilnehmer **eingeteilt** und ihm die schriftlichen **Instruktionen** übergeben, passend zu seiner jeweiligen Bedingung. Der Versuchsleiter liest dem Probanden jetzt die Instruktionen vor. Eventuelle Fragen werden dabei besprochen.

Der Proband setzt sich nun vor den Rechner und bearbeitet zunächst den **Übeknoten**, wobei ihm der Versuchsleiter die interaktiven Funktionen und die Vorgehensweise genau erklärt. Er hat die Möglichkeit, frei zu probieren, um **sich mit den Funktionen vertraut zu machen**. Hat der Proband dann die Lernphase beendet, so wendet er sich vom Rechner ab und dem Versuchsleiter zu, bekommt das Seil und wird aufgefordert, den Übeknoten auszuführen.

Ist dies alles erfolgt, so beginnt die eigentliche **Untersuchung**, bei der der Proband die 4 Knoten in der ihm angebotenen Reihenfolge abarbeitet.

Für die Durchführung der **Lernphase** hat der Proband dabei jeweils ein **Zeitlimit von 10 Minuten**, ohne daß dies ihm bekannt ist. Für die Durchführung der **Reproduktionsphase** hat der Proband dabei jeweils **4 Versuche** mit beliebig vielen Anläufen, was ihm bekannt ist.

Jeweils nach Beendigung der Lernphase erhält der **Proband** ein Seil und ein Übergerät und **führt den erlernten Knoten aus**, indem sich der Proband vom Rechner ab- und dem Versuchsleiter zuwendet.

Auf eventuelle Fragen oder entsprechende Gesten des Probanden reagiert der Versuchsleiter mit **standardisierten Antworten**, ohne dabei Information preiszugeben oder in das Geschehen einzugreifen.

Die **Dauer der Lernphase**, der **Reproduktionsphase**, der **Erfolg** und die **Anzahl der Anläufe pro Versuch**, sowie die **Anzahl der Versuche** werden jeweils **festgehalten**.

Nach dem letzten Knoten **befragt** der Versuchsleiter den Probanden **zu seinen persönlichen Eindrücken**:

- Wie sind Sie beim letzten Knoten vorgegangen?
- Was ist Ihnen aufgefallen?
- Was fanden Sie gut?
- Was hat Sie gestört?

Der Versuchsleiter hält die Aussagen in Stichworten fest.

Danach führt der Versuchsleiter den "**Schlauchfiguren**"-Test mit dem Probanden durch. Dieser dient zur Ermittlung des räumlichen Vorstellungsvermögens.

Die **Untersuchung** ist nun **beendet**. Der Versuchsleiter dankt dem Probanden, übergibt ihm die Entlohnung und verabschiedet ihn.

Zum Schluss **trägt** der Versuchsleiter noch die mündlich erhobenen Daten **in die Log-Files ein**.

Instruktion zu Studie 1 (nicht-interaktive Bedingung)

Vielen Dank, daß Sie sich bereit erklärt haben, an dieser Untersuchung teilzunehmen.

Ziel der Untersuchung ist die **Erprobung und Bewertung von Lernsoftware**.

Im Verlauf der Untersuchung werden Sie mit Hilfe eines interaktiven Lernsystems insgesamt **fünf verschiedene Seemannsknoten** erlernen. Sie erlernen jeweils einen Knoten und werden jeweils anschließend gebeten, das eben Erlernte mit einem Seil und einem Übergerät auszuführen.

Um sich mit dem System vertraut zu machen, steht Ihnen zunächst ein **Übeknoten** zur Verfügung. Während Sie diesen erlernen, erklärt Ihnen der Versuchsleiter noch einmal genau die Funktionen und den Ablauf. Dabei können Sie jederzeit Fragen stellen.

Der Versuchsleiter darf Ihnen aber **danach keinerlei weitere Hinweise** geben **oder Fragen** beantworten, um das Ergebnis der Untersuchung nicht zu verfälschen.

Für die folgenden 4 Knoten gehen Sie bitte folgendermaßen vor:

1. **Klicken Sie** den "**Beginnen**"-Button, um zu beginnen.
2. Klicken Sie nun den "**Play**"-Button und betrachten Sie die Herstellung des Knotens. Wiederholen Sie diesen Vorgang so lange, bis Sie der Meinung sind, den Knoten **nun selbst ausführen zu können**.
3. **Klicken Sie** dann auf "**Fertig**" und teilen Sie dies dem **Versuchsleiter** mit.
4. Der Versuchsleiter gibt Ihnen nun ein Seil und ein Übergerät. **Führen Sie** damit **den gelernten Knoten aus**. Sollte Ihnen dabei ein Fehler unterlaufen, so beginnen Sie erneut, bis Sie der Meinung sind, den Knoten richtig ausgeführt zu haben.
5. **Zeigen Sie** den **Knoten** dann dem **Versuchsleiter**.
6. Ist der Knoten **richtig**, so können Sie jetzt den **nächsten Knoten** erlernen. **Klicken Sie** dazu den "**Weiter**" Button.
7. Wenn der Knoten **falsch** war, so haben Sie nun **noch maximal 3 weitere Versuche** frei. Der Versuchsleiter darf dabei keinerlei Hinweise geben oder Fragen beantworten, um das Ergebnis nicht zu verfälschen. Es ist Ihnen auch **nicht gestattet**, die **Lernsequenz erneut zu betrachten**.

Es könnte passieren, daß Sie den einen oder anderen Knoten nicht fehlerfrei ausführen können. **Dies liegt nicht an Ihnen**, sondern ist auf das Lernsystem zurückzuführen. Der Test hat unter anderem das Ziel, diese Unzulänglichkeiten zu verbessern.

Lassen Sie sich also in keinem Fall entmutigen. Sie leisten einen wichtigen Beitrag für diese Untersuchung, auch wenn es Ihnen nicht gelingt einen Knoten auszuführen.

Es geht in keinsten Weise darum, Ihre persönlichen Fähigkeiten zu bewerten. Ihre **Ergebnisse** werden **streng vertraulich** behandelt und bleiben **anonym**.

Viel Spaß mit den Seemannsknoten !

Instruktion zu Studie 1 (interaktive Bedingung)

Vielen Dank, daß Sie sich bereit erklärt haben, an dieser Untersuchung teilzunehmen.

Ziel der Untersuchung ist die **Erprobung und Bewertung von Lernsoftware**.

Im Verlauf der Untersuchung werden Sie mit Hilfe eines interaktiven Lernsystems insgesamt **fünf verschiedene Seemannsknoten** erlernen. Sie erlernen jeweils einen Knoten und werden jeweils anschließend gebeten, das eben Erlernte mit einem Seil und einem Übegerät auszuführen.

Um sich mit dem System vertraut zu machen, steht Ihnen zunächst ein **Übeknoten** zur Verfügung. Während Sie diesen erlernen, erklärt Ihnen der Versuchsleiter noch einmal genau die Funktionen und den Ablauf. Dabei können Sie jederzeit Fragen stellen.

Der Versuchsleiter darf Ihnen aber **danach keinerlei weitere Hinweise** geben oder **Fragen** beantworten, um das Ergebnis der Untersuchung nicht zu verfälschen.

Für die folgenden 4 Knoten gehen Sie bitte folgendermaßen vor:

1. **Klicken Sie** den "**Beginnen**" **Button**, um zu beginnen.
2. Nutzen Sie nun den **Multifunktions-Button** um die Herstellung des Knotens zu betrachten. Sie können dabei normal abspielen, anhalten, vor- und zurückspulen oder z.B. Zeitlupe nutzen. Führen Sie dies alles so lange nach Ihren Vorlieben durch, bis Sie der Meinung sind, den Knoten **nun selbst ausführen zu können**.
3. **Klicken Sie** dann auf "**Fertig**" und teilen Sie dies dem **Versuchsleiter** mit.
4. Der Versuchsleiter gibt Ihnen nun ein Seil und ein Übegerät. **Führen Sie** damit **den gelernten Knoten aus**. Sollte Ihnen dabei ein Fehler unterlaufen, so beginnen Sie erneut, bis Sie der Meinung sind, den Knoten richtig ausgeführt zu haben.
5. **Zeigen Sie** den **Knoten** dann dem **Versuchsleiter**.
6. Ist der Knoten **richtig**, so können Sie jetzt den **nächsten Knoten** erlernen. **Klicken Sie** dazu den "**Weiter**" **Button**.
7. Wenn der Knoten **falsch** war, so haben Sie nun **noch maximal 3 weitere Versuche** frei. Der Versuchsleiter darf dabei keinerlei Hinweise geben oder Fragen beantworten, um das Ergebnis nicht zu verfälschen. Es ist Ihnen auch **nicht gestattet**, die **Lernsequenz erneut zu betrachten**.

Es könnte passieren, daß Sie den einen oder anderen Knoten nicht fehlerfrei ausführen können. **Dies liegt nicht an Ihnen**, sondern ist auf das Lernsystem zurückzuführen. Der Test hat unter anderem das Ziel, diese Unzulänglichkeiten zu verbessern.

Lassen Sie sich also in keinem Fall entmutigen. Sie leisten einen wichtigen Beitrag für diese Untersuchung, auch wenn es Ihnen nicht gelingt einen Knoten auszuführen.

Es geht in keinsten Weise darum, Ihre persönlichen Fähigkeiten zu bewerten. Ihre **Ergebnisse** werden **streng vertraulich** behandelt und bleiben **anonym**.

Viel Spaß mit den Seemannsknoten !

Fragebogen zu Studie 1

Vom Versuchsleiter auszufüllen. **Nicht dem Probanden vorlegen!**

laufd. Nummer:

Bedingung:

Geschlecht:

Händigkeit:

Wie vertraut sind sie mit dem Knüpfen von Seemannsknoten?

- sehr vertraut durchschnittlich gering vertraut keine Kenntnisse

Wie vertraut sind sie mit dem Umgang mit Computern?

- sehr vertraut durchschnittlich gering vertraut keine Kenntnisse

Wie vertraut sind sie mit der Nutzung von interaktiven Lernprogrammen?

- sehr vertraut durchschnittlich gering vertraut keine Kenntnisse

Ergebnis Knoten "Halber Schlag": erfolgreich erfolglos

1. Versuch 2. Versuch 3. Versuch 4. Versuch

 Anläufe

Ergebnis Knoten "Klampe Belegen": erfolgreich erfolglos

1. Versuch 2. Versuch 3. Versuch 4. Versuch

 Anläufe

Ergebnis Knoten "Rundtörn": erfolgreich erfolglos

1. Versuch 2. Versuch 3. Versuch 4. Versuch

 Anläufe

Ergebnis Knoten "Palstek": erfolgreich erfolglos

1. Versuch 2. Versuch 3. Versuch 4. Versuch

 Anläufe

laufd. Nummer

Wie sind Sie beim letzten Knoten vorgegangen?

Was ist Ihnen aufgefallen?

Was fanden Sie gut?

Was hat Sie gestört?

13.2 Anhang B: Materialien für Studie 2

Die hier zusammengestellten Materialien dienen dem Versuchsleiter, neben der Test-Software, zur Versuchsdurchführung von Studie 2. Es handelt sich um den Ablaufplan für den Versuchsleiter, die Instruktionen für die Versuchspersonen im Originalwortlaut für beide Versuchsbedingungen und den Fragebogen, den der Versuchsleiter nach den Angaben der Versuchspersonen jeweils ausfüllte.

Ablaufplan zu Studie 2

Der Versuchsleiter stellt am interaktiven Test-Programm die richtigen **Optionen** für die entsprechende Testgruppe des nächsten Probanden ein und ruft die passende **Startseite** für den Probanden auf. Von diesem Vorgang darf der Proband keine Kenntnis erhalten.

Der Versuchsleiter bittet den Probanden herein und begrüßt ihn.

Vor Beginn des Tests erhebt der Versuchsleiter folgende Angaben:

1. **Geschlecht.**
2. **Händigkeit.**
3. **Expertisegrad** im Bezug auf die Herstellung von Seemannsknoten. Es können **nur Novizen** am Test teilnehmen.
4. **Expertisegrad** im Bezug auf den Umgang mit Computern.
5. **Expertisegrad** im Bezug auf die Nutzung von interaktiven Lernprogrammen.

Weiterhin vergibt der Versuchsleiter jedem Probanden eine **laufende Nummer** zur späteren Zuordnung bei der Auswertung. Der Datenschutz bleibt dabei voll gewahrt.

Dann wird der Proband in eine der 2 Testgruppen á 18 Teilnehmer **eingeteilt** und ihm die schriftlichen **Instruktionen** übergeben, passend zu seiner jeweiligen Bedingung. Der Versuchsleiter liest dem Probanden jetzt die Instruktionen vor. Eventuelle Fragen werden dabei besprochen.

Der Proband setzt sich nun vor den Rechner und bearbeitet zunächst den **Übeknoten**, wobei ihm der Versuchsleiter die interaktiven Funktionen und die Vorgehensweise genau erklärt. Der Proband hat dann die Möglichkeit, frei zu probieren, um **sich mit den Funktionen des Programms vertraut zu machen**. Ist dies erfolgt, so wird anhand des Übeknotens das **gesamte Procedere** gemäß Instruktion **einmal durchgegangen** (siehe unten). Der Versuchsleiter stellt dabei sicher, daß alle Schritte vom Probanden verstanden worden sind und beantwortet alle auftauchenden Fragen.

Ist diese Phase abgeschlossen, so beginnt der eigentliche **Test**, bei dem der Proband die vier Knoten in der ihm angebotenen Reihenfolge abarbeitet.

Der Proband hat nun die Möglichkeit, die Herstellung jeweils eines Knotens am interaktiven Lernprogramm zu **erlernen** und das soeben Gesehene mit dem Seil **praktisch zu üben**. Ein **simultanes Üben**, parallel zum Lernen ist allerdings **nicht gestattet**. Zum Üben drückt der Proband jeweils die "**Üben**"-Taste worauf der **Bildschirm Blau** wird.

Er wendet sich jetzt vom Rechner ab und dem Versuchsleiter zu. Der Proband bekommt dann jeweils ein Seil und ein Übergerät um zu **üben, so lange er möchte**. Anschließend kann er sich wieder dem Rechner zuwenden, um weiter zu lernen, muß aber **vorher** das **Seil wieder aus der Hand legen** und die **"Weiter"-Taste** drücken. Dieser Zyklus wird so oft wiederholt, bis sich der Proband sicher ist, den jeweiligen **Knoten fehlerfrei ausführen** zu können. Er führt dies dann dem Versuchsleiter vor, nachdem er die **"Fertig"-Taste** gedrückt hat.

Für die Durchführung der **Lern- und Übungsphasen** hat der Proband pro Knoten ein **Zeitlimit von 20 Minuten**, ohne daß dies ihm bekannt ist. Nach Ablauf dieser Zeit wird er vom Versuchsleiter aufgefordert, den jeweiligen Knoten auszuführen.

Gelingt es einem Probanden **nicht**, einen oder mehrere der Knoten **erfolgreich** auszuführen, so wird er von der Studie **ausgeschlossen** und seine Ergebnisse werden nicht ausgewertet.

Auf eventuelle Fragen oder entsprechende Gesten des Probanden reagiert der Versuchsleiter mit **standardisierten Antworten**, ohne dabei Information preiszugeben oder in das Geschehen einzugreifen.

Die **Dauer** der **Lernphasen**, der **Übungsphasen** und der **Erfolg** werden jeweils **festgehalten**. Das interaktive Lernprogramm legt dazu automatisch im Hintergrund ein **Log-File** an, aus dem das gesamte Interaktionsverhalten des Probanden komplett rekonstruiert werden kann, ohne daß der Proband dies bemerkt.

Nach dem letzten Knoten **befragt** der Versuchsleiter den Probanden **zu seinen persönlichen Eindrücken**:

- Wie sind Sie beim letzten Knoten vorgegangen?
- Was ist Ihnen aufgefallen?
- Was fanden Sie gut?
- Was hat Sie gestört?

Der Versuchsleiter hält die Aussagen in Stichworten fest.

Danach führt der Versuchsleiter den **"Schlauchfiguren"-Test** mit dem Probanden durch. Dieser dient zur Ermittlung des räumlichen Vorstellungsvermögens.

Die **Untersuchung** ist nun **beendet**. Der Versuchsleiter dankt dem Probanden, übergibt ihm die Entlohnung und verabschiedet ihn.

Zum Schluss **trägt** der Versuchsleiter noch die mündlich erhobenen Daten **in die Log-Files ein**.

Instruktion zu Studie 2 (nicht-interaktive Bedingung)

Vielen Dank, daß Sie sich bereit erklärt haben, an dieser Untersuchung teilzunehmen.

Ziel der Untersuchung ist die **Erprobung und Bewertung von Lernsoftware**.

Im Verlauf der Untersuchung werden Sie mit Hilfe eines interaktiven Lernsystems insgesamt **fünf verschiedene Seemannsknoten** erlernen. Sie erlernen jeweils einen Knoten und können diesen so lange Üben, bis Sie ihn sicher mit einem Seil und evtl. einem Übergerät ausführen können.

Um sich mit dem System vertraut zu machen, steht Ihnen zunächst ein **Übeknoten** zur Verfügung. Während Sie diesen erlernen, erklärt Ihnen der Versuchsleiter noch einmal genau die Funktionen und den Ablauf. Dabei können Sie jederzeit Fragen stellen.

Der Versuchsleiter darf Ihnen aber **danach keinerlei weitere Hinweise** geben **oder Fragen** beantworten, um das Ergebnis der Untersuchung nicht zu verfälschen.

Für die folgenden 4 Knoten gehen Sie bitte folgendermaßen vor:

1. **Klicken Sie** die "**Beginnen**"-Taste oder die "**Weiter**"-Taste, um zu beginnen.
2. Klicken Sie nun den "**Play**"-Button und betrachten Sie die Herstellung des Knotens. Wiederholen Sie diesen Vorgang so lange, bis Sie der Meinung sind, den Knoten **nun selbst mit dem Seil üben zu wollen**.
3. **Klicken Sie** dann auf die "**Üben**"-Taste und **warten** Sie zunächst das **Ende des Films ab**. Wenden Sie sich dann dem **Versuchsleiter** zu.
4. Der Versuchsleiter gibt Ihnen nun das Seil und das Übergerät. **Üben Sie** damit **den Knoten so lange sie möchten**.
5. Wenn Sie nun **wieder** mit dem **Lernprogramm lernen** möchten, so **legen sie das Seil aus der Hand**, wenden Sie sich dem Computer wieder zu und drücken Sie die "**Weiter**"-Taste.
6. **Wiederholen** Sie die Schritte 2 bis 5 so lange, bis Sie **sicher** sind, den Knoten **richtig** ausführen zu können.
7. Drücken Sie jetzt die "**Fertig**"-Taste, wenden Sie sich dem Versuchsleiter zu und **führen** Sie die **fehlerfreie Herstellung des Knotens dem Versuchsleiter vor**.
8. Ist der Knoten **fertig**, so können Sie jetzt den **nächsten Knoten** erlernen. Legen Sie das Seil aus der Hand, wenden sich dem Computer zu und klicken Sie die "**Weiter**"-Taste.

Es könnte passieren, daß Sie den einen oder anderen Knoten nicht fehlerfrei ausführen können. **Dies liegt nicht an Ihnen**, sondern ist auf das Lernsystem zurückzuführen. Der Versuch hat unter anderem das Ziel, diese Unzulänglichkeiten zu verbessern.

Lassen Sie sich also in keinem Fall entmutigen. Sie leisten einen wichtigen Beitrag für diese Untersuchung, auch wenn es Ihnen nicht gelingt einen Knoten auszuführen.

Es geht in keinsten Weise darum, Ihre persönlichen Fähigkeiten zu bewerten. Ihre **Ergebnisse** werden **streng vertraulich** behandelt und bleiben **anonym**.

Viel Spaß mit den Seemannsknoten !

Instruktion zu Studie 2 (interaktive Bedingung)

Vielen Dank, daß Sie sich bereit erklärt haben, an dieser Untersuchung teilzunehmen.

Ziel der Untersuchung ist die **Erprobung und Bewertung von Lernsoftware**.

Im Verlauf der Untersuchung werden Sie mit Hilfe eines interaktiven Lernsystems insgesamt **fünf verschiedene Seemannsknoten** erlernen. Sie erlernen jeweils einen Knoten und können diesen so lange Üben, bis Sie ihn sicher mit einem Seil und evtl. einem Übergerät ausführen können.

Um sich mit dem System vertraut zu machen, steht Ihnen zunächst ein **Übeknoten** zur Verfügung. Während Sie diesen erlernen, erklärt Ihnen der Versuchsleiter noch einmal genau die Funktionen und den Ablauf. Dabei können Sie jederzeit Fragen stellen.

Der Versuchsleiter darf Ihnen aber **danach keinerlei weitere Hinweise** geben oder **Fragen** beantworten, um das Ergebnis der Untersuchung nicht zu verfälschen.

Für die folgenden 4 Knoten gehen Sie bitte folgendermaßen vor:

1. **Klicken Sie** die "**Beginnen**"-Taste oder die "**Weiter**"-Taste, um zu beginnen.
2. Nutzen Sie nun den **Multifunktions-Button** um die Herstellung des Knotens zu betrachten. Sie können dabei normal abspielen, anhalten, vor- und zurückspulen oder z.B. Zeitlupe nutzen. Führen Sie dies alles so lange nach Ihren Vorlieben durch, bis Sie der Meinung sind, den Knoten **selbst mit dem Seil üben zu wollen**.
3. **Klicken Sie** dann auf die "**Üben**"-Taste und wenden sich dem **Versuchsleiter** zu.
4. Der Versuchsleiter gibt Ihnen nun das Seil und das Übergerät. **Üben Sie** damit **den Knoten so lange sie möchten**.
5. Wenn Sie nun **wieder** mit dem **Lernprogramm lernen** möchten, so **legen sie das Seil aus der Hand**, wenden Sie sich dem Computer wieder zu und drücken Sie die "**Weiter**"-Taste.
6. **Wiederholen** Sie die Schritte 2 bis 5 so lange, bis Sie **sicher** sind, den Knoten **richtig** ausführen zu können.
7. Drücken Sie jetzt die "**Fertig**"-Taste, wenden sich dem Versuchsleiter zu und **führen Sie die fehlerfreie Herstellung des Knotens dem Versuchsleiter vor**.
8. Ist der Knoten **fertig**, so können Sie jetzt den **nächsten Knoten** erlernen. Legen Sie das Seil aus der Hand, wenden Sie sich dem Computer zu und klicken Sie die "**Weiter**"-Taste.

Es könnte passieren, daß Sie den einen oder anderen Knoten nicht fehlerfrei ausführen können. **Dies liegt nicht an Ihnen**, sondern ist auf das Lernsystem zurückzuführen. Der Versuch hat unter anderem das Ziel, diese Unzulänglichkeiten zu verbessern.

Lassen Sie sich also in keinem Fall entmutigen. Sie leisten einen wichtigen Beitrag für diese Untersuchung, auch wenn es Ihnen nicht gelingt einen Knoten auszuführen.

Es geht in keinsten Weise darum, Ihre persönlichen Fähigkeiten zu bewerten. Ihre **Ergebnisse** werden **streng vertraulich** behandelt und bleiben **anonym**.

Viel Spaß mit den Seemannsknoten !

Fragebogen zu Studie 2

Vom Versuchsleiter auszufüllen. **Nicht dem Probanden vorlegen!**

laufd. Nummer:	<input type="text"/>
Bedingung:	<input type="text"/>
Geschlecht:	<input type="text"/>
Händigkeit:	<input type="text"/>

Wie vertraut sind sie mit dem Knüpfen von Seemannsknoten?

- sehr vertraut durchschnittlich gering vertraut keine Kenntnisse

Wie vertraut sind sie mit dem Umgang mit Computern?

- sehr vertraut durchschnittlich gering vertraut keine Kenntnisse

Wie vertraut sind sie mit der Nutzung von interaktiven Lernprogrammen?

- sehr vertraut durchschnittlich gering vertraut keine Kenntnisse

Ergebnis Knoten "Halber Schlag": erfolgreich erfolglos

Ergebnis Knoten "Klampe Belegen": erfolgreich erfolglos

Ergebnis Knoten "Rundtörn": erfolgreich erfolglos

Ergebnis Knoten "Palstek": erfolgreich erfolglos

laufd. Nummer

Wie sind Sie beim letzten Knoten vorgegangen?

Was ist Ihnen aufgefallen?

Was fanden Sie gut?

Was hat Sie gestört?

13.3 Anhang C: Typische Log-Datei

Für jede Versuchsperson und jeden gelernten Knoten wurde während der gesamten Bearbeitungsdauer jeweils eine detaillierte Log-Datei durch die automatische Protokollierungsfunktion angelegt (vgl. Abschnitt 6.3.2.3.3). Eine derartige Log-Datei umfaßt in der Regel mehrere tausend Einträge weshalb an dieser Stelle nur die verkürzte Form einer Log-Datei vorgestellt werden soll:

```
Testauswertungsbogen des folgenden Probanden:
#####
Nummer: A04
Bedingung: Volle Interaktivität
Geschlecht: m
Händigkeit: rechts
Exp. Knoten: keine
Exp. Computer: durchschnittlich
Exp. Lernprogramme: keine
#####
```

```
gewählter Knoten: Halber Schlag
=====
```

```
Zeit (in 1/60 sec), Bild:
.....
0, 0
4, 0
8, 0
12, 0
16, 0
20, 0
24, 0
28, 0
32, 0
36, 0
40, 0
44, 0
48, 0
```

(hier verkürzt...)

```
152, 6
156, 6
160, 7
164, 8
168, 9
172, 10
176, 11
180, 12
184, 13
188, 14
192, 15
196, 16
200, 17
204, 18
208, 19
212, 20
216, 21
220, 22
224, 23
228, 24
232, 25
236, 26
240, 27
244, 28
248, 29
```

252, 30
 256, 31
 260, 32
 264, 33
 268, 34
 272, 35
 276, 36
 280, 37
 284, 38
 288, 39
 292, 40
 296, 41
 300, 42
 304, 43
 308, 44
 312, 45
 316, 46
 320, 47
 324, 48
 328, 49
 332, 50
 336, 51
 340, 52
 344, 53

(hier verkürzt...)

6988, 377
 6992, 378
 6996, 379
 7000, 380
 7004, 381
 7008, 382
 7012, 383
 7016, 384
 7020, 385
 7024, 386
 7028, 387
 7032, 388
 7036, 389
 7040, 390

 Ende der Lernphase: 7040
 Ende der Reproduktionsphase: 10587
 gewählter Knoten: Halber Schlag
 Erfolg: ja
 1. Versuch: 3 Anläufe
 2. Versuch: 2 Anläufe
 3. Versuch: 1 Anläufe
 4. Versuch: 0 Anläufe
 Schlauchfiguren: 17 Rohpunkte

Die Zahlenangaben in einer typischen Zeile der Log-Datei stellen links vor dem Komma die verstrichene Zeit seit Beginn der Lernphase dar, angegeben in 1/60-tel Sekunden und mit einer Schrittweite von einer 1/15-tel Sekunde. Rechts nach dem Komma steht die laufende Nummer des zu diesem Zeitpunkt von der VPN betrachteten Videobildes. Über diese Angaben hinaus, die durch die automatische Protokollierungsfunktion erhoben wurden, enthalten die Log-Dateien auch jeweils verschiedene Angaben die vom Versuchsleiter mündlich erhoben und anschließend in die Log-Dateien eingetragen wurden (vgl. Abschnitte 6.3.4, 13.1 und 13.2).

Für jede Versuchsperson und für jeden Knoten wurde eine derartige Log-Datei angelegt. Bei 32 Versuchspersonen in der ersten Studie und 36 Versuchspersonen in der zweiten Studie ergab sich bei jeweils vier zu erlernenden Knoten eine Gesamtzahl von 128 bzw. 144, also insgesamt 272 Log-Dateien.