

August Fenk

„Ein Bild sagt mehr als
tausend Worte...?“
Lernleistungsunter-
schiede bei optischer,
akustischer und
optisch-akustischer
Präsentation von
Lehrmaterial

Uwe
Schulze-Fröhlich
Gunter
Schulze-Fröhlich

Erfahrungen mit der
Unterrichtseinheit
„Kolonialismus –
Unabhängigkeit –
Entwicklung
am Beispiel Nigerias“

02 1023

AV-Forschung Audiovisuelle
Unterrichtsmethoden
in der erziehungswissenschaftlichen
Forschung

August Fenk

**„Ein Bild sagt mehr
als tausend
Worte . . .?“
Lernleistungs-
unterschiede
bei optischer,
akustischer und
optisch-akustischer
Präsentation
von Lehrmaterial**

Uwe Schulze-Fröhlich
Gunter Schulze-Fröhlich

**Erfahrungen mit der
Unterrichtseinheit
„Kolonialismus —
Unabhängigkeit —
Entwicklung
am Beispiel Nigerias“**

Band

23

Wissenschaftliche Schriftenreihe des
Instituts für Film und Bild in
Wissenschaft und Unterricht (FWU), Grünwald
Direktor: Prof. Dr. Walter Cappel
Redaktion: Wolf Theuring

Alle Anfragen und Manuskriptzusendungen
sind an die Redaktion zu richten.
Anschrift: Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht (FWU),
Bavaria-Film-Platz 3, 8022 Grünwald

Copyright 1980 Institut für Film und
Bild in Wissenschaft und Unterricht,
Bavaria-Film-Platz 3, 8022 Grünwald,
Fernruf (0 89) 6 49 71.
Zweigstelle Berlin: Schützallee 27—29,
1000 Berlin 37; Fernruf (0 30) 8 01 50 76.
Alle Rechte — auch die des auszugsweisen
Nachdrucks, der photomechanischen Wieder-
gabe und Übersetzung — vorbehalten.

Gesamtherstellung:
Universis-Druck und Verlag Josef Hartl KG, München.
Printed in Germany.
1/3/81

ISSN 0341 — 8472

Inhalt

Seite

AUGUST FENK

„Ein Bild sagt mehr als tausend Worte ...?“

Lernleistungsunterschiede bei optischer, akustischer und optisch-akustischer Präsentation von Lehrmaterial

Zusammenfassung	5
1. Problemkreis	6
2. Kritische Analyse verschiedener Argumentationsrichtungen	6
Die audiovisuelle Schule in der Kunst	6
Die audiovisuelle Schule in der Schule	7
Medientaxonomien als Entscheidungsbasis	8
Die „Informationspsychologie“ und das „Organogramm“ Franks als Entscheidungsbasis	9
3. Zur Problematik der Fragestellung für die (neuro-)psychologische Grundlagenforschung	12
Grundsätzliche Probleme	12
Spezielle Probleme	13
4. Ein Lösungsansatz für methodische Probleme	17
5. Empirische Ergebnisse	19
Die Untersuchungen von Neubauer, Port, Sommer	19
Phasen der Informationsverarbeitung	22
Optisch versus akustisch	34
Unimodal versus bimodal	37
6. Folgerungen für die Medienwahl	40
Zur Tragfähigkeit der Folgerungen	40
Optisch versus akustisch	41
Unimodal versus bimodal	42
7. Literatur	44

„Ein Bild sagt mehr als tausend Worte . . .?“ Lernleistungsunterschiede bei optischer, akustischer und optisch-akustischer Präsentation von Lehrmaterial

Zusammenfassung

Einige Argumentationsrichtungen bezüglich des Behaltwertes verschiedener Präsentationsformen werden folgenden Ergebnissen psychologischer Grundlagenforschung gegenübergestellt:

Der optische Analysator zeichnet sich durch eine hohe Disponibilität aus und erlaubt eine der informational Struktur der Nachricht angepasste Aufmerksamkeitsverteilung; beim Hören sind wir dem „flüchtigen“ Input in größerem Maße ausgesetzt. Andererseits weist der *Modalitätseffekt* — die auditive Überlegenheit bei den unmittelbar vor Reproduktionsbeginn gebotenen Items — darauf hin, daß das auditive Puffergedächtnis die einlaufende Information länger für den Zugriff durch nachgeordnete Instanzen bereithält. Diese auditive Überlegenheit betrifft aber nur kurzfristige Speicherprozesse: Experimente des Verfassers zeigten bei den zeitlich weiter zurückliegenden Items der Lernsequenz eine visuelle Überlegenheit. Dieser „umgekehrte Modalitätseffekt“ blieb auch dann bestehen, wenn die optische Nachricht nicht en bloc, sondern — in Annäherung an die akustischen Verhältnisse — sukzessive geboten wurde.

Bezüglich des Vergleichs bimodale versus unimodale Darbietung wird manchmal vom Fehlen bedeutsamer Unterschiede berichtet, meist aber von einer höheren Reproduktionsleistung nach bimodaler Präsentation.

Abschließend werden Konsequenzen für die Medienpraxis formuliert. Deren Tragfähigkeit ist allerdings eingeschränkt; zum einen, weil eine direkte experimentelle Konfrontation der Sinnesgebiete nur in Bereichen möglich ist, wo dem Perzipienten Übersetzungsregeln zwischen Wahrnehmungsobjekten unterschiedlicher Sinnesmodalität geläufig sind, und zum anderen, weil in der Praxis die Sinnesmodalität in schwer wägbarer Weise mit anderen Einflußgrößen, z. B. der Codierungsmodalität, interagiert.

1. Problemkreis

Mediendidaktik definiert als eine ihrer vorrangigen Aufgaben die „wissenschaftliche“ Entscheidungsfindung bezüglich des Einsatzes bestimmter Medien in bestimmten Unterrichtssituationen. Die Entscheidungen für Medien und Präsentationsformen irgendwelcher Art sind zwangsläufig auch immer Entscheidungen für das Ansprechen bestimmter Sinnesgebiete; und tatsächlich spielt der Gesichtspunkt der „Stimulusdimension“ (HEIDT und SCHWITTMANN 1976) eine entscheidende Rolle bei fast allen Bemühungen, unterrichtstechnologische Einrichtungen zu klassifizieren (MELEZINEK 1977), „Medienfunktionen“ zu analysieren und „Medientaxonomien“ zu konzipieren (DALE 1954, EDLING 1966, BRETZ 1971).

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist erstens eine kritische Analyse einiger verbreiteter Argumentationsrichtungen bezüglich der „effektiveren“ Präsentationsform, zweitens deren Konfrontation mit Ergebnissen der (neuro-)psychologischen Grundlagenforschung, und drittens der Versuch, eine theoretisch und empirisch begründbare Antwort auf einige der im Titel anklingenden Fragestellungen zu formulieren.

Bei allen drei Zielsetzungen wird, von vielen möglichen, nur ein — „technologischer“, „zweckrationaler“ (KNIGGE-ILLNER 1976) — Aspekt mediendidaktischer Problematik im Vordergrund stehen: *Welche Präsentationsform (optisch oder akustisch, unimodal oder bimodal) ist zu wählen, wenn die Chance der späteren Abrufbarkeit der Nachricht auf Seiten des Nachrichten-Empfängers möglichst groß sein soll?*

2. Kritische Analyse verschiedener Argumentationsrichtungen

Die audiovisuelle Schule in der Kunst

Eine verbreitete Argumentationsrichtung stammt wohl ursprünglich aus der (Film-)Kunst, wo man sich um die Umsetzung der beabsichtigten „Aussage“ ins non-verbal Optische bemüht. Unter „totaler Audiovisualisierung“ versteht diese Schule (SAJKO 1974) den völligen Verzicht auf sprachliche Codierung, und — mehr oder weniger explizit — eine Schwerpunktsetzung im optischen Bereich, wobei der akustischen „Untermalung“ (Geräusche, Musik) eines Tonfilmes nur die Funktion der Unterstützung der optischen Aussage zukommt. Diese Art der Präsentation, so wird argumentiert, spricht uns bzw. unsere Emotion (STEPHENSON und DEBRIX 1969) „direkter“ an — also ohne Umweg über sprachliche Zeichen, die ja nur für etwas anderes stehen — und eigne sich daher besser als jede Verbalisierung zur Vermittlung von nachhaltigen Eindrücken und Denkanstößen. Denn, und diesem Argument schließen sich die Hersteller fotografischer Geräte gerne an, „ein Bild sagt mehr als 1000 Worte“. Worte müßten außerdem vom Perzipienten erst wieder in bildhafte Vorstellungen umgesetzt werden, damit er etwas damit anzufangen weiß.

Kritik: Diese weitgehend ohne empirischen Bezug formulierten Argumente haben eher den Charakter einer Hinterher-Rechtfertigung als den einer Entscheidungsbasis: Das Medium (z. B. Film) ist vorgegeben, und seine spezifischen Möglichkeiten werden bewußt kultiviert.

Zum Argument der stärkeren emotionalen Beteiligung am filmischen Geschehen meint BAGGETT (1979, S. 354): "But there has not as yet been any scientific inquiry into what gives a film (or a text) emotional impact or what emotional impact does to memory." Gegen das 1000-Worte-Zitat wendet STOTZ (1978, S. 113) ein, daß jede Variation des Mediums oder eines medienspezifischen Faktors auch den Kommunikationsinhalt verändert. „Von unserem Standpunkt aus sagt also ein Bild nicht mehr als tausend Worte — sondern etwas *anderes*.“ (Die hier angesprochenen Grenzen der Übersetzbarkeit von Nachrichten werden im 3. Abschnitt, S. 13 ff., genauer analysiert). Und der Behauptung, eine vom Perzipienten vollzogene Umwandlung sprachlicher Nachrichten in bildhafte Vorstellungen sei Voraussetzung für weitere kognitive Operationen, muß entgegengehalten werden, daß umgekehrt die zunehmende Abstinenz von der Anschauung (PIAGET 1970) im Laufe unserer sprachlich-kognitiven Entwicklung und Sozialisation bestimmte Denkoperationen erst ermöglicht. Warum wohl wird die Aussage „Ein Bild sagt mehr als 1000 Worte“ auch von deren Verfechtern in Worten anstatt in Bildern gesagt? Da „menschliches Denken sich in Relation zu verfügbaren Sprachen objektiviert“ (GIPPER 1972, S. 248¹), ist Sprache wohl auch das nächstliegende Transportmittel für Gedanken.

Die audiovisuelle Schule in der Schule

In dem Bestreben, die (anderen) Lehrer von der Nützlichkeit „audiovisueller“ Geräte — wobei dieser Terminus leider meist nicht für Geräte zur kombinierten Präsentation optischer und akustischer Nachrichten reserviert wird — zu überzeugen, werden oft völlig unhaltbare Prozentangaben verbreitet; meist wiederum mit dem Ziel, den optischen Kanal stärker einzubezichen als dies im „traditionellen“ Unterricht angeblich der Fall ist. Eines von zahlreichen Beispielen (MILAN 1969, S. 6 f):

„Sinnesaufnahmevermögen

Der heutige Mensch nimmt sein Wissen etwa
zu 78 % durch das Auge (Gesichtssinn),
zu 13 % durch das Ohr (Gehörsinn),
und nur zu je 3 % durch den Geruchs-, Tast- und Geschmackssinn auf.

Behaltwert

Der Behaltwert läßt sich in nachfolgender Übersicht sehr gut darlegen. Man behält

von dem, was man liest	etwa 10 %
von dem, was man hört	20 %
von dem, was man sieht	30 %
von dem, was man sieht und hört	50 %
von dem, was man selbst vorträgt	70 %
von dem, was man selbst ausführt	90 %.

Als Quelle für das „Sinnesaufnahmevermögen“ führt MILAN den Film „Visual aids“ an und für den „Behaltwert“ ein Buch von KULKIES und VAN BRACHT (1967). In diesen Werken allerdings fehlen Angaben über die Herkunft der Daten. Die zuletzt genannten Autoren

¹ Zitiert nach HÖRMANN 1977, S. 198

begnügen sich mit der Feststellung (S. 83): „Die neuesten Forschungsergebnisse zeigen Ihnen ganz deutlich, nach welchen Methoden Sie lernen müssen, wenn Sie etwas behalten wollen. Sie behalten: 10 % von dem ...“

Kritik: Von Gelesenem kann ich 10 % oder 100 % behalten, je nach Umfang und Inhalt des Textes, dem Lesertempo, der Zeitspanne zwischen Lesen und Reproduktion und vor allem je nach verwendeter Meßmethode: Wenn beispielsweise jemand zwar den Inhalt eines gelesenen Textes, nicht aber die darin vorkommenden Wörter und Formulierungen wiedergeben kann, wieviel Prozent hat er dann behalten? Können von selbst Ausgeführten — z. B. Stenografie-Kürzeln — nicht ebensogut „90 %“ vergessen anstatt behalten werden? Und welcher Art waren frühere Lernvorgänge, die erst ermöglichen, daß man eine bestimmte Handlung „selbst ausführt“ oder zu einem Thema „selbst vorträgt“? Noch grundlegender ist der Einwand, daß gar keine Methode denkbar ist, die derartige quantitative Angaben liefern könnte, weil kein Lehrstoff zur Verfügung steht, der allen genannten Auffassungsarten zugänglich ist.

Medientaxonomien als Entscheidungsbasis

Die meisten Medientaxonomien verstehen sich nicht nur als Einteilungsversuch, sondern als Entscheidungshilfe. Die Festlegung von Zuordnungen zwischen bestimmten Unterrichtszielen (und Unterrichtsfunktionen) einerseits und bestimmten Medien (bzw. Geräten) andererseits soll helfen, die bei vorgegebenem Lehr- oder Lernziel geeignetsten Medien (und damit auch die anzusprechenden Sinnesgebiete) auszuwählen oder — als Minimalprogramm — die keinesfalls geeigneten auszuschließen und so die Auswahl einzuengen. *Kritik:* Diese Aufgabe leisten die bisher bekanntgewordenen Medientaxonomien kaum besser als der davon unbelastete Menschenverstand, in manchen Fällen sogar schlechter. Die folgenden Beispiele einer trivialen Zuordnung (a) und einer schwer nachvollziehbaren Zuordnung (b) sind dem Schema ALLENS (1967) entnommen:

- a) Für das — übrigens eigenartig definierte — Lernziel „Erlernen visueller Identifikationen“ kommen nach diesem Schema zwar Filme in Frage,
- b) kaum aber gedruckte Textbücher.

Daß GAGNÉs Buch „The conditions of learning“ (1965) zu einem der meistzitierten im Zusammenhang mit dem Medienwahlproblem wurde, kommt vermutlich daher, daß GAGNÉ diese Problematik in einen größeren lernpsychologischen Rahmen stellte. Die Zuordnung von Medien zu Lernzielen erfolgt bei ihm nicht direkt, sondern über Zwischenschritte: Dem Ziel wird ein Lerntyp (im Sinne einer psychologisch abgrenzbaren Lernform), dem Lerntyp eine Unterrichtsfunktion und dieser schließlich das Medium zugeordnet. Damit werden aber auch die Möglichkeiten von Fehlzuordnungen vervielfacht. Die fehlende Eindeutigkeit beim letzten Zuordnungsschritt wird z. B. von HEIDT und SCHWITTMANN (1976) kritisiert, und GAGNÉs Lerntypologie aus lerntheoretischer Sicht von KEILER und SCHURIG (1978).

Selbst wenn man diese Lerntypologie akzeptiert, bleibt *bereits der erste Zuordnungsschritt sehr unsicher*, wie am Paradigma eines von KÖHLER (1952) mit Vögeln durchgeführten Experimentes gezeigt werden soll: Jede aus einer Reihe von Schachteln ist mit unterschiedlich vielen Elementen (z. B. Farbklecks) markiert. Innerhalb einer Reihe von Versuchsdurchgängen wird Art, Größe

und Anordnung der Elemente variiert; konstant bleibt, daß nur jene — auch in ihrer Position wechselnde — Schachtel Futter enthält, auf der die Elemente in einer bestimmten Anzahl (z. B. 6) auftreten. Wenn das Lehrziel nun darin besteht, (nach einer bestimmten Anzahl von Durchgängen) immer zuerst in ebendieser Schachtel nach Futter zu suchen, welcher Lerntyp GAGNÉ liegt dann vor? Begriffslernen, wegen der schrittweisen Abstraktion von irrelevanten Stimulusdimensionen? Oder Regellernen? Oder gar Problemlösen, weil das Problem ja darin besteht, die entscheidende Regel durch sukzessives Ausscheiden falscher Hypothesen herauszufinden?

Eine der Ursachen dafür, daß die in den Taxonomien angestrebten Zuordnungen so uneindeutig sind, ist in der Vermengung von Einteilungskriterien — etwa von Codierungsort und Sinnesmodalität (z. B. bei DALE 1954) — zu suchen. Auch im Schema von TOSTI und BALL (1969) variiert die „Reizdimension“, allen üblichen Sprachregelungen zum Trotz, unter anderem in den Abstufungen „symbolisch“ und „verbal“. Geht es hier nicht eher um Fragen der Codierung als der Reizcharakteristik, und hat man es bei verbaler Kommunikation etwa nicht mit Symbolen zu tun?

Die „Informationspsychologie“ und das „Organogramm“ Franks als Entscheidungsbasis

„Informationspsychologie“ im Sinne FRANKS (1971) ist als kybernetisch orientierte Psychologie zu verstehen. FRANKS Verdienst besteht unter anderem darin, daß er innerhalb der pädagogischen Fachwelt die Diskussion um Wert oder Unwert kybernetischer Grundlagenforschung intensiviert hat, und bezüglich unserer Fragestellung, daß er zwei psychologische Konzepte als relevant für die Mediendidaktik erkannt hat: In erster Linie das Konzept der limitierten Kanalkapazität, in zweiter Linie das Konzept der selektiven Aufmerksamkeit.

Die informationstheoretische Betrachtungsweise bietet auch für unsere Fragestellung den unschätzbaren Vorteil, daß verschiedene Nachrichten — unabhängig von der Art des Trägerprozesses und der Art der Codierung — innerhalb eines formalisierten Systems analysiert und quantitativ (z. B. in bit pro sec.) verglichen werden können. So läßt sich etwa die Vielzahl der klassischen Gestaltesetze in informationstheoretischer Terminologie auf den einen Satz reduzieren: „The good gestalt is a figure with some high degree of internal redundancy“ (ATTNEAVE 1954, S. 186). Andererseits sind kybernetische Analysen natürlicher Systeme nie präziser als die empirischen Daten, auf denen sie basieren, und ein *in sich* schlüssiges Modell muß durchaus nicht auch ein zutreffendes sein. Auf Grund unseres an sich spärlichen Wissens über die menschliche Informationsverarbeitung ist die Gefahr groß, daß die für das kybernetische Modell angestrebte Exaktheit in dessen empirischer Begründung nicht durchzuhalten ist und die Herleitung des Modells eine gewisse Unbekümmertheit — in Fragen der Generalisierung empirischer Befunde und in wissenschaftstheoretischen Fragen — geradezu voraussetzt.

Am Beispiel des von FRANK (1971) vorgestellten Modells für den Informationsumsatz im Menschen („Organogramm“) soll die Problematik von Modellbildungen aufgezeigt werden, deren exakt anmutende Blockschaltbilder und Darstellungen von Wirkungsgefügen offene Fragen manchmal eher verdecken als lösen:

a) Das Bewußtsein — in Frankscher Terminologie auch „Kurzspeicher“ — wird im Organogramm als einer von mehreren informationsdurchflossenen Blöcken mit limitierter Kapazität und in zentraler Position dargestellt.

Kritik: „Information“ selbst ist immateriell (WEIZÄCKER 1959), aber an materiell-energetische Trägerprozesse gebunden. Ein Energieaustausch zwischen einem immateriell zu denkenden Bewußtsein (ROHRACHER 1967) und seinen „materiell“ zu denkenden Korrelaten (Reize, Nervenimpulse) ist aber schwer vorstellbar oder wäre jedenfalls eigens — etwa durch Neudefinition von „Bewußtsein“ — zu begründen. Modelle für den Informationsumsatz im Menschen müßten sich innerhalb einer Wissenschaftssprache bewegen — entweder der physiologischen oder der phänomenologischen —, wenn sie in sich konsistent sein sollen.

b) FRANK (S. 192) berechnete die „Kapazitäten der Sinnesorgane als Kanalkapazität vom Sinnesorgan bis zum Projektionszentrum. Dabei wurden die bekannten psychophysischen Einzelergebnisse (absolute Schwellen und Unterschiedsschwellen, räumliches und zeitliches Auflösungsvermögen etc.) zugrundegelegt“.

Kritik: Ergebnisse der *Psychophysik* dürften einer solchen Schätzung nicht zugrundegelegt werden, bzw. nur unter der unhaltbaren Annahme, daß *alle* in die sensorischen Projektionsfelder gelangten Nachrichten „apperzipiert“ und in irgendeiner Form mitteilbar werden. („Apperzeption“ definiert FRANK auf S. 173 als den „introspektiv erlebbaren Eintritt von Sinneseindrücken ins Bewußtsein“, womit er sich von erkenntnistheoretischer Seite den Vorwurf einhandeln muß, die Neuauflage eines längst überholten Affektionsmodells zu vertreten.) Unprüfbar ist diese Annahme schon deshalb, weil sie eine definitive Rückführbarkeit von Begriffen der mentalistischen Sprache auf solche der physiologischen Sprache voraussetzt. Diese Rückführbarkeit aber existiert nicht (FEIGL 1958).

c) Im Organogramm gelangt Information ausschließlich über den Kurzspeicher (= Bewußtsein) in das „vorbewußte Gedächtnis“, „Apperzeption“ wäre demnach unabdingbare Voraussetzung für (längerfristige) Speicherung.

Kritik: Dagegen sprechen nicht nur wissenschaftstheoretische Einwendungen (a) und b)), sondern auch die Tatsache, daß etwa beim Erwerb der Muttersprache oder beim motorischen Lernen eine Unzahl von Regelmäßigkeiten (z. B. der Grammatik und der Sprachstatistik, der Biomechanik) zu berücksichtigen gelernt, aber meist nicht bewußt werden.

d) FRANK postuliert für die Datenverarbeitung im Menschen einen zentralen Taktgeber, dessen Grundtaktzeit sich aus dem „Zeitauflösungsvermögen“ (des optischen und des akustischen Analysators) und der Frequenz von Hirnpotentialen abschätzen lasse. Aus der Untersuchung von HOWES und SOLOMON (1951) und den experimentellen Ergebnissen von MILLER, BRUNER und POSTMAN (1954) schließt FRANK, daß die „Zuflußgeschwindigkeit zum Kurzspeicher“ ca. 16 bit pro Sekunde beträgt, also — und diese Beziehung gelte altersunabhängig — pro Takt (= „subjektives Zeitquant“) ein bit „apperzipiert“ wird.

Kritik: Die folgende Kritik bezieht sich nicht auf die Hypothese der limitierten Kanalkapazität und der Proportionalitätsbeziehung zwischen Informationsmenge und der zu ihrer Verarbeitung benötigten Zeit.

Das Konzept der begrenzten Kanalkapazität — und die entsprechende Kritik — wurde ursprünglich vor allem auf Identifikationsexperimente angewendet, wobei die „Kanalkapazität“ eine kybernetische Interpretation der sensorischen Diskriminationsfähigkeit darstellt. (Kritik zu formalen Implikationen liefert beispielsweise BLEY 1978, und inhaltliche Zweifel an allzu starr aufgefaßten Limits äußert etwa GIBSON 1973, S. 328, mit Hinweis auf das Wahrnehmungslernen: „Sehen und Hören verbessern sich immer weiter mit der Erfahrung.“) Doch scheint dieses Konzept

auch — oder vielleicht sogar besser — auf Speicherprozesse im üblichen Sinn anwendbar zu sein: POLAX (1977) kam in drei Experimenten zu dem Schluß, daß der Zusammenhang zwischen der Information einer Aufgabe und der entsprechenden Lernzeit mit großer Genauigkeit als lineare Funktion beschrieben werden kann. FENK und FENK (1980) zeigten, daß in neun daraufhin untersuchten Weltsprachen eine Proportionalitätsbeziehung zwischen der Länge von Wörtern (gemessen in Silben) und der objektiven Information dieser Wörter besteht.

Weniger begründet erscheint aber die FRANKSche Annahme eines zentralen Taktgebers und die Quantifizierung der Grundtaktzeit. Akzeptiert man die Roh-EEG-Frequenz als Indikator für die (jeweilige) Taktzeit, so spricht gegen einen *zentralen* Taktgeber, daß innerhalb eines Zeitabschnittes in verschiedenen Rindenregionen unterschiedliche Frequenzen dominieren können, z. B. occipital α -Wellen und frontal β -Wellen (vgl. z. B. FENK 1978). Außerdem kann eine Erhöhung der Lichtstärke bekannterweise dazu führen, daß nicht nur der Indikator optisches „Zeitauflösungsvermögen“ (= Flimmerfusionsfrequenz) um einen bestimmten Faktor zunimmt, sondern auch die EEG-Frequenz (z. B. α -Blockade). Aus FRANKS Aussagen läßt sich ableiten, daß damit auch die „Zuflußgeschwindigkeit zum Kurzspeicher“ — und zwar nicht nur aus dem optischen Kanal — schlagartig zunehmen müßte.

e) Nach FRANK (S. 176) muß die „Apperzeption“ eines Zeichens „die Assoziation seiner Bedeutung auslösen können. Es ist zu erwarten, daß aus der Außenwelt keine 16 bit/sec mehr in den Kurzspeicher dringen können, wenn gleichzeitig aus dem vorbewußten Gedächtnis die ‚semantische Information‘ (i_{sem}) assoziiert wird“.

Kritik: RESTLE (1974), SCHULTER (1975) und neuerdings auch SHIFFRIN (1975) nennen Gründe für ein Modell, in welchem — im Gegensatz zum Organogramm — die Information zuerst in den Langzeitspeicher und dann erst in den Kurzzeitspeicher gelangt. Betrachtet man aber diese Modelle und das Modell FRANKS als unterschiedliche Darstellungen eines identischen Sachverhalts, was bei Außerachtlassung der jeweiligen Erläuterungen im Begleittext möglich ist, so stellt sich die Frage nach dem Erklärungswert derartiger Blockdiagramme.

Einer Verführung des Begriffes „semantische Information“ erliegt FRANK, wenn er ihn mit „Bedeutung“ gleichsetzt. Die nach SHANNON bestimmbare „semantische Information“ ist nichts weiter als die um einen bestimmten Betrag verringerte subjektive Information einer Nachricht, wobei die Verringerung dadurch zustande kommt, daß das verarbeitende System bereits vertraute Superierungsregeln auf diese Nachricht anwendet.

Die Bedeutung einer Nachricht dagegen kann keine skalare Größe sein. BREKLE (1972, S. 79) zur Hoffnung, das Semantikproblem mit dem Instrumentarium der Informationstheorie zu lösen: „Tatsächlich ist dies aber nicht möglich, da die Wahrscheinlichkeit mit der Zeichenfolgen geäußert werden mit ihrer Qualität als Nachricht, als bestimmte zu übermittelnde Inhalte nicht gleichgesetzt werden kann.“

f) Innerhalb des „Organogramms“ nimmt die Aufmerksamkeitszuwendung eine eher marginale Stelle ein. Doch was nützt bei einer mediendidaktischen Entscheidung der Glaube daran, daß die Kanalkapazität des optischen Analysators um eine Potenz höher liegt als die aller anderen Analysatoren zusammen, wenn Akte (oder Mechanismen) der selektiven Aufmerksamkeit (mit-)entscheiden, welche Daten aus welchem Sinneskanal abgeblockt und welche weiterverarbeitet (z. B. gespeichert) werden. Das Wissen um die Unterschiede zwischen einzelnen Analysatoren bezüglich ihres Auflösungsvermögens wäre

für unsere Fragestellung nur relevant, wenn die von den Rezeptoren dieser Analysatoren aufgenommenen Informationsmengen in einem entsprechenden Mengenverhältnis auch gespeichert würden, oder wenn wir zusätzlich Kenntnis über die Auswahlmechanismen der Aufmerksamkeitszuwendung hätten.

Psychophysiologische Experimente mit gut operationalisierten Indikatoren der Aufmerksamkeitszuwendung legen den Schluß nahe, daß sich spezifische Aktivierungsvorgänge „auf den Informationsgehalt herausragender sensorischer Ereignisse beziehen“ (WEINRICH 1979). Eine präzisere informationale Charakterisierung „herausragender“ Ereignisse, welche (die Aufmerksamkeit auf sich ziehen und) für die Aufnahme ins Gedächtnis ausgewählt werden, versucht FRANK (S. 189) in seiner Informationspsychologie: Die „Auswahlwahrscheinlichkeit“ entspricht nicht unmittelbar dem Informationsgehalt, sondern „dem Informationsbeitrag und damit der Auffälligkeit“ eines Ereignisses.

Auch wenn man das „Organogramm“ und den entsprechenden Begründungszusammenhang voll akzeptiert, bleibt die Kluft zu praxisrelevanten Aussagen sehr groß. FRANK (S. 204) selbst räumt nach einer Aufzählung von zwölf Regeln zur Berücksichtigung der „Psychostruktur“ der Adressaten ein, daß diese Handlungsrezepte kaum etwas von seinem informationspsychologischen Modell verwerten.

3. Zur Problematik der Fragestellung für die (neuro-)psychologische Grundlagenforschung

Grundsätzliche Probleme

Warum wird gerade im Bereich der Pädagogik die Kluft zwischen empirischer Grundlagenforschung — speziell der psychologischen — und Praxisrelevanz so oft beklagt und ihren Ergebnissen als Basis didaktischer Entscheidungen mißtraut?

a) Die (neuro-)psychologische Forschung ist zu einem großen Teil auf den Gewinn von Erkenntnissen ausgerichtet, aus denen sich für den Lehrenden — so er nicht gerade diese Erkenntnisse lehrt — keinerlei Konsequenzen ableiten lassen. Für ihn ist nicht wichtig, ob und wo sich das Langzeitgedächtnis im Nervensystem lokalisieren läßt, sondern wie er seine „Nachricht“ dort unterbringt.

b) Die praktische Umsetzung jener Forschungsergebnisse, die an sich „praxisrelevant“ wären, bleibt immer mit einem unwägbar Risiko behaftet.

Über den beobachteten Einzelfall hinaus Gültigkeit beanspruchende, verallgemeinerbare Aussagen mit gesetzesartigem Charakter setzen meist wohlkontrollierte Beobachtungssituationen voraus. Die Gesetzesartigkeit von Aussagen wiederum ist Voraussetzung für die Vorhersage im Einzelfall und für die logisch dazu inverse Operation, nämlich die Erklärung eines beobachteten Ereignisses (HEMPEL und OFFENHEIM 1948).

In der (Unterrichts-)Praxis kommen nun alle in der Forschungssituation kontrollierten — und auch die dort nicht (hinreichend) kontrollierten — Variablen in einer eben viel weniger voraussagbaren und erklärbaren Weise zum Tragen. Stammen die Ergebnisse hin-

gegen aus einer sehr „lebensnahen“ Situation, so sind sie wegen des Mangels an systematischer Kontrolle von vornherein situationsspezifisch und kaum verallgemeinerbar.

c) Von einer Pädagogik, die sich als Verbindung von Theorie und Praxis versteht, kann die Rolle der Grundlagenwissenschaften als „bloß systemerhaltend und technologisch“ kritisiert werden, weil die Anwendung ihrer Ergebnisse ja höchstens die Effektivität der Erziehung auf vorgefaßte Ziele hin zu steigern imstande ist, nicht aber dazu, an den normativen Zielsetzungen etwas zu ändern.

d) Andere Einwände sind eher im Bereich des Vorurteils anzusiedeln. Die Bereitschaft zu solchen Vorurteilen rührt aus einer verständlichen Ablehnung einer auf die Beschreibung von Verhaltens-Invarianten ausgerichteten Forschungsrichtung durch jemanden, dessen Intention gerade auf Änderung des Verhaltens abzielt. Dieser Vorurteilsbereitschaft kommen Psychologen oft entgegen, indem sie für die von ihnen beschriebenen Ergebnisse vorzüglich eine nur aus biologischen Invarianten erklärbare Allgemeingültigkeit reklamieren. Dies ist etwa der Fall, wenn ERTE (1966) meint, mit der von ihm gefundenen hohen Korrelation zwischen Test-Intelligenz und der Latenz sensorisch evozierter Potentiale auch eine physiologische und daher „kulturfreie“ Messung der (offenbar idealtypisch gedachten) Intelligenz gefunden zu haben; wobei er erstens übersieht, daß diese Latenzwerte mit einem eben nicht „kulturfreien“ Indikator, nämlich der Test-Intelligenz, korrelieren, und zweitens, daß Sozialisationsprozesse sowohl das Hirngeschehen als auch das von diesem gesteuerte (Test-)Verhalten mitbestimmen.

Den Pauschalvorwurf einer „biologistischen“ und daher dem „genetischen Begabungsbegriff“ anhängenden Disziplin verdient die neuropsychologische Grundlagenforschung jedoch nicht, weil gerade ihr methodisches Instrumentarium geeignet ist, erfahrungsbedingte Änderungen der Hirnfunktionen festzustellen — und zwar sogar in derart „elementaren“ Bereichen der Sinnesphysiologie (vgl. HIRSCH und SPINELLI 1970), daß dort auch der „Biologismus-Gegner“ angeborene Mechanismen hätte gelten lassen.

Spezielle Probleme

Begriffsbestimmungen

Definieren wir ein beliebiges System als *Empfänger* (z. B. einen Menschen, sein Subsystem Nervensystem oder dessen Subsystem Nervenzelle), so ist jedes in bezug auf diesen Empfänger systemexterne Ereignis als *Nachricht* zu bezeichnen, welches systeminterne Ereignisse auslöst, die *Transinformation* auf das externe Geschehen aufweisen. Der Mensch (als Individuum und als Gesellschaft) ist ein lernendes System, wobei *Lernen* darin besteht, Unsicherheit über das Umweltgeschehen abzubauen, es vorhersagbarer zu machen, oder, in informationstheoretischer Sprache (VON CUBE 1965), die *Information* (= Unsicherheit) zu reduzieren beziehungsweise Redundanz zu erzeugen.

Redundanz gewinnt ein System, indem es einlaufende Nachrichten ordnend — internen Modellen gemäß — interpretiert, und diese internen Modelle modifiziert, wenn sie sich als nicht anwendbar erweisen. (Das Prinzip der Hypothesenprüfung, des Vergleichs der einlaufenden Daten mit Vorkonstruktionen, scheint tatsächlich auch für den Wahrnehmungsakt kennzeichnend zu sein, wie insbesondere für die Sprachwahrnehmung von HALLE und

STEVENS 1959, glaubhaft gemacht wurde.) Je nachdem, ob man Relations-Konstanten oder (bedingte) Wahrscheinlichkeiten von bereits (begrifflich) abgrenzbaren Ereignissen im Blick hat, kann die Modifikation interner Modelle als (vorsprachliche) Begriffsbildung oder als informationelle Akkomodation (= Annäherung subjektiver Wahrscheinlichkeitsverteilungen an die objektiven) beschrieben werden.

Die Tendenz zum Redundanzgewinn ist einerseits Voraussetzung für den Erwerb von Sprache: Begriffsbildung, Feststellung invarianter Beziehungen zwischen Begriffen und Zeichenträgern (Signalen), Aneignung grammatikalischer Regeln. Umgekehrt wird mit der Sprache vom Individuum ein einer ganzen Gesellschaft gemeinsames und durch deren Erfahrungen geprägtes Interpretationsmodell internalisiert.

Eine Teilmenge der Nachrichten, die wir verarbeiten, hat also — für „Eingeweihte“ — repräsentationalen Charakter; diese Nachrichten verschlüsseln (= codieren) nach vereinbarten Regeln Bedeutung. Im folgenden wird — unabhängig davon, ob ein Zeichen Entsprechungen (z. B. figuraler oder onomatopoetischer Art) zum Bezeichneten hat oder nicht (vgl. PEIRCE 1932) — nur zwischen codierenden und nicht-codierenden Nachrichten unterschieden. Diese Festlegung erleichtert zum einen die Analyse der methodischen Beschränkungen unseres Forschungsgegenstandes (siehe unten), erfolgt aber auch aus den folgenden theoretischen Überlegungen:

Jede(r) Nachricht(enteil) besitzt *Information*, verändert also die (subjektive) Erwartbarkeit nachfolgender Nachrichten(teile). Insofern sind die von FRANK (1971, S. 42) apostrophierten Wahrnehmungsinhalte, die auf nichts verweisen, eine ebenso leere Konstruktion wie die Unterscheidung solcher hinweisloser „Objekte“ von „Realindizien, z. B. dem Krachgeräusch beim nächtlichen Rundfunkempfang während eines Gewitters als Zeichen für das bevorstehende Donnern“ (S. 41). Im Sinne derartiger Realindizien würde der Blitz ein „Zeichen“ dafür sein, daß ein Gewitter aufzieht und daß gleich Donner grollen wird. Und in diesem Sinn kann man *jede* Nachricht — das Erröten oder die Gesten eines Gesprächspartners („analoge“ Kommunikation zum Unterschied zur „digitalen“, auf Symbolen basierenden Kommunikation bei WATZLAWICK et al. 1969) ebenso wie die Farbe eines Maiskolbens — als „Zeichen“ für einen bestimmten Zustand der Nachrichtenquelle deuten. Da „Bedeutung“ und „Zeichen“ aber leere Begriffe wären, wollte man sie auf alle denkbaren Ereignisse anwenden, sollten sie nur im Zusammenhang mit codierenden Nachrichten gebraucht werden. Metrische und strukturelle Information sind Voraussetzung für die semantische Funktion einer Nachricht. „Aber das Umgekehrte gilt nicht: Information existiert auch ohne Bedeutung“ (KLIX 1971, S. 77).

Methodische Beschränkungen beim Vergleich optisch versus akustisch

Eine nicht-codierende Nachricht der Sinnesmodalität x ist keinesfalls von vorneherein durch eine nicht-codierende Nachricht der Sinnesmodalität y substituierbar.

Angesichts unserer Fragestellung drängt sich dem Untersucher ein einfaches experimentelles Rezept auf: Man nehme eine konstantzuhaltende Nachricht, variiere deren Sinnesmodalität und vergleiche dann die Reproduktionsscores in Abhängigkeit von der Sinnesmodalität. PORT (1931), der den „Einprägungswert der Wahrnehmungsgebiete“ experimentell untersuchen wollte, hielt dieses Rezept nur für sehr beschränkt anwendbar, weil Lernstoffe unterschiedlicher Sinnesmodalität einander nicht „äquivalent“ sind und daher auch mengenmäßig nicht vergleichbar seien:

„Werden 100 Versuchspersonen 12 Töne und 12 Farben dargeboten und von ihnen durchschnittlich 4 Töne und 6 Farben gemerkt, kann man daraus schließen, daß der Einprägungswert der optischen Inhalte ein größerer ist? Gewiß, es wurden mehr Farben als Töne gemerkt; aber was beweist, daß einer Farbe ein Ton entspricht und nicht zwei oder eineinhalb?“ (S. 15)

„Deshalb lassen sich auch die gleichwertigen Vergleichsreihen verschiedenartiger Anschauungsgegenstände nicht aufstellen, welche die Gedächtnis-Untersuchung verlangt.“ (S. 16)

„Nur bei den visuellen, akustischen und — merkwürdigerweise — kinästhetischen Inhalten sind, dank eines günstigen Zufalls, jene komplizierten Bedingungen gegeben, welche zur experimentellen Erforschung ihrer spezifischen Gedächtniswirkung nötig sind. Die Tatsache der *Sprache* und der *Schrift* ist es, welche für diese Sinnesgebiete die geeigneten Verhältnisse geschaffen hat.“ (S. 17)

Ganz so eng, wie PORT es sieht, ist der empirische Zugang zu seiner Fragestellung allerdings nicht:

Erstens ist die zu Recht geforderte Vergleichbarkeit nicht auf Nachrichten der drei von ihm genannten Sinnesmodalitäten beschränkt. Beweis dafür ist etwa die Blindenschrift, wo an die Stelle der optischen eine taktile Nachricht tritt.

Zweitens bieten, unter bestimmten Bedingungen, nicht nur Schrift und Sprache einen experimentellen Zugang. Voraussetzung ist nur, daß — für den Experimentator (und den Probanden) — eine Invariante zwischen optischer und akustischer Vergleichsreihe auffindbar ist: z. B. ein zeitliches Muster, dem sowohl Helligkeits- als auch Lautstärke-schwankungen folgen. Abprüfbar im Sinne eines Behaltewerts-Vergleichs ist allerdings nur diese abstrakte Invariante der beiden Vergleichsreihen; sie ist — per Definition des Experimentators — die relevante Nachricht, die sich in Trägerprozessen unterschiedlicher Sinnesmodalität manifestiert.

Eine nicht-codierende Nachricht der Sinnesmodalität x ist niemals *vollständig* in eine codierende Nachricht einer anderen oder derselben Sinnesmodalität transformierbar.

Damit scheidet ein zweites experimentelles Rezept aus, die geforderte Äquivalenz herzustellen: Man nehme eine Reihe von sichtbaren Objekten (z. B. Vögel oder Bilder von Vögeln) als optische Reihe und die gesprochenen Bezeichnungen für diese Objekte als akustische Reihe.

Zwischen den „Elementen“ dieser Reihen besteht keine Äquivalenz, sie sind nicht substituierbar. Auch ein noch so langer Text enthält nicht die gesamte Information des realen Gegenstandes (oder seiner Abbildung), und umgekehrt wird keine noch so lange Reihe ausgestopfter Vögel der Intension und Extension des Begriffes „Vogel“ gerecht. Wohl aber besteht *Transinformation* zwischen der Ansel und dem Begriff „Amsel“, zwischen einem Bild und einer Beschreibung (bzw. einem Namen) des im Bild Dargestellten. Insofern ist die oben zitierte Kritik von STORZ (1978) am 1000-Worte-Zitat etwas überspitzt: Denn das Bild einer Landschaft sagt nicht etwas völlig anderes als die Beschreibung des Bildinhaltes (= die 1000 Worte); und auch das nach den Worten eines Zeugen angelegte Phantombild eines Kriminellen hat meist Transinformation über die Beschreibung, bzw., falls die Beschreibung zutreffend war, auch über den Kriminellen.

Irreführend ist aber jedenfalls die in einschlägiger Forschung (z. B. NEUBAUER 1974) oft vertretende Auffassung, daß hier „ein Inhalt“ oder „ein Item“ in verschiedenen Sinnesmodalitäten — einmal als Foto, einmal als gesprochenes Wort — präsentiert wird.

Die geforderte Substituierbarkeit zwischen Nachrichten unterschiedlicher Sinnesmodalität besteht nur dort, wo den am (experimentellen) Kommunikationsprozeß Beteiligten die Regeln einer reversiblen Transformation zwischen optischen und akustischen Nachrichten(segmenten) geläufig sind.

Dies ist immer dann der Fall, wenn Zeichen unterschiedlicher Sinnesmodalität („Amsel“ gesprochen, „Amsel“ geschrieben) ein und dieselbe Bedeutung codieren und daher — unabhängig von anderen Nachrichtenattributen (z. B. Art der Stimme) — als äquivalent (bedeutungsinvariant) interpretiert werden.

Daß es sich um „bedeutungstragende“ Nachrichten handelt, ist aber nicht notwendige Voraussetzung für Substituierbarkeit. Diese ist auch bei „sinnlosen“ Silben gegeben oder bei einem seiner Bedeutung nach unbekanntem Wort einer Fremdsprache, deren Schreib- und Betonungsregeln dem Perzipienten bereits geläufig sind.

Auch ist es im Prinzip belanglos, ob die jeweiligen Transformationsregeln schon lange beherrscht oder eigens für Versuchszwecke gelernt werden. Verwendet ein Untersucher für die optischen und akustischen Vergleichsreihen Elemente aus der Muttersprache seiner Probanden, so erspart er sich jedoch ein aufwendiges Vortraining der Versuchspersonen; die Pflichtschulen haben diese Arbeit bereits für ihn erledigt. Sicher ist dies — neben der zentralen Bedeutung von Sprache für den inter- und intrasubjektiven Informationsumsatz — mit ein Grund dafür, daß ein Großteil einschlägiger Arbeiten sprachliche Gebilde als „Lernmaterial“ verwendet.

Zusammenfassend wird folgende These vertreten: Für den Vergleich des „Einprägungswertes von Sinnesgebieten“ genügt es nicht, daß Transinformation zwischen den gewählten Vergleichsreihen besteht. Vielmehr muß ein System von Überführungsregeln zwischen diesen Reihen geläufig sein bzw. eine Invariante der Vergleichsreihen als die zu reproduzierende Nachricht definiert sein. Wird die methodologische Aufgabe, die Sinnesmodalität „einer“ Nachricht zu variieren, nicht als eine je Experiment eigens zu definierende verstanden, so kann sich die geforderte Identität der Nachricht nur auf die gegenüber Reizänderungen invariante *Bedeutung* der Nachricht beziehen und niemals auf alle restlichen Dimensionen bzw. Attribute.

Methodische Beschränkungen der multimodalen Präsentation

Wie oben ausgeführt wurde, ändern sich bei Variation der Sinnesmodalität zwangsläufig auch andere Nachrichtenparameter. Wenn etwa Einbrecher mündlich vereinbaren, daß ein kurzes Aufblitzen der Stablampe „Flucht durch den linken Hinterausgang!“ bedeutet, so erfordert der optische Code im Vergleich zum gesprochenen Satz sehr wenig Zeit. Diese zeitliche Inkongruenz von Nachrichten(segmenten) bildet — zusätzlich zum Äquivalenzproblem (s. S. 14—16) — oft ein Hindernis, zwei Nachrichten „gleichzeitig“ zu präsentieren. Denn was heißt „multimodale Präsentation“ anderes, als einander äquivalente Nachrichtensegmente unterschiedlicher Sinnesmodalität gleichzeitig darzubieten?

Nach den auf den Seiten 14—16 angestellten Überlegungen sind einschlägige Arbeiten weitgehend auf codierende Nachrichten als „Lernmaterial“ beschränkt. Fällt innerhalb dieser die Wahl auf Nachrichten in einer „natürlichen“ Sprache, so ist die geforderte zeitliche Kongruenz erst ab einer bestimmten Größe der sprachlichen Segmente herstellbar; und zwar erst ab jener Segmentgröße, wo Äquivalenzbeziehungen zwischen Lautgebilden und

grafischen Gebilden festgelegt sind. Und die Dauer der optischen Präsentation wird sich bei solchen Nachrichten nach dem üblichen Spreidtempo richten müssen, da die zur Identifikation eines Wortes erforderliche Präsentationsdauer im akustischen Bereich enger begrenzt ist als im optischen: Wir können das Wort „Amsel“ bei einer Expositionszeit von wenigen Millisekunden ebenso identifizieren wie bei einer Expositionszeit von einer ganzen Stunde. Ein entsprechend kurzes oder gedehntes Aussprechen des Wortes aber macht dessen Identifikation praktisch unmöglich.

Man könnte leichtfertig die Schwierigkeiten der multimodalen Präsentation damit begründen, daß die Inhalte visueller Wahrnehmung „statischen“, die der auditiven Wahrnehmung aber „flüchtigen“ Charakter haben. Angesichts der Tatsache, daß in *beiden* Sinnesgebieten sowohl die Reizgrundlage — elektromagnetische Wellen im einen, Schallwellen im anderen Fall — als auch die Verarbeitung Prozeßcharakter hat, stellt sich die Frage nach den Umständen, die diese Gegenüberstellung auf den ersten Blick so plausibel erscheinen lassen. Die Hauptursache dürfte sein, daß die Objekte optischer Wahrnehmung überwiegend nicht die Lichtquellen (Sonne, künstliches Licht) selbst sind, sondern „Gegenstände“, die ein wenig sich änderndes Licht in einer für sie charakteristischen Weise streuen, während wir es im akustischen Bereich mit kurzlebigen Schallereignissen zu tun haben, die uns überwiegend auf direktem Weg von der Schallquelle her erreichen. Eine Höherentwicklung der Diskriminationsfähigkeit innerhalb von Schallereignissen bringt also vor allem mehr Information über Änderungen der Schallquelle selbst, und nur sekundär auch Information über Gegenstände, die den Schall streuen. Im optischen Bereich dagegen war die Entwicklung von Mechanismen zweckmäßig, welche die relative Konstanz des Sonnenlichts — gerade in einem Wellenbereich, dessen Wellenlänge kurz ist im Vergleich zu Änderungen der reflektierenden Gegenstände — noch verstärken und so die Diskriminationsfähigkeit innerhalb des gestreuten Lichts noch erhöhen. *Objekte der optischen Wahrnehmung* erscheinen in länger aufeinanderfolgenden Zeitpunkten sozusagen „im selben Licht“, werden als identisch interpretiert und *können durch eine zielsichere Motorik (Fixation) aktiv abgetastet und verfolgt werden*. Daß wir die optische Welt als stabiler und statischer empfinden als die akustische, hängt also letztlich auch mit der größeren Disponibilität des optischen Analysators bei der Aufmerksamkeitssteuerung I (siehe S. 22) zusammen.

4. Ein Lösungsansatz für methodische Probleme

Eine Voraussetzung für einen Vergleich des „Einprägungs-“ oder „Behaltwertes“ von optisch und akustisch ist also, daß die als Lernmaterial verwendeten Vergleichsreihen kompatibel sind, und diese Austauschbarkeit ist gleichzeitig Voraussetzung für eine Präsentationsform, die der Bezeichnung „bimodal“ gerecht wird.

Eine zweite, bisher nicht analysierte Bedingung ist die Kompatibilität zwischen Input (Lernmaterial) und Output. Die als zu merkende Nachricht definierte Invariante zwischen den Lernreihen muß auch zwischen den Lernreihen und den Wiedergabereihen (teilweise) auffindbar sein, damit das Ausmaß des Vergessens (des Informationsverlustes nach einem bestimmten Zeitintervall) oder des Lerngewinns (nach einer bestimmten Lern-

phase) festgestellt werden kann. Da vom Probanden im allgemeinen auch unter Lernbedingungen, die ein „100^o/iges“ Erlernen zulassen, nicht erwartet werden kann, daß seine Reproduktion eine vom Original in keiner Weise (z. B. Stimme, Handschrift) unterscheidbare Kopie darstellt, muß man sich damit begnügen, daß die „richtig“ reproduzierten Segmente mit den präsentierten austauschbar, in diese „übersetzbar“ sind. Oder aber man muß sich mit Reproduktionsformen zufriedengeben, die nur sehr indirekte Schlüsse auf den Informationsverlust zulassen (z. B. Wiedererkennen).

Das Problem der Input-Output-Kompatibilität wird besonders virulent, wenn die folgenden, fundamentalen Implikationen unserer Fragestellung überprüft werden:

Nimmt man unterschiedliche Einprägungswerte optischer und akustischer Nachrichten an, so setzt man Speicher(prozesse) voraus, die sich je nach Sinneskanal in ihrer Verarbeitungskapazität unterscheiden, die also pro Zeiteinheit von unterschiedlichen Informationsmengen „durchlaufen“ werden können bzw. — bei einem Informationsüberschuß — durch unterschiedlich hohe Informationsverluste charakterisiert sind. Wobei es gleichgültig ist, ob diese sensorischen Speicher(prozesse) vor dem oder (auch) im Kurzzeitgedächtnis zu lokalisieren sind. *Wesentlich ist, daß dabei für jeden Speicher(prozeß) eine konstante Beziehung zwischen der Informationsmenge und der zu ihrer Verarbeitung nötigen Zeit vorausgesetzt wird.*

Das Konzept der limitierten Kanalkapazität erscheint schlüssig, ist aber nur bei einer präzisen Quantifizierung des Lerngewinns pro Zeiteinheit prüfbar. Eine direkte Quantifizierung ist wohl nur möglich, wenn Lernmaterial und reproduziertes Material die weiter oben geforderte Kompatibilität aufweisen und zudem die informationale Charakterisierung der zu lernenden und der „wiedergegebenen“ Nachricht ein- und derselben Methode entstammt: Wird der subjektive Informationsgehalt mittels Ratespieltechnik und Berechnung aus Raterfehler-Zahlen bestimmt, so muß auch die „Reproduktion“ den Charakter einer schrittweisen (Re)Konstruktion, also einer Ratespieltechnik, haben. *Der Lerngewinn (= Redundanzgewinn) bezüglich einer definierten Nachricht entspricht dann einfach dem Differenzbetrag der Informationsmengen, die aus den zu verschiedenen Zeitpunkten zur (Re)Konstruktion nötigen Ratezahlen berechnet werden.* (Daß bei einer Lernsequenz die Versuchsgruppe der Rater nicht mit jener der Lerner identisch sein darf, liegt auf der Hand.)

Diese Art der Reproduktion entspricht nicht nur den methodischen Anforderungen besser als andere Messungen der Lernleistung, sondern sie wird möglicherweise auch der Natur der beteiligten psychischen Funktionen besser gerecht: Erstens wegen des bereits erwähnten (S. 13) Hypothesenprüfungs-Prinzips der psychischen Funktionen; und zweitens im Hinblick darauf, daß die „Wiedergabe“ von Lernmaterial als Versuch der Probanden anzusehen ist, aus unvollständig gespeicherten Nachrichten eine „sinnvolle“ Antwort zu (re)konstruieren (BARTLETT 1932).

Wird ein möglichst genauer quantitativer Vergleich verschiedener Darbietungsmodalitäten angestrebt, so müssen alle bisher analysierten Probleme — Kompatibilität zwischen optischer und akustischer Lernreihe; zwischen Lernreihe und Reproduktionsreihe, zwischen den Informationsbestimmungen „vor“ und „nach“ der Präsentation — im experimentellen Design gelöst werden. Denkbar ist dies auf folgende Weise:

Die Probanden erlernen oder beherrschen bereits das Morsealphabet. Ein Teil der Probanden unterzieht sich der Ratespieltechnik, so daß der für die Gesamtgruppe repräsen-

tative, „subjektive“ Informationsgehalt von sprachlichen, ins Morsealphabet transformierten Nachrichten berechnet werden kann. Dem anderen Teil der Versuchspersonen, den Lernergruppen, werden die Morsesignale optisch (Licht-Dunkel-Phasen), akustisch oder synchron bimodal präsentiert; dann bestreitet die Lernergruppe dieselben Ratetests. Und zuletzt wird der Redundanzgewinn (= Lerneffekt) der drei Darbietungsmodalitäten (optisch, akustisch, bimodal) verglichen.

Im hier entwickelten Design haben optische und akustische Nachricht dieselbe zeitliche Struktur, und daher ist auch die Synchronität (bei bimodaler) Präsentation leicht herstellbar. Werden die Lichtsignale mit genügend hoher Intensität gegeben, so ist auch ein weiterer Unterschied zwischen den Sinnesgebieten ausgeschaltet: Der Proband ist dem optischen Reiz in derselben Weise ausgesetzt bzw. kann diesem — durch Augenschließen oder Wegblicken — ebensowenig ausweichen wie dem akustischen Reiz.

Ein derartiges Experiment bietet also ideale Bedingungen für die psychologische Theoriebildung. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf didaktische Fragestellungen hingegen ist besonders problematisch: Im Unterricht wird normalerweise nicht gemorst, sondern in einer Weise kommuniziert, die für unterschiedliche Sinnesmodalitäten eine jeweils spezifische Form der Aufmerksamkeitssteuerung verlangt.

5. Empirische Ergebnisse

In einem kurzen Überblick der einschlägigen Forschungstätigkeit der letzten 10 bis 15 Jahre sollen einige ihrer konsistenten Ergebnisse formuliert werden. Weil dabei ein genaueres Eingehen auf die methodische Eigenart der einzelnen Arbeiten nicht möglich ist, wird vorher anhand von drei Arbeiten exemplifiziert, ob und in welcher Weise die oben analysierten Anforderungen in der Forschungspraxis Berücksichtigung finden.

Die Untersuchungen von Neubauer, Port, Sommer

Bei allen drei Arbeiten handelt es sich um Dissertationen aus dem deutschsprachigen Raum, die sich teilweise (NEUBAUER 1974, SOMMER 1968) oder zur Gänze mit unserer Fragestellung befaßten.

NEUBAUER (1974) versuchte, das Problem in einer sehr praxisnahen, auf direkte Umsetzbarkeit ausgerichteten Weise zu lösen. Seinen Versuchspersonen wurde ein für Unterrichtszwecke konzipierter Tonfilm über den „Reisbau in Thailand“ vorgeführt, und anschließend erfolgte — offenbar auf sprachlicher Ebene — eine weitere Erarbeitung der „Filminhalte“. Eine Woche später wurde die Filmvorführung wiederholt: für eine Versuchsgruppe „bimodal“, eine zweite Gruppe sah den Film ohne Kommentar, und eine dritte hörte nur den Kommentar. Ein unmittelbar folgender Leistungstest auf sprachlicher Ebene sollte zeigen, ob die „zweikanalige Filmwiederholung“ der einkanaligen überlegen ist.

Die für uns wichtigsten Ergebnisse: Die zweikanalige Wiederholung ist der einkanaligen signifikant überlegen, die einkanalig akustische ist der einkanalig optischen (nicht

signifikant) überlegen. Neubauer sieht darin eine Bestätigung der Resultate von ISSING und ROTH (1969).

Praxisrelevant sind diese Ergebnisse unter folgenden Voraussetzungen: Erstens muß der ausgewählte Film — vor allem bezüglich der Transinformation zwischen Kommentar und Bildinformation — typisch für die (z. B. in Deutschland) zur Verfügung stehenden Unterrichtsfilme sein. (Hier wäre eine größere Stichprobe von Filmen, innerhalb einer oder in mehreren ähnlich gelagerten Untersuchungen, zu fordern.) Zweitens müßte, was schwer realisierbar ist, die Art der Fragestellungen des Leistungstests typisch sein für das, was ein Lehrer sich an abfragbaren Lehreffekten durch Filmvorführung bzw. Filmwiederholung erwartet.

Relevant für die psychologische Theorienbildung sind die Ergebnisse deswegen nicht, weil die Praxisrelevanz unter Außerachtlassung aller oben (s. S. 14—17) formulierten Anforderungen, z. B. der Substituierbarkeit der optischen (= Bildinformation) und akustischen Vergleichsreihe (= Kommentar), angestrebt wurde.

PORT (1931) strebte zwar ebenfalls praxisrelevante Ergebnisse an, analysierte aber bereits das Problem der Äquivalenz zwischen optischer und akustischer Vergleichsreihe und schränkte seine Experimente auf sprachliches Material ein.

Seine Hauptresultate sind:

- a) Eine Rangreihe von sieben „Hauptlernformen“ bezüglich ihres Behaltwertes: Diktatschreiben > Zuhörendes Lesen > Lautlesen > Lesen > Nachsprechen > Zuhören > Abschreiben. (Bei Berücksichtigung der Tatsache, daß beim Abschreiben durch die Kopfwendung Zeit verlorenggeht, käme diese Lernform laut Port zwischen Lesen und Lautlesen zu stehen.)
- b) Optische Präsentation ist der akustischen in der Mehrzahl der Fälle eher überlegen.
- c) Je mehr Sinnesgebiete bei einer Lernform involviert sind, um so höher ist der Behaltwert dieser Lernform.

Dem Ergebnis a) läßt sich Relevanz für didaktische Entscheidungen durchaus nicht absprechen. Vorsichtiger zu beurteilen ist der theoretische Wert der Resultate a) und c) (und deren Interpretation) bezüglich der Zielsetzungen Ports. So liegt zum Beispiel der Grund für den höheren Behaltwert „mehrtelliger“ Lernformen wahrscheinlich nicht *nur* in deren Mehrteiligkeit, sondern auch in *Wiederholungseffekten*: Bei der erfolgreichsten Lernform etwa, dem Diktatschreiben, wird zuerst eine akustische Nachricht präsentiert, und erst mit Verzögerungen folgen (kinästhetische und) optische Signale mit hoher Transinformation über die akustische Nachricht. Die Nachrichten treffen also nicht wirklich synchron auf die Rezeptoren. Auch müßte bei derartigen Interpretationen die „Sonderstellung des kinästhetischen Analysators“ (PICKENHAIN 1959) eingehender beachtet werden, da dieser praktisch bei jeder Form von (Perzeptions- und Response-)Verhalten involviert ist, beispielsweise auch beim subvokalen Memorieren.

Die Wirkung dieses (subvokalen) Artikulierens fand in systematischer Weise Berücksichtigung in der Untersuchung von SOMMER (1968, S. 72) zur Frage, „ob im unmittelbaren Behalten sensorische Qualitäten der Darbietung und/oder der ‚Sinn‘ die Leistung beeinflussen und ob vielleicht eine Wechselwirkung zwischen dem Sinn des gebotenen Materials und dem Sinnesbereich, in welchem es geboten wird, besteht.“ SOMMER variierte erstens die „Sinnhaftigkeit“ des Lernmaterials in drei Stufen. Sie verwendete zweisilbige Kunstwörter und „echte“ Wörter, wobei innerhalb der Kunstwörter nach einer bei

BUTOLLO (1968) dargestellten Methode zwei Stufen von Sinnhaftigkeit unterschieden wurden. Zweitens variierte sie die Sinnesmodalität (optisch vs. akustisch) und drittens, innerhalb der optischen Darbietung, die Instruktion:

Optische Darbietung

a) mit lautem Lesen

b) ohne spezielle Instruktion bezüglich der Artikulation

c) mit der Instruktion, auch unhörbare Sprechbewegungen zu unterlassen

(Die Instruktion c) dürfte allerdings eine Überforderung der Probanden bedeuten.)

Die für uns wichtigsten Ergebnisse: Mit zunehmender Sinnhaftigkeit nimmt die Reproduktionsleistung zu. Es besteht eine Wechselwirkung zwischen „Darbietungsbedingung“ (= Sinnesmodalität) und Sinnhaftigkeit: Sowohl akustische Darbietung als auch die Artikulation optischer Wörter führen zu einer — auf höhere Stufen von Sinnhaftigkeit beschränkten — Leistungsverbesserung. Optische Darbietung mit lautem Lesen ist auf allen Sinnhaftigkeitsstufen mindestens ebenso günstig wie akustische Darbietung.

Auf einen Bericht über eine — von anderen Faktoren unabhängige — Wirkung der experimentellen Variable „Sinnesmodalität“ verzichtet die Autorin. Damit bleibt sie eine direkte Antwort auf eine ihrer Fragestellungen schuldig. Andererseits ist diese Vorsicht durchaus angebracht. Wohl fast allen Forschern erscheinen unterschiedliche Reproduktionsmengen in Abhängigkeit von der Sinnesmodalität als sehr spezifisch für die jeweilige Versuchssituation. (Welche Resultate hätte ein Experiment gebracht, hätte man auch eine im experimentellen Design unberücksichtigte Größe variiert, oder die bereits berücksichtigten über einen weiteren Bereich? Da die Zahl potentieller Einflußgrößen immens ist, kann die Last ihrer Berücksichtigung nicht einer einzelnen Untersuchung aufgebürdet werden, und selbst eine ganze Forschungstradition muß sich damit begnügen, die nach jeweiligem Wissensstand vermutlich relevantesten auszuwählen.) Daher wird häufiger darüber berichtet (vergl. S. 34), wie sich ein bestimmtes — „zufälliges“ — Verhältnis zwischen Reproduktionsscores nach optischer und nach akustischer Präsentation durch Variation anderer Größen (Ablenkungsreize, Präsentationsrate) verändert.

Akzeptiert man den semantischen Informationsgehalt als eine Quantifizierung jener Variable, die bei SOMMER als „Sinnhaftigkeit“ bezeichnet wird, so lassen sich die folgenden Übereinstimmungen zwischen Teilergebnissen von SOMMER (1968) und solchen des Verfassers (FENK 1977 a) feststellen:

a) In beiden Arbeiten wurde eine Wechselwirkung zwischen der genannten Variable und der Sinnesmodalität beobachtet.

b) Wertet man die von SOMMER für die Instruktionsbedingung b) — diese entspricht genau jener der eigenen Untersuchung — angegebenen Daten mit dem Ziel aus, die Richtung dieser Wechselwirkung festzustellen, so ergibt sich eine weitere Entsprechung: In beiden Arbeiten führt die Abnahme an Sinnhaftigkeit bzw. die Zunahme an semantischer Information dazu, daß die akustische Darbietung im Vergleich zur optischen an „Behaltwert“ verliert. In diesem Punkt ergänzen sich die Resultate gegenseitig, da das Lernmaterial beider Arbeiten zusammen als eine breitere Abstufung der Variable „Item-Geläufigkeit“ angesehen werden darf. Unter Versuchsbedingungen, die nicht nur auf eine Erhöhung des Informationsangebotes, sondern auf eine Wahlmöglichkeit der Aufmerksamkeitszuwendung zwischen zwei „relevanten“ Kanälen hinauslaufen, scheint sich ebenfalls der optische Analysator stärker durchzusetzen als der akustische: Und zwar bei bimodaler Präsentation „einer“ Nachricht (FLADE und WENDER 1974), bei Simultanpräsentation verschiedener Nachrichten unterschiedlicher

Sinnesmodalität (FENK 1977), und bei Präsentation multipler Signale (LONG 1977). All diese Befunde lassen sich aber eher als Folge von Prozessen der Aufmerksamkeitssteuerung interpretieren denn als Folge von getrennten sensorischen Speichern mit unterschiedlicher Kapazität.

Phasen der Informationsverarbeitung

Unterschiede im Einprägungswert der Sinnesgebiete sind dann zu erwarten, wenn in bestimmten (frühen) Phasen der Informationsverarbeitung modalitätsspezifische Limitierungen der Speicherkapazität existieren. Und eine Überlegenheit der multimodalen Präsentation ist dann zu erwarten, wenn in irgendeiner Weise — z. B. auf einem höheren bzw. späteren Verarbeitungsniveau — eine Verbindung zwischen sensorischen Verarbeitungsprozessen hergestellt und die neurale Redundanz zwischen den Kanälen ausgewertet wird. Beide Annahmen gehen davon aus, daß die Auswahl der einlaufenden Nachrichten zur Weiterverarbeitung nicht (primär) durch die Herkunft aus einem bestimmten Kanal determiniert wird, sondern durch andere Attribute, wie z. B. die informationale Struktur der Nachricht.

In zahlreichen Arbeiten — etwa bei MORAY (1969), JÖRG (1977) — wurden die Bedeutungsvielfalt von „Aufmerksamkeit“ und die je nach Zielsetzungen (persönlichkeitspsychologische, kognitionspsychologische etc.) wechselnden Einteilungsgesichtspunkte analysiert.

Zwei elementare Grundformen bzw. Komponenten von Aufmerksamkeit lassen sich aus dieser Vielfalt herausfiltern:

- Typ I Aufmerksamkeitsteuerung im Sinne einer *Auswahl der auf den Rezeptoren auftreffenden Reize* durch motorische Aktivität (Kopf- und Augenbewegung in Richtung auf eine Schallquelle, Linsenkontraktion, Abtasten eines Gegenstandes etc.).
- Typ II Aufmerksamkeitsteuerung im Sinne einer *Auswahl bereits intern (im Nervensystem, eventuell auch psychisch) präsenter Information* zur Weiterverarbeitung. Wird der Begriff Aufmerksamkeit sehr weit verstanden als unspezifische mentale Anstrengung (z. B. KAHNEMANN 1973) oder als Aktivitätsgrad psychischer Funktionen (ROHRACHER 1963) und nicht nur für Auffassungsvorgänge reserviert, so kann er auch auf Auswahlprozesse an der „Output-Seite“ des Organismus angewendet werden, wie das etwa bei REYNOLDS (1964) der Fall ist.

Bereits an diesen beiden Grundformen — „nach außen“ bzw. „nach innen gerichtete Aufmerksamkeit“ in der nicht ganz treffenden Terminologie GIBSONS (1973, S. 76) — läßt sich zeigen, daß Prozesse der Aufmerksamkeitssteuerung und Prozesse der Gedächtnisspeicherung nicht als in dieser Reihenfolge aufeinanderfolgende Phasen der Informationsverarbeitung anzusehen sind; vielmehr ist Aufmerksamkeitssteuerung ohne Speicherprozesse nicht denkbar:

Für beide Arten von Aufmerksamkeit gilt, daß ihre Ausrichtung unter anderem durch die (subjektive) Informationsstruktur des Nachrichtenangebotes determiniert wird (FRANK 1971, FENK 1980) und die subjektive Information durch die bisherigen Erfahrungen des Perzipienten. Für Aufmerksamkeit II gilt überdies, daß es sich auch bei einem sehr

kurzfristigen Überdauern von Nachrichten — zum Beispiel in peripheren „buffer-memories“ oder durch „Rehearsal“-Prozesse — bereits um Gedächtniserscheinungen handelt. Gespeicherte Daten determinieren also die Aufmerksamkeitssteuerung. Auch für eine Umkehrung dieser Behauptung gibt es gute Gründe. Akte der selektiven Aufmerksamkeit — oder in neuropsychologischer Terminologie, der selektiven Aktivierung — bestimmen, *was* eingeprägt wird:

Aus einer Reihe *lernpsychologischer* Untersuchungen ist bekannt, daß vor allem jene Ereignisse eingeprägt werden,

- a) die eine isolierte Stellung („isolation-effect“) im Kontext des restlichen Nachrichtenangebotes innehaben (z. B. ELMES 1974, GABASSI 1976)
- b) oder denen laut Instruktion besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden soll.

Und aus *neuropsychologischen* Untersuchungen ist bekannt, daß derartige Ereignisse auch zu einer Zunahme der an neuroelektrischen Indikatoren gemessenen Aufmerksamkeit führen. RÖSLERS (1977) Analyse ergab folgendes: Innerhalb einer gemischten Serie von zwei unterscheidbaren Signalen führt jenes Signal zu einer stärkeren Positivierung in späten Wellenanteilen des evozierten Potentials, welches laut Instruktion zu beachten ist — jedoch nur dann, wenn die zu beachtenden Signale seltener oder nicht häufiger sind als die restlichen. In erster Linie dürfte also der Informationsbeitrag eines Signales entscheiden, wieviel Aufmerksamkeit diesem Signal geschenkt wird.

Während KAHNEMANN meint, „selective attention does not operate directly on the storing of information, but it presumably affects some earlier stages in processing of stimuli“ (KAHNEMANN 1975, S. 79), verlegt SHIFFRIN (1975, S. 189) die Aufmerksamkeitssteuerung direkt ins Kurzzeitgedächtnis: „It is primarily in these rehearsal, coding, and forgetting processes in short-term store that selective attention lies.“

Bis Mitte der 60er Jahre wurde von vielen Gedächtnisforschern die Auffassung vertreten, daß die Gedächtnisspeicherung „intersensorisch“, also von der Sinnesmodalität unabhängig sei. Heute ist das Gegenteil fast schon Lehrbuchweisheit (vgl. MASSARO 1975, BREDEKAMP und WIPPICH 1977). Zu diesem Umdenken beigetragen hat in erster Linie die — relativ späte — Entdeckung des „modality-effects“ (MURDOCK 1967, COOLEY und MCNULTY 1967, MURDOCK und WALKER 1969) und dessen Bestätigung unter einer Vielzahl experimenteller Bedingungen. Der Modalitätseffekt besteht darin, daß nach akustischer Präsentation vor allem auf die letzten Positionen einer Lernsequenz eine höhere Reproduktionshäufigkeit entfällt als nach optischer Präsentation. Eine Reihe von Untersuchungen weist darauf hin, daß der „recency-effect“ (die zuletzt gebotenen Items werden öfter reproduziert als die große Masse der Mittelpositionen) und mit ihm der Modalitätseffekt verschwindet, wenn die Zeitspanne zwischen Präsentation und Reproduktion zunimmt bzw. eine Zwischentätigkeit vor Reproduktionsbeginn verlangt wird (GLANZER und CUNITZ 1966). GLANZER (1971, S. 436) kommt daher bei einem Vergleich zwischen Kurzzeitgedächtnis (STS = short-term-store) und Langzeitgedächtnis zu folgendem Schluß:

“There are, however, two variables that have an effect specific to STS. Both variables seem at present to indicate that STS has a special role in the processing of speech. One variable is the sense modality of the input material. Auditory presentation gives higher recall than does visual presentation. This effect is, however, limited to the amount held in STS. The other variable is grouping. If material is presented to the subjects in regular groups there is an increase in the amount recalled. Again this effect is restricted to STS.“

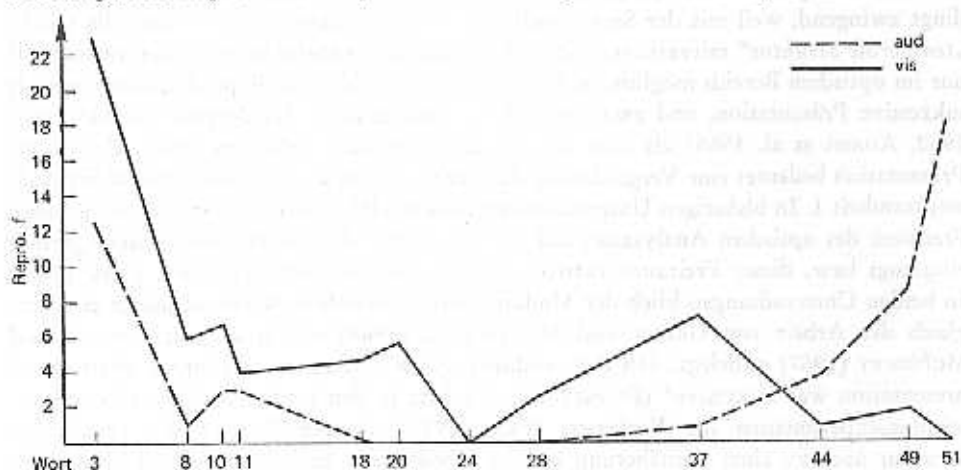
(Was den Einfluß der Item-Gruppierungen anlangt, bezieht sich GLANZER auf eine Arbeit von GIANUTSOS 1970. Werden akustische Items nicht in konstanten Zeitabständen geboten, sondern in zeitlich stärker voneinander abgesetzten Gruppen, so führt dies nach FRANKEL und AMES, 1976, bei freier Reproduktion nur am Sequenzende zu einer höheren Reproduktionsleistung.)

Noch jünger als die Beschreibung des Modalitätseffektes ist der Nachweis, daß auch die Reproduktionshäufigkeit der *ersten Positionen* von der Sinnesmodalität beeinflusst wird. Während etwa PENNEY (1975), in der bisher wohl umfassendsten Überblicksarbeit, und SANDERS (1975) noch ausdrücklich auf das Fehlen konsistenter Resultate bezüglich modalitätsspezifischer Effekte bei den Anfangspositionen hinwiesen, gibt es inzwischen deutliche Anzeichen dafür, daß die Items der ersten Positionen nach optischer Präsentation häufiger reproduziert werden als nach akustischer.

Die vermutlich ersten Hinweise auf einen derartigen Effekt sind den folgenden fünf Arbeiten zu entnehmen: CORBALLIS (1966) berichtet, daß die Reproduktion optischer Anfangspositionen dann zunimmt, wenn die Präsentationsrate die Einbeziehung der Anfangspositionen in ein kumulierendes Memorieren in artikulatorischem Code (= „cumulative rehearsal“) begünstigt. KAPPEL et al. (1973) ließen Wortlisten entweder laut oder leise lesen und fanden eine Überlegenheit des Leiselesens bei den Anfangspositionen und eine Überlegenheit des Lautlesens bei den Endpositionen. In einem ähnlich aufgebauten Experiment erhielt ARENBERG (1976) ähnliche Resultate: Eine *optisch* gebotene Wortliste wurde entweder von den Probanden („Say“) oder vom Versuchsleiter („Listen“) oder von keinem der beiden laut gelesen („Look“). Das Ergebnis: Im Endteil der Sequenz lautete die Reihung bezüglich der Reproduktionsfrequenz „Say“ > „Listen“ > „Look“, im Anfangsteil dagegen „Say“ < „Listen“ < „Look“. ARENBERG (1976, S. 555) deutete bereits auf die Praxisrelevanz dieser Ergebnisse hin: „Recall of words from the beginning of the list is more comparable to applied learning than recall of items from primary memory which is very short lived.“ In den Arbeiten von KAPPEL et al. (1973) und ARENBERG (1976) fehlt allerdings die für unsere Fragestellung wichtige Versuchsbedingung mit rein akustischer Präsentation. In einem Experiment von WELLS und KIRSNER (1974, S. 396) mit gemischten Listen zeigte sich „a slightly greater primacy effect for visual items, and a stronger recency effect for auditory items“. (Angaben zur statistischen Signifikanz dieser Resultate fehlen in der Arbeit.) HOVING et al. (1975) berichten über einen Reproduktionsvorteil optischer Anfangspositionen gegenüber akustischen Anfangspositionen, doch ist diese Interpretation nicht unbedingt schlüssig, weil in ihren Versuchen Codierungsmodalität und Sinnesmodalität konfundiert waren: Verglichen wurden die Reproduktionsscores optischer nicht-sprachlicher Items mit jenen akustisch-sprachlicher Items. Aber auch bei konstantgehaltener Codierungsmodalität und sogar bei sinnvollen Sätzen konnte statistisch signifikant festgestellt werden, daß optische Präsentation bei den Anfangspositionen von Lernsequenzen eine größere Reproduktionsfrequenz bringt als akustische Präsentation (FENK 1979). Abbildung 1 zeigt das Ergebnis für eine Versuchsbedingung, in welcher ein optisch gebotener und ein anderer, akustisch gebotener Satz simultan aufgefaßt werden sollten. (Für jene Lexeme, die sich innerhalb eines Satzes oder zwischen den Sätzen wiederholten, konnte die Reproduktionsfrequenz nicht ausgewertet werden. Diese Positionen sind in Abbildung 1 ausgespart.)

Simultanleistungsexperimente des Verfassers (FENK 1980), in denen die Probanden zur Aufmerksamkeitsteilung zwischen optischem und akustischem Input instruiert waren,

Abbildung 1: Die Reproduktionsfrequenz von Wörtern optisch und akustisch gebotener Sätze



fürten auch dann zu diesem „umgekehrten“ Modalitätseffekt, wenn die optischen Items sukzessive und *unter Rotation ihrer Input-Reihenfolge* geboten wurden, so daß Aufmerksamkeitssteuerungen vom Typ I als Ursache ebenso ausscheiden wie eine zufällige Häufung von (optisch) besonders einprägsamen Items in unterschiedlichen Sequenzabschnitten. (Bei Sätzen läßt sich die zuletzt genannte Fehlerquelle nicht durch Rotation ausschließen, da das Ergebnis einer systematischen Reihenfolge-Rotation der Wörter nicht mehr als Satz gelten kann. Als Lernmaterial dienten daher nur Reihen von Hauptwörtern, also „potentiell sinnvolles Material“ in der Terminologie AUSUBELS 1963).

Dieser Befund hat, so er in künftigen Experimenten und unter Kontrolle möglicher Einflüsse aus perzeptiven Tätigkeiten vor Präsentationsbeginn (z. B. Sinnesmodalität der Instruktion) Bestätigung findet, nicht nur theoretische Konsequenzen, sondern auch Relevanz für mediendidaktische Fragen. Denn unter der oft vertretenen Annahme (vgl. WAUGH und NORMAN 1965), daß die unmittelbar vor Reproduktionsbeginn gebotenen Items aus dem Kurz-(und Lang-)zeitspeicher abgerufen werden, die Anfangsitems einer längeren Liste hingegen nur aus dem Langzeitspeicher, unter dieser Annahme also lassen sich die Resultate als Überlegenheit des optischen Sinnesgebietes bei längerfristiger Speicherung interpretieren. Allerdings ist die zugrundegelegte Annahme nicht die einzig mögliche. Schließt man sich der Auffassung von CORBALLIS (1966) an, wonach optische Items (bei niedrigen Präsentationsraten) stärker als akustische in ein kumulatives Memorieren einbezogen und im Kurzspeicher stabilisiert werden, so ist auch die Reproduktion der optischen *Anfangs*-Items als Reproduktion aus dem Kurzspeicher anzusehen.

Für modalitätsspezifische Unterschiede bei den Anfangspositionen steht also eine befriedigende Interpretation noch aus. Bezüglich der Endpositionen hat sich im wesentlichen die Auffassung durchgesetzt, daß der auf sie entfallende Modalitätseffekt auf folgende Weise zu erklären sei: Irgendwo vor Erreichen des Primär- oder Arbeitsgedächtnisses (CROWDER und MORTON 1969) oder auch innerhalb des Primärgedächtnisses (FLADE und WENDER 1974, MARTIN und JONES 1979) erfahren Nachrichten eine modalitätsspezifische Verarbeitung, wobei für akustische Items eine größere Gedächtnisspanne bzw. eine größere Speicherkapazität zur Verfügung steht als für optische.

All diese Interpretationen von Effekten als „modalitätsspezifisch“ sind aber nicht unbedingt zwingend, weil mit der Sinnesmodalität — fast unvermeidbar — auch die Größe „temporale Struktur“ mitvariiert. Zeitgleiche Präsentation vieler Superzeichen ist sinnvoll nur im optischen Bereich möglich, und sie führt dort zu höheren Reproduktionsscores als sukzessive Präsentation, und zwar sowohl bei unmittelbarer Wiedergabe (MACKWORTH 1962, ADAMS et al. 1969) als auch bei zeitlich abgerückter (MICHON 1964). Zeitgleiche Präsentation bedeutet eine Vergrößerung des Freiraumes bzw. der Disponibilität für Aufmerksamkeit 1. In bisherigen Untersuchungen zum Modalitätseffekt wurde dieser größere Freiraum des optischen Analysators auf die als „Item“ definierten Nachrichtensegmente eingeeengt bzw. dieser Freiraum variiert (GRANT und MCCORMACK 1969, FENK 1980). In beiden Untersuchungen blieb der Modalitätseffekt bestehen. Während jedoch ein Vergleich der Arbeit von GRANT und MCCORMACK (1969) mit jener von COOLEY und McNULTY (1967) nahelegt, daß die „auditory-visual difference was larger when visual presentation was successive“ (PENNEY 1975), führte in den bereits erwähnten Simultanleistungsexperimenten des Verfassers (FENK 1980) die Annäherung der temporalen Struktur auch zu einer Annäherung bei der Wiedergabe, und zwar sowohl hinsichtlich der Positionskurve, also der Lokalisation der Reproduktionshäufigkeit in verschiedenen Sequenzabschnitten, als auch hinsichtlich der Lokalisation der Output-Priorität.

Primacy-Effekt und Recency-Effekt — also die Zunahme der Reproduktionsfrequenz von Items dadurch, daß sie Anfangs- oder Endpositionen einer Lernsequenz einnehmen — wurden relativ zum Reproduktionsniveau im Mittelteil der Sequenz quantifiziert. Dabei wurden die ersten und letzten 4 Items der 20-Wörter-Sequenzen dem Anfangs- bzw. Endteil, die Items 5–16 dem Mittelteil zugerechnet; die Reproduktionsfrequenz (f) in diesen Sequenzabschnitten wurde durch die Anzahl der Vpn (n) gebrochen, um Experimente mit verschieden großen Probandenzahlen vergleichbar zu machen (Abbildung 2).

Abbildung 2: Operationalisierung von Primacy- und Recency-Effekt

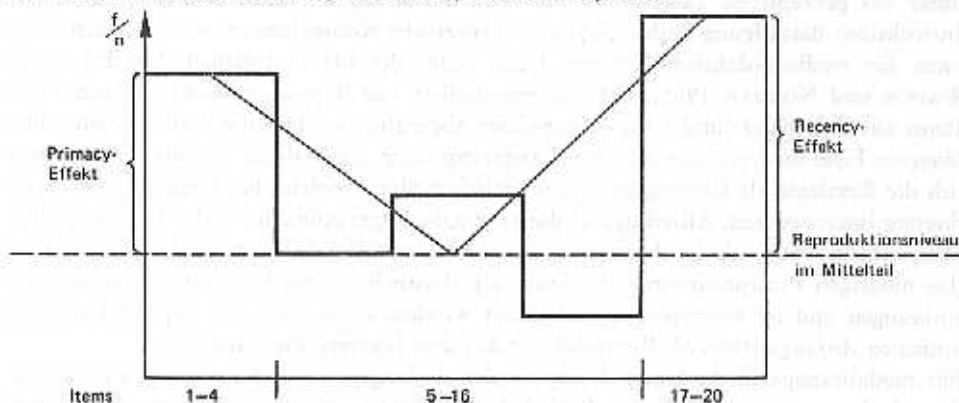


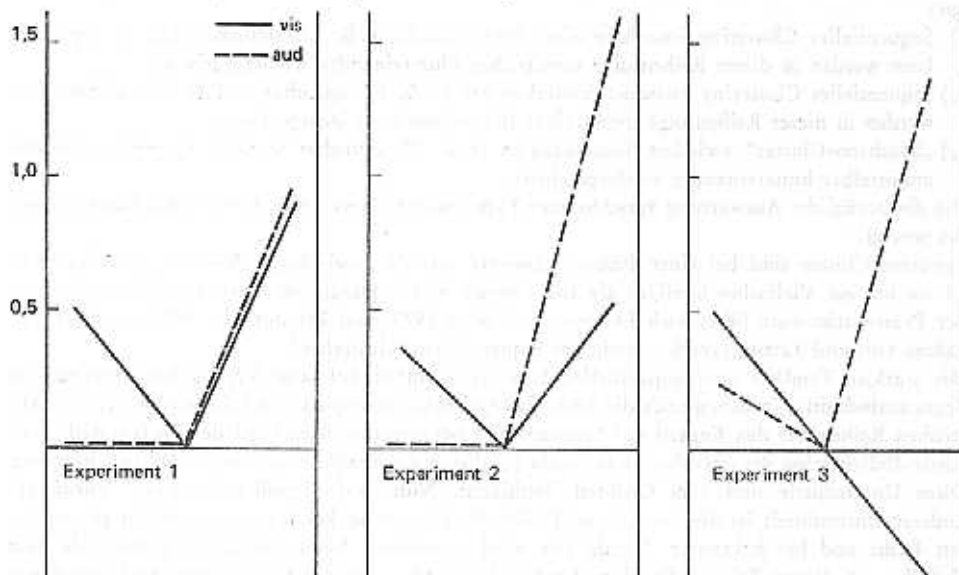
Abbildung 3 zeigt die Ergebnisse für drei Versuche, in denen „simultan“ eine optische und eine andere akustische Sequenz geboten wurden und möglichst viele Wörter aus *beiden* Sequenzen reproduziert werden sollten:

Experiment 1 (40 Vpn): Sukzessiv-Präsentation nicht nur der akustischen, sondern auch der optischen Wörter und Rotation der Wörter in ihrer Input-Reihenfolge.

Experiment 2 (20 Vpn): Wie Experiment 1, aber ohne Rotation. Itemreihenfolge wie in Experiment 3.

Experiment 3 (46 Vpn): Zeitgleiche Präsentation aller *optischen* Items.

Abbildung 3: Primacy- und Recency-Effekt in Experimenten 1, 2 und 3



Sukzessiv-Präsentation im optischen Bereich führte dazu, daß — zum Unterschied zu zeitgleicher Präsentation (Exp. 3) — auch bei visueller Auffassung ein deutlicher Recency-Effekt auftrat. Trotz dieser Annäherung im Endteil blieb folgende Beziehung bestehen: Optische Präsentation verstärkt den Primacy-Effekte, akustische den Recency-Effekt. Die Überlegenheit der visuellen Auffassung bei Berechnung über die *gesamte* Sequenz blieb von Verschiebungen des Reproduktionsschwerpunktes innerhalb der Sequenz ebenfalls eher unberührt: Das Verhältnis

$$\frac{\text{mittlere Reproduktionsfrequenz optisch}^{\#}}{\text{mittlere Reproduktionsfrequenz akustisch}}$$

betrug in Experiment 1: $\frac{3,525}{2,45} = 1,44$

in Experiment 2: $\frac{3,65}{2,8} = 1,30$

in Experiment 3: $\frac{4,90}{3,52} = 1,39$

Die Zusammenfassung mehrerer Elemente zu größeren Gedächtniseinheiten (chunks, clusters) wird allgemein als reproduktionsfördernder Auffassungsmechanismus angesehen. Die meisten Un-

[#] bisher unveröffentlichte Daten

tersuchungen beschäftigen sich mit Superierungsprozessen innerhalb semantischer Kategorien, z. B. mit der Gruppierung von Wörtern, welche leicht unter einem Oberbegriff subsumierbar sind. Besonders aufschlußreich erscheint aber auch die Untersuchung von Gruppierungsprozessen innerhalb zeitlicher Kategorien, da solche Gruppierungen vermutlich den Inhalt von Rehearsal-Prozessen bilden.

In Simultanleistungsaufgaben der beschriebenen Art sind folgende Formen von Clustering denkbar:

- a) Sequentielles Clustering innerhalb eines Sinneskanals (z. B. 17. optisches und 18. optisches Item werden in dieser Reihenfolge unmittelbar hintereinander wiedergegeben).
- b₁) Sequentielles Clustering zwischen Sinneskanälen (z. B. 17. optisches und 18. akustisches Item werden in dieser Reihenfolge unmittelbar hintereinander wiedergegeben).
- b₂) „Synchron-Cluster“ zwischen Sinneskanälen (z. B. 17. optisches und 17. akustisches werden unmittelbar hintereinander wiedergegeben).

Die diesbezügliche Auswertung verschiedener Experimente (FENK 1979, FENK 1980) hatte folgendes gezeigt:

Synchron-Cluster sind bei einer Präsentationsrate von 20 zweisilbigen Wörtern innerhalb von 28 sec um ein Vielfaches häufiger als alle Formen von sequentiellen Clusters. (Eine Steigerung der Präsentationsrate führt nach FREUNDL und SENE 1973, und PINCHLESCH 1975, zu einer Zunahme von und Leistungsverbesserung bei sequentiellem Clustering.)

Die stärkste Tendenz zum sequentiellen Clustering entfiel auf jene Versuchsbedingungen und Sequenzabschnitte, in denen auch die höchste Reproduktionsfrequenz zu lokalisieren ist: bei akustischen Reihen auf den Endteil der Sequenz, und bei optischen Items auf den Anfangsteil. Sukzessiv-Präsentation der optischen Items senkt bei diesen die Tendenz zum sequentiellen Clustering. Diese Unterschiede sind zum Großteil signifikant. Nicht auf Signifikanz geprüft wurde ein anderer Unterschied: Ist die Anzahl und Größe der Cluster bei bekannter Anzahl der präsentierten Items und bei bekannter Anzahl der wiedergegebenen Items tatsächlich größer, als nach Zufall — in diesem Fall ein Problem der Kombinatorik — zu erwarten wäre? Die Entwicklung von Auswertungsverfahren, die bei dieser Frage praktikabel wären, wurde nach den Kenntnissen des Verfassers bisher nicht geleistet.

Derselbe Vorbehalt gilt in erhöhtem Maße für die Feststellung einer zweiten Art von Clustering, welche ebenfalls in die Formen a), b₁), b₂) unterteilt werden kann. Geht man davon aus, „daß Items nicht unabhängig voneinander verarbeitet und abgerufen werden“ (WIPPICH 1978, S. 513), so erscheint es zulässig, nach richtig reproduzierten Items zu suchen, die zwar nicht bei der Reproduktion, aber wenigstens bei der Präsentation zeitlich benachbart waren. Die Anzahl derartiger „Perceptions-Cluster“ wird natürlich höher liegen als die der „Response-Cluster“.

Die in Tabelle 1 angeführten Ergebnisse³ für zwei Simultanexperimente (Exp. 1 u. 2), in welchen auch die optischen Items sukzessive geboten wurden, zeigen übereinstimmend bei auditiver Auffassung eine stärkere Konzentration der Perceptions-Cluster im Endteil, was im Sinne getrennter sensorischer Speicherprozesse interpretiert werden darf. Betrachtet man nur die Response-Cluster (FENK 1980), so fehlt im Endteil optischer und im Anfangsteil akustischer Sequenzen jeglicher Hinweis auf temporales Clustering.

³ bisher unveröffentlicht

Tabelle 1: Anzahl verschiedener Perzeptions-Cluster in Experiment 1 und 2

Experiment	Cluster- form	Sinnes- modalität	„Perzeptions-Cluster“ pro Vp		
			Gesamt	Anfang	Ende
Experiment 1	a	vis	0,575	0,125	0,225
	a	aud	0,450	0,025	0,375
	b ₁	—	0,675	0,100	0,475
	b ₂	—	1,575	0,800	0,600
Experiment 2	a	vis	0,700	0,150	0,250
	a	aud	0,450	0,000	0,350
	b ₁	—	0,700	0,150	0,400
	b ₂	—	1,200	0,300	0,750

a = Clustering innerhalb einer Sinnesmodalität (also sequentiell)

b = Clustering zwischen den Sinnesmodalitäten: b₁ sequentiell

b₂ synchron

In derartigen Experimenten löst, so könnte man glauben, die Präsentation codierender Nachrichten und die Instruktion, sich möglichst viele Wörter zu merken, nur oder primär eine Verarbeitung der semantisch-syntaktischen Nachrichtenaspekte aus. Tatsächlich werden aber auch völlig andere Attribute der Nachricht quasi automatisch abgespeichert, wie unter anderem die folgenden, bisher unveröffentlichten Ergebnisse des Verfassers zeigen: Die Vpn waren instruiert, sich möglichst viele Wörter aus einer optischen und einer anderen, akustisch gebotenen Wortliste einzuprägen und nach Ende der Präsentation in beliebiger Reihenfolge innerhalb von fünf Minuten aufzuschreiben. Die meisten Probanden nutzten die für die Reproduktion zur Verfügung stehende Zeit nicht aus und brachen die Reproduktionstätigkeit nach etwa drei Minuten ab. Nach Beendigung der Reproduktionsphase wurden die Vpn, für sie völlig unerwartet, aufgefordert, neben jedem wiedergegebenen Wort anzugeben, ob es optisch oder akustisch geboten worden sei.

Das Ergebnis: In Experiment 1 wurden insgesamt 239 Wörter richtig reproduziert. Bei 205 davon, also in 86 % der Fälle, konnte die Sinnesmodalität richtig angegeben werden. In Experiment 2 stimmte die Erinnerung an die Sinnesmodalität sogar in 90 % der Fälle.

Diese Ergebnisse bestätigen jene von HINTZMAN et al. (1972, 1973), LIGHT et al. (1973), KIRSNER (1974) und MADIGAN (1974).

Sie lassen an TULVINGS (1972) Unterscheidung zwischen „semantic“ und „episodic memory“ denken. Diese Terminologie stellt aber hier keinen geeigneten Interpretationsrahmen dar; denn nach TULVING ist die Wiedergabe einer Wortliste eine Leistung des „episodic memory“, und sein Begriff des „semantic memory“ betrifft eher das im Langzeitspeicher — schon vor dem Lernversuch — vorhandene, organisierte Wissen „about words and other verbal symbols, their meaning and referents, about relations among them, and about rules, formulas, and algorithms for the manipulation of these symbols, concepts, and relations“ (S. 386).

Zwei für unsere Fragestellung relevante Vermutungen lassen sich aus den oben angeführten Befunden ableiten:

- a) In Lernversuchen werden mit überraschend großer Präzision mehr Nachrichtenattribute gespeichert, als im Test normalerweise gefordert bzw. abgefragt werden. (Welche Aspekte als „Attribute“ — vgl. z. B. CICCONE und BRELSFORD 1975 — und welche als das „eigentliche“ Item gelten, ist allerdings Sache der Tradition oder der jeweiligen Definition.) Dieses Mehr an gespeicherter Information müßte bei der Schätzung von Speicherkapazitäten Berücksichtigung finden.
- b) Sicher ist die Registrierung verschiedenster Attribute (sprachlicher) Nachrichten Voraussetzung für eine gezielte Selektion aus dem Nachrichtenangebot. (Beim sogenannten „Cocktailparty-Effekt“ ermöglicht die Registrierung personenspezifischer Attribute sprachlicher Lautgebung, innerhalb eines Gewirrs von an sich gleich lauten oder sogar lauteren Stimmen die Bemerkungen einer wählbaren Person mitzuverfolgen.) Außerdem erfordert die Registrierung verschiedener Attribute empfängerseitig eine differentielle Kodierung, und diese wiederum könnte einen positiven Einfluß auf die Abrufbarkeit haben.

Mit dem zuletzt angeschnittenen Fragenkomplex beschäftigen sich zahlreiche Arbeiten PAIVIOs und seiner Mitarbeiter (PAIVIO et al. 1968, PAIVIO et al. 1969, PAIVIO und CSAPO 1973, PAIVIO 1974). Das Hauptresultat: „Free verbal recall is generally higher for items presented as pictures than for items presented as words“ (PAIVIO und CSAPO 1973, S. 176). Und die Erklärung (ebenda):

“Strong support was also found for the hypothesis that image and verbal memory codes are independent and additive in their effect on recall. In addition, the contribution of imagery appeared to be substantially higher than that of the verbal code. Thus the usual superiority of pictures in free recall is best explained by dual encoding, or a combination of image superiority and dual coding, both of which are ordinarily favored when items are presented as pictures.”

Natürlich kann auch verbales Material vom Perzipienten verbal und/oder imaginal codiert werden. Diese Entscheidung wird nach TVERSKY (1969) von der Erwartung darüber beeinflusst, welche Codierung für zukünftige und antizipierbare Aufgabenstellungen relevant ist.

Die Ausdrucksweise von PAIVIO und CSAPO, daß ein Item einmal als Bild, ein anderes Mal als Wort präsentiert wird, ist allerdings irreführend. Der Name für ein abgebildetes Objekt und die Abbildung dieses Objekts sind *verschiedene* Items (vgl. S. 15), die untereinander Transinformation aufweisen. Aber während in der bereits zitierten Arbeit NEUBAUERS (1974) durch die Gegenüberstellung von filmischem Bildinhalt und gesprochenem Kommentar die beiden Variablen „Sinnesmodalität“ (optisch versus akustisch) und Code (reale Abbildung versus verbaler Code) miteinander verquickt sind, legen PAIVIO und CSAPO (1973, S. 203) Wert auf die Feststellung, daß in ihrer Untersuchung die Sinnesmodalität konstantgehalten wurde. Die Dichotomisierung verbal/non verbal ist nach diesen Autoren „a distinction in *symbolic* modalities of memory, which are viewed as orthogonal to sensory modalities in the sense that verbal and nonverbal stimuli alike can be visual, or auditory, or haptic, etc.“.

Befunden über die Auswirkung verschiedener Kodierungsstrategien kommt für Probleme der Medienwahl möglicherweise mehr Gewicht zu als solchen über die Sinnesmodalität. Und in der Unterrichtspraxis haben wir es gewöhnlich mit jener Konfundierung der beiden Variablen (Sinnesmodalität, symbolische Modalität) zu tun, die NEUBAUERS Arbeit als potentiell praxisrelevant, aber für die Theorie unergiebig erscheinen läßt.

Zur Abgrenzung verschiedener Phasen oder auch Instanzen der Informationsverarbeitung („sensory registers“, „peripheral sensory stores“, „recognition memory buffer“, „buffer memory“, „operating memory“, „semantic memory“, „long-term memory“ etc.) besitzen wir mehr Terminologie als fundierte Theorie:

SPERLING (1967) postulierte im optischen Bereich ein „recognition memory buffer“, welches aktuelle Nachrichten aus dem optischen Kanal mit Hilfe des Langzeitspeichers in einen auditiven Code übersetzt, bevor „diese“ Nachrichten ins Kurzzeitgedächtnis gelangen. Im akustischen Bereich sei eine derartige Übersetzereinheit weder vorhanden noch nötig, weil das Kurzzeitgedächtnis nur in einem auditiv-verbal-linguistischen Code arbeite. Im Modell von CROWDER und MORTON (1969) ist dem intersensorisch gedachten Kurzzeitgedächtnis in jedem der beiden Sinnesgebiete ein eigener „prälinguistischer“ Speicher vorgelagert, wobei dem auditiven Vorspeicher („PAS“ = „pre-categorical acoustic storage“) eine größere Gedächtnisspanne zugeschrieben wird als dem visuellen Vorspeicher. Ist ein Item einmal linguistisch kategorisiert, so spiele die Sinnesmodalität keine Rolle mehr in der weiteren Verarbeitung.

MURDOCK und WALKER (1969) wiederum vertraten die Ansicht, daß nicht nur vor dem Kurzzeitgedächtnis getrennte Speicher für verschiedene Eingangskanäle existieren, sondern daß es auch zwei getrennte, modalitätsspezifische Kurzzeitgedächtnisse gäbe.

Und schließlich wird — im Anschluß an CRAIK und LOCKHART (1972) — immer häufiger diskutiert, ob all die genannten Mehr-Speicher-Theorien des Gedächtnisses nicht durch einen „levels of processing“-Ansatz ersetzt werden sollten. Der prozeßorientierte Ansatz müßte übrigens durchaus nicht in Widerspruch zu den Mehrkomponententheorien gesehen werden. „Sieht man dieses Gedächtnissystem als ein Analysekontinuum, bei dem zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedliche Prozesse auf das zu verarbeitende Material einwirken können, so ist die traditionelle, strukturorientierte Forschung und die Unterteilung des Systems in mehrere Komponenten nach wie vor sinnvoll...“ (JÜTNER 1978, S. 158).

Heute darf als einigermaßen gesichert — oder jedenfalls als wenig umstritten — folgendes gelten:

1. Die Unterscheidung in Ultrakurzzeit-, Kurzzeit- und Langzeit-Gedächtnis (vgl. KLIX 1977) ist nicht nur eine beliebige Aufteilung der Behaltenszeit, sondern dadurch gerechtfertigt, daß in unterschiedlichen Zeitpunkten unterschiedliche Analyseschritte dominieren.
2. Welche Attribute bzw. Aspekte des sensorischen Inputs die weitestgehende Analyse erfahren, hängt von den jeweiligen Aufmerksamkeits- und Suchstrategien ab. Diesen Strategien steht durch multiple Codierung und Speicherung von Nachrichten ein großer Freiraum zur Verfügung.

Diese Tatsache sollte zur Vorsicht bei allzu „mechanistischen“ Interpretationen mahnen. Wenn etwa bei der Wiederholung sprachlicher Sequenzen „semantische“ Abweichungen vom Original leichter entdeckt werden als „syntaktische“ (vergl. SACHS 1967), so heißt das nicht, daß die Bedeutung *zwangsläufig* besser behalten wird als die syntaktische Struktur. Abgesehen davon, daß die syntaktische Struktur im weiteren Wortsinn die Bedeutung konstituiert, wären bei entsprechender Instruktion vielleicht die anderen Abweichungen eher entdeckt worden.

3. Unser Arbeitsgedächtnis (Kurzzeitgedächtnis) operiert mit aktuellen Nachrichten in einer vorstrukturierten Form, wobei an der Vorstrukturierung bereits Inhalte aus dem Langzeitspeicher (z. B. Superierungsregeln) beteiligt sind.

Die Behauptung, unser Kurzzeitgedächtnis sei seiner Natur nach auditiv-verbal-linguistisch, sollte bei unserem heutigen Wissen über differentielle Codierung vermutlich wie folgt revidiert werden: In unserem verbal-linguistischen Kurzzeitgedächtnis dominieren auditiv-artikulatorische Komponenten.

4. Eine Reproduktions-Überlegenheit bei auditiver Auffassung ist meist dann festzustellen, wenn der Abrufprozeß in eine frühe Phase der Informationsverarbeitung fällt.

Daraus sollte man jedoch nicht, wie etwa GLANZER (1971), folgern, daß jede Art von modalitätsspezifischem Einfluß auf das Kurzzeitgedächtnis beschränkt ist. Die Untersuchungen des Verfassers (FENK 1980) haben eindeutig einen sozusagen „umgekehrten“ Modalitätseinfluß auf die Reproduktion jener Wörter nachgewiesen, deren Auffassung bereits mehr als 20 sec. zurückliegt.

Aus neuropsychologischer Sicht

Als zentralnervösen Mechanismus der selektiven Aufmerksamkeit vermuten DEUTSCH und DEUTSCH (1963) einen vor allem von der Formatio reticularis kontrollierten „shifting reference standard, which takes up the level of the most important arriving signal“, und die Filter-Theorien scheinen ihnen der Komplexität dieser Selektionsvorgänge nicht gerecht zu werden. Warum aber soll die Vorstellung von „Filtern“ mit jener von „Schwellen“, wie sie im Modell von DEUTSCH und DEUTSCH (1963), GERARD (1963) und NORMAN (1969) beschrieben werden, unvereinbar sein? Beides veranschaulicht doch lediglich den Sachverhalt, daß bestimmte Nachrichten auf Kosten anderer für eine (effektivere) Verarbeitung ausgewählt werden.

Die neurophysiologische Grundlage der Selektivität von Aufmerksamkeit ist wohl am ehesten darin zu sehen, daß die Erregbarkeit bzw. Antwortbereitschaft gerade jener Zell(population)en erhöht ist, die sich zur Analyse der — in bezug auf die Erwartungs-, Einstellungs- und Motivationsstruktur des Perzipienten — „relevanten“ Signale eignen. Bestimmte (corticale) Areale sind zu einem bestimmten Zeitpunkt stärker aktiviert und besser auf „Empfang“ eingestellt als andere, verarbeitet werden daher bevorzugt jene Signale, auf deren Empfang diese Zellsysteme genetisch und/oder durch Lernprozesse programmiert sind; für andere Signale sind die „Schwellen“ höher gelegt, sie werden mit größerer Wahrscheinlichkeit „ausgefiltert“.

Einer der wichtigsten Indikatoren für eine selektiv erhöhte Antwortbereitschaft ist die Amplitudenhöhe sensorisch evozierter Potentiale. Durch eine Zuwendung der Aufmerksamkeit an den optischen oder den akustischen Kanal werden — vor allem, wenn auf schwer erkennbare Signale reagiert werden muß — die evozierten Potentiale im jeweiligen Sinnesgebiet verstärkt (SPONG et al. 1965), während das generelle Aktivierungsniveau davon unberührt bleibt.

Die von NÄÄTÄNEN (1967) geäußerte Kritik, daß die Amplitudenveränderungen nicht selektive, sondern unspezifische retikuläre Aktivierungsprozesse abbilden, wurde inzwischen von ihm selbst abgedrängt. 1975, S. 273, sieht er die Probleme einschlägiger Arbeiten vor allem in „the inability to reliably separate the specific and non-specific physiological changes concomitant with selective attention from each other“. Und in einer Untersuchung des Verfassers (FENK 1978) konnte — eigentlich durch Zufall — beobachtet werden, daß die vorwiegend retikulär gesteuerte EEG-Spontanfrequenz und ein ereigniskorrelierter Aktiviertheitsindikator (die Contingent Negative Variation = CNV) voneinander abweichend variieren können. Allerdings muß eingeräumt werden, daß es bei ereigniskorrelierten Potentialschwankungen — gerade im Zusammenhang mit dem „switching of attention“ zwischen auditivem und visuellem Kanal (HORN 1975) — viele widersprüchliche Ergebnisse gibt. Als Gründe dafür sind zu vermuten: Erstens ist die Bandbreite für Schwankungen der EEG-base-line begrenzt; wenn sie bereits auf hohem Niveau operiert, ist eine zusätzliche starke Erhöhung nicht mehr möglich. Und zweitens können zwar Verschiebungen der

base-line gemessen werden, nicht aber das Niveau, von dem aus diese Veränderungen erfolgen. Drittens läßt die herkömmliche EEG-Forschung die an anderer Stelle getroffene Unterscheidung⁴ zwischen „Grad der Selektivität“ und „Grad der (selektiven) Aktivierung“ kaum zu: Die Amplituden der ereigniskorrelierten Potentialschwankungen werden durch den Umfang der aktivierten Rindenregion, das Ausmaß der Aktivierung der einzelnen Neuronen und das Ausmaß der Synchronisierung der Aktivierungsphasen (Generatorpotentiale, postsynaptische Potentiale) einzelner Zellen bestimmt, wobei das jeweilige Gewicht dieser drei Komponenten — zum Beispiel durch Vergleich mit gleichzeitiger Einzelzellableitung — höchstens sehr grob geschätzt werden kann.

Das Hypothesenprüfungsprinzip, also das Prinzip des Vergleichs interner Modelle mit dem aktuellen Input (siehe S. 13) und das „Wahrscheinlichkeitslernen“ scheinen auch im Nervensystem nachweisbar zu sein:

Wie bereits erwähnt (S. 23), führen jene Ereignisse bzw. Signale, welche einen höheren Beitrag zur Gesamtinformation einer Ereignisfolge leisten, zu einer stärkeren Ausprägung späterer Wellenanteile ($LPC = P_{300} = P_3$) des evozierten Potentials. (Da die Amplitude der LPC als Aufmerksamkeitsindikator anzusehen ist, erlauben diese Befunde folgende Deutung des Primacy-Effekts: Bei (sprachlichen) Nachrichten leisten die ersten Items meist den höchsten Informationsbeitrag; daher wird ihnen mehr Aufmerksamkeit geschenkt und die Wahrscheinlichkeit ihrer Einprägung steigt.) Die Amplitude der CNV variiert — innerhalb eines bestimmten Bereiches — mit der relativen Häufigkeit bzw. der Wahrscheinlichkeit, mit welcher auf einen Reiz X ein Reiz Y folgt (WALTER et al. 1964), und dasselbe gilt für P_3 (CAMPBELL et al. 1979).

Und SINZ (1977, S. 225) schreibt im Zusammenhang mit der Informationsübertragung vom Kurz- in das Langzeitgedächtnis (LZG):

„Sokolov ... betrachtet den hippocampischen Thetarhythmus als Korrelat des Informationsvergleichs zwischen ‚normalem Modell des Reizes‘ und dem aktuellen Reiz. Wenn die Parameter sich ändern, entstehen ‚Impulse der Nichtübereinstimmung‘, auf die weitere orientierende und selektive Informationsaufnahme folgt. Sinz ... konnte zeigen, daß auch das Ausbleiben antizipierter Reize den Thetarhythmus zu aktivieren vermag. Diese und eine Anzahl anderer Befunde ... stützen die Auffassung zu einer Komparatorfunktion der hippocampischen Formation und ihrer Bedeutung für die Erfassung der Zeitkoordinaten, die Voraussetzung dafür ist, neue Informationen in das Registersystem des LZG einzuordnen.“

Von der Warte aus betrachtet, daß Zellsysteme erfahrungsabhängige Modelle bilden, kann es nicht verwundern, wenn ereigniskorrelierte Potentialschwankungen nicht nur als Korrelat von Input-Prozessen beschrieben werden, sondern auch als Korrelat von Abrufprozessen: In Konditionierungsversuchen von JOHN et al. (1969) lernten die Versuchstiere, zwei verschiedene „Flicker“-Frequenzen (V_1, V_2) mit zwei unterschiedlichen Reaktionen (CR_1, CR_2) zu beantworten. Wurden die Tiere nun mit einem dritten Flicker-Reiz (V_3) konfrontiert, welcher frequenzmäßig zwischen V_1 und V_2 lag, so führte dies manchmal zu CR_1 , manchmal zu CR_2 . In jenen Fällen, wo V_3 zur Reaktion C_1 führte, ähnelte das von V_3 evozierte Hirnpotential dem sonst von V_1 evozierten, in den anderen Fällen dem

⁴ „Aufmerksamkeit wäre demnach um so selektiver bzw. um so weniger generell, je weniger Zellsysteme eine erhöhte Antwortbereitschaft aufweisen, und der Grad der selektiven Aufmerksamkeit um so höher, je mehr sich das durchschnittliche Aktivierungsniveau der involvierten bzw. antwortbereiten Zellsysteme von dem der restlichen abhebt.“ (Fenk 1980)

sonst von V_2 evozierten. Nach JOHN (1972, S. 298) sprechen diese Ergebnisse dafür, daß die zugrundeliegenden physiologischen Prozesse „reflect the activation of particular memories“.

Die Aufmerksamkeitsteilung zwischen optischem und akustischem Kanal erfordert, vor allem bei geringer Transinformation zwischen den Kanälen (z. B. Simultanleistungsexperiment) ein zeitlich genau abgestimmtes „switching of attention“ zwischen auditivem und visuellem Vorschein, damit die — an mehr oder weniger peripheren Schaltstellen abgeblockten — Signale des jeweils nicht-„beachteten“ Kanals einigermaßen ergänzbar, rekonstruierbar bleiben. Und damit ein Rehearsing der optisch gebotenen Items stattfinden kann, müssen diese rasch in einen artikulatorischen Code übersetzt werden; die schriftliche Wiedergabe erfordert eine (neuerliche) Transformation in einen (anderen) motorischen Code.

Einige mehr oder weniger gesicherte Vermutungen über die zugrundeliegenden neuronalen Mechanismen können hier nur in aller Kürze aufgezählt werden: Bei den weitaus meisten Menschen — bei 90 % aller Rechtshänder und zwei Drittel aller Linkshänder (PROHOVNIK 1978) — ist die Verarbeitung der semantisch/syntaktischen Aspekte sprachlicher Nachrichten in der linken Großhirnhemisphäre lokalisiert. Dort befindet sich auch, unmittelbar hinter dem sensorischen Sprachzentrum (WERNICKE) beziehungsweise in Überlappung mit diesem, der Gyrus angularis, in welchem die Transformation optischer „Items“ in akustische und vice versa stattfindet (GESCHWIND 1972). In einem Rindenfeld, welches wiederum Teile des Gyrus angularis umfaßt, läßt sich das „auditive verbale Kurzzeitgedächtnis“ — nach Auffassung von LAUGHERY und PINKUS (1966) und von SPERLING (1963, 1967) das Kurzzeitgedächtnis schlechthin — ansiedeln (WARRINGTON et al. 1971). Ein sehr kurzfristiges Überdauern von (sprachlichen) Nachrichten, etwa durch Rehearsal, interpretieren manche Autoren als direktes „reading out from the continued activity in neuronal circuits that carry the information to be recovered“ (POPPER und ECCLES 1977, S. 378).

Optisch versus akustisch

Da die bisherigen Modelle über Aufeinanderfolge und Zusammenspiel verschiedener Verarbeitungsinstanzen wenig abgesichert erscheinen und quantitative Vorhersagen über Reproduktionsunterschiede als Funktion der Sinnesmodalität bzw. der Zahl der Sinnesmodalitäten kaum zulassen (vgl. FLADE und WENDER 1974, BREDENKAMP und WIPPICH 1977; außerdem Punkt e) Seite 11), erscheint es im Hinblick auf die Relevanz für eine *wenig definierte Praxis* angebracht, die Forschungsergebnisse der letzten 10—15 Jahre (also seit Entdeckung des Modalitäts-Effekts) daraufhin zu analysieren, ob sich bestimmte Präsentationsmethoden — trotz *unterschiedlicher* Versuchsanordnungen, Arten von Lernmaterial (wobei jedoch codierende Nachrichten überwiegen), Auswertungsmethoden etc. — in einem Großteil der Fälle als überlegen erwiesen haben.

Eine Durchforstung der „Psychological Abstracts“⁶ zeigte folgendes: Der Einfluß der Sinnesmodalität auf die Reproduktionsfrequenz wurde fast nur über kurze Behaltens-

⁶ Dank schulde ich in diesem Zusammenhang der „Zentralstelle für Psychologische Information und Dokumentation an der Universität Trier“ und dem „Institut für Maschinelle Dokumentation“ in Graz.

intervalle hinweg geprüft. In etwa 55 % der Fälle wird von einer Überlegenheit der akustischen Präsentation berichtet. Die restlichen „Abstracts“ enthalten je zur Hälfte Hinweise darauf, daß die akustische Überlegenheit auf bestimmte Bedingungen beschränkt ist (a), oder darauf, daß optische Präsentation zu besserer Reproduktionsleistung führt (b).

a) Akustisch > optisch

Theoretisch am ergiebigsten sind wohl jene Arbeiten, in denen über einen Wechsel der Überlegenheit von einer zur anderen Modalität berichtet wird; in den jeweiligen experimentellen Designs wurden offenbar jene Einflußgrößen berücksichtigt, welche über das Dominieren eines bestimmten Sinnesgebietes (in der Auffassung und Einprägung) entscheiden. Der Wechsel im Dominieren der Sinnesgebiete erfolgte je nach der zeitlichen Distanz zwischen Präsentation und Prüfung (vgl. JENSEN 1971), je nach Art der „cues“ (räumlich, zeitlich) und der Kodierungsstrategie, der Position der Items innerhalb der Lernsequenz (vgl. „Modalitätseffekt“, S. 23) und je nach Präsentationsrate. Bezüglich der Präsentationsrate sind die Berichte allerdings nicht konsistent: Bei DORNBUSH (1969), MURDOCK und WALKER (1969) sowie LAUGHERY und PINKUS (1966) führte die Erhöhung der Präsentationsrate zu einer Verschiebung zugunsten der auditiven Auffassung, bei WASSERMANN et al. (1973) hingegen zugunsten der visuellen Auffassung.

b) Optisch > akustisch

Innerhalb dieser Gruppe fällt eine Häufung von Arbeiten auf, in denen Kinder (ZAHORSKY 1969, HOROWITZ 1969) oder retardierte Erwachsene (MCCONKEY und GREEN 1973) untersucht wurden. In anderen Arbeiten betraf die optische Überlegenheit eine bevorzugte Verarbeitung optischer Nachrichten angesichts multipler Signale (LONG 1977) oder die größere Resistenz optischer „Items“ gegenüber Prozessen des Vergessens bzw. gegenüber ablenkenden Reizen und Tätigkeiten (SCARBOROUGH 1972, MURDOCK und CAREY 1972, JOHANSSON et al. 1974). (Bei BOSSIARDT [1975] hingegen erwiesen sich die akustisch gebotenen Hauptwörter bei einem Retentionsintervall von 11 sec als resistenter gegenüber ablenkenden „images“.)

In einem Experiment von PARKINSON (1972) wurde der Großteil einer Buchstabenliste von einer weiblichen Stimme vorgesprochen. Die restlichen Buchstaben sollten eingepreßt werden und wurden teils visuell, teils von einer männlichen Stimme geboten. Jeder gesprochene Buchstabe mußte schon während der Präsentation der Liste von den Vpn laut wiederholt werden. Ein nachfolgender Test zeigte bei hinausgezögertem Zeitpunkt der Wiedergabe (20 sec) eine Reproduktionsüberlegenheit visuell gebotener Items. Die Deutung des Autors, wonach visuell aufgefaßte Items unempfindlicher gegenüber retroaktiven Hemmungen durch nachfolgende artikulatorisch-auditive Prozesse sind, ließe sich auch auf den „umgekehrten Modalitätseffekt“ ausdehnen.

Nach PENNEY (1975) zeigt sich eine Überlegenheit der auditiven Auffassung bei unterschiedlichsten Anforderungen, etwa dem Behalten der Reihenfolge-Information oder dem Entdecken von Item-Wiederholungen. Trotzdem räumt die Autorin (S. 77) ein:

“It may be that the visual memory is more efficient when a relatively large amount of information is presented simultaneously, such as in a picture. The superior recall found when the three letters of a trigram are presented simultaneously rather than successively ... is consistent with this idea. Simultaneous presentation of several items has proved advantageous in serial recall, when list length and the total amount of time per item is held constant ...”

VESTER (1975, S. 49) apostrophiert in einem von Pädagogen vielbeachteten Buch als „bekannte Tatsache, . . . daß der eine geschene Dinge besser behält, also ein gutes visuelles Gedächtnis hat, der andere eher durch Zuhören lernt und der dritte vielleicht erst durch Tun, durch Anfassen“, und erläutert diese „Tatsache“ am Beispiel des Erlernens eines physikalischen Gesetzes (S. 52). In der Annahme von der Existenz derartiger Lerntypen läßt sich Vester auch dadurch nicht beirren, daß seine eigene Fragebogenaktion ein für ihn unerwartetes Ergebnis brachte: „Nämlich, daß es in einer Vorlesung mit hundert Studenten oder in einer Klasse mit dreißig Schülern — auch zur Überraschung der Lehrer — beinahe ebensoviele Lerntypen gibt“ (S. 123). Wenn die Anzahl der Typen aber jener der Individuen entspricht, dann ist der Typusbegriff wohl fehl am Platz; außerdem ist in Frage zu stellen, ob ein Fragebogen das geeignete Instrument zur Erfassung von Lerntypen darstellt.

Bevor man interpretiert, daß die ersten Lebenseindrücke die späteren Gedächtnismuster prägen (VESTER 1975) und bevor man untersucht, ob dabei genetische Programme eine Rolle spielen (MIKHEEV 1972), wäre zu klären, ob es visuelle, auditive, kinästhetische etc. „Typen“ überhaupt gibt. In keiner der dem Verfasser bekannten jüngeren Untersuchungen konnte die wichtigste Voraussetzung einer solchen Typologie — nämlich ein (interindividuell variierendes, aber) intraindividuell stabiles Dominieren eines Sinnesgebietes — gefunden werden.

In Experimenten des Verfassers (FRNK 1977 b) wurden drei Sequenzpaare als Lernmaterial verwendet. Der Versuchsgruppe (40 Vpn) wurden in drei Durchgängen die optische und die akustische Sequenz eines jeden Paares simultan geboten. Die Vpn sollten sich beim ersten Paar möglichst viele Wörter aus beiden Sequenzen merken, beim zweiten nur die optischen und beim dritten nur die akustischen. Unmittelbar nach jedem Sequenzpaar, also nach jedem Durchgang, sollten die Wörter in beliebiger Reihenfolge aufgeschrieben werden.

Ein intraindividuell stabiles Dominieren eines Sinnesgebietes hätte erwarten lassen, daß die Differenzen zwischen „optischem“ und „akustischem“ Reproduktionsscore aus dem 1. Durchgang (Simultanauffassung) mit den entsprechenden Differenzwerten derselben Vpn bei Konzentration auf entweder die optische Reihe (2. Durchgang) oder die akustische Reihe (3. Durchgang) positiv korrelieren. Das Ergebnis war ein Korrelationskoeffizient von $r = -0,11$.

Eine andere Gruppe von Probanden ($N = 34$) war bei allen drei Sequenzpaaren zur Simultan-Einprägung instruiert, und schließlich wurden einer weiteren Gruppe ($N = 24$) die 6 Sequenzen der 3 Sequenzpaare nacheinander geboten. Jede der beiden Gruppen bietet drei Möglichkeiten zum Vergleich zwischen optisch und akustisch. Eine Einzelauswertung pro Vp erbrachte folgendes Ergebnis: Die Wechsler waren trotz konstantgehaltener Instruktion und trotz knapp aufeinanderfolgender Durchgänge um ein Vielfaches häufiger als „durchgängige Typen“, bei welchen in allen drei Vergleichen dieselbe Sinnesmodalität besser abschnitt.

Beide Ergebnisse, die negative Korrelation und der große Prozentsatz der Wechsler, bedeuten, daß ein intraindividuell stabiles Dominieren eines Sinnesgebietes auch unter sehr ähnlichen Bedingungen weitgehend fehlt.

Allerdings läßt sich aus einer negativen Korrelation nicht ohne weiteres folgern, daß die Existenz von Lern- bzw. Auffassungstypen auszuschließen ist. Denn diese Folgerung basiert auf einem — natürlich nicht möglichen — „Beweis der Null-Hypothese“, was übrigens immer dann der Fall ist, wenn die „Unabhängigkeit“ einer Variable x von einer Variable y „nachgewiesen“ werden soll. Überzeugend sind solche Schlüsse nur innerhalb eines theoretischen Konzeptes, aus welchem Aussagen darüber deduzierbar sind, unter welchen Bedingungen sich welcher Zusammenhang dokumentieren müßte. Nur innerhalb eines solchen Konzeptes kommt der Null-Hypothese (H_0) jenes Interesse zu, welches RÜTZEL (1979, S. 228) für all jene Fälle reklamiert, in denen die H_0 einen Null-Effekt behauptet: „Die H_0 repräsentiert in diesen Fällen ‚Chaos‘, ‚Strukturlosigkeit‘, ‚nichts los‘, ‚kein Zusammenhang‘ usw., und so verfehlt doch ein Nullhypothestesteten nicht seinen Zweck, wenn es in einem ersten ‚Screening‘ überprüft, ob man — in Abhängigkeit von der gegebenen Testpower und dem Signifikanzniveau — überhaupt von einem Effekt ungleich Null ausgehen soll.“ Dasselbe gilt auch für die beiden folgenden Befunde, in welchen ebenfalls keine Anhaltspunkte für die Existenz von visuellen und auditiven Lerntypen gefunden wurden:

LAUGHERY und FELL (1969) ermittelten in einem Simultanleistungsexperiment die Präferenz der einzelnen Vpn für eine der beiden Input-Modalitäten. Ein zusätzliches Gedächtnisspanne-Experiment mit denselben Vpn und mit gemischten Listen — also zufallsverteilt wechselnder Sinnesmodalität innerhalb einer Lernsequenz — zeigte, daß die Probanden völlig unabhängig von ihrer persönlichen Bevorzugung einer bestimmten Sinnesmodalität die akustischen Items besser behielten als die optischen. Die Autoren sahen darin eine Bestätigung der Hypothese, daß das Kurzzeitgedächtnis im wesentlichen ein auditives Speichersystem darstellt.

JENSEN (1971) stellte eine signifikante Wechselwirkung zwischen Input-Modalität und Behaltensintervall fest: Bei Wiedergabe unmittelbar nach der Präsentation war das auditive Gedächtnis besser als das visuelle, nach einer Pause von 10 sec verhielt es sich umgekehrt. Eine Wechselwirkung zwischen Proband und Input-Modalität wurde nicht gefunden. „Thus there was no evidence for individual differences as a function of sensory modality of the input“ (S. 123).

Unimodal versus bimodal

Die Hypothese einer Überlegenheit der bimodalen Präsentation enthält implizite die Annahme, daß in irgendeiner Weise (z. B. auf höherem Verarbeitungsniveau oder durch dritte Instanzen) die (ursprünglich) unterscheidbaren Nachrichtenströme zueinander in Beziehung treten.

Kombinierte optisch/akustische Darbietung erwies sich im Großteil der Fälle als erfolgreichste Präsentationsform (z. B. EVANS 1970, GERJUOY und WINTERS 1970, MENNE und MENNE 1972, FLADE und WENDER 1974). Dein Verfasser ist kein Bericht bekannt, wonach „bimodale“ Darbietung zu einer schlechteren Leistung führt als irgendeine Form einkanaliger Präsentation. Die Ergebnisse der Untersuchung von KROLL et al. (1972) lassen sich wie folgt zusammenfassen: Bei kurzem Retentionsintervall rangiert audiovisuell vor auditiv und auditiv vor visuell; bei langem Retentionsintervall waren audiovisuell und visuell etwa gleich gut und jeweils besser als nur auditiv.

In der bereits zitierten Arbeit von HOROWITZ (1969) zeigte sich kein Unterschied zwischen visueller und audiovisueller Auffassung, aber beide Präsentationsformen waren erfolgreicher als eine rein auditive Auffassung.

Zu einem etwas anderen Schluß kam PENNEY (1975, S. 69) in ihrer Übersichtsarbeit:

"Combined audiovisual presentation is no better than auditory alone . . . , and whether the subject or the experimenter vocalizes the stimuli seems to make little difference . . . The effects of vocalization of visual stimuli are similar to the effects of auditory presentation in that recall of items near the end of the list is increased relative to the silent reading of visual stimuli. The recency position of the serial position curve is virtually identical to the auditory presentation or combined visual-plus-auditory conditions."

Jedenfalls berichtet aber auch PENNEY von keinem Fall einer Überlegenheit einkanaliger Präsentation.

Die Experimente von BLAKAR und ROMMETVEIT (1975) brachten folgendes Resultat: Verbale Äußerungen waren nach Darbietung in einem sinnvollen bildlichen Kontext besser abrufbar als nach zehn aufeinanderfolgenden Wiederholungen ohne Bildinformation.

Als Erklärung für die Überlegenheit (oder zumindest Gleichwertigkeit) der bimodalen Darbietung von Nachrichten, welche entweder (bezüglich der durch sie codierten Bedeutung) substituierbar sind oder wenigstens sehr hohe Transinformation übereinander besitzen, bietet sich vor allem folgende Überlegung an: Der „relevanten Nachricht“, der beiden Nachrichten gemeinsamen Information, wird auch dann Aufmerksamkeit geschenkt, wenn die Aufmerksamkeit von einem Kanal zum anderen wandert. Bei einkanaliger Darbietung dagegen bedeutet ein Abwandern der Konzentration vom einzig „relevanten“ Kanal eine Ablenkung von der als relevant definierten Nachricht, so daß Segmente dieser Nachricht nicht aufgefaßt werden, und — wenn diese Segmente zuviel Information enthalten — auch nicht mehr rekonstruierbar sind.

Auch könnten die zusätzlichen „cues“ bei zweikanaliger Präsentation zu einer breiter gefächerten Verankerung im Gedächtnis bzw. zu einer besseren Markierung von Speicherplätzen für spätere Retrieval-Prozesse führen. Mehr Schlüsselreize als bei einkanaliger Darbietung treten — entgegen der Ansicht NEUBAUERS (1974) — auch dann auf, wenn Redundanz bzw. Korrelation zwischen den Kanälen herrscht.

Der Wechsel zwischen Sinnesgebieten

Im Zusammenhang mit unserer Fragestellung wird manchmal folgende Vermutung geäußert: Ein Wechsel der Präsentation zwischen Sinnesgebieten verspricht höhere Effektivität als das fortdauernde Ansprechen eines einzigen Sinneskanals; auch wenn dieser eine Kanal zufällig der an sich geeignetste wäre, führe seine Dauerbelastung zu einem Abblauen der Konzentration bzw. einem häufigeren Abwandern der Aufmerksamkeit auf „irrelevante“ Sinneskanäle. Der Wechsel der Präsentationsmodalität komme einer Neigung zum Wechsel der Aufmerksamkeit zwischen den Modalitäten entgegen. Hier wird also ebenfalls für das *Ansprechen mehrerer Sinneskanäle* plädiert; doch ist diese Präsentationsform nicht als multimodal zu bezeichnen, weil keine Synchronität gefordert wird. (Bei einer wirklich multimodalen Präsentation ist die dabei angestrebte Wirkung von vorneherein gewährleistet.)

Der Wechsel zwischen Sinnesgebieten als Determinante der Reproduktionsleistung wurde vor allem in folgenden Varianten, oder Kombinationen aus diesen, untersucht:

a) Ein Teil der Lernsequenz, bzw. der Items („gemischte Listen“), wird in der Modalität x präsentiert, der andere Teil in der Modalität y.

Beim bereits früher erwähnten Isolationseffekt und bei der neuroelektrisch indizierten, verstärkten Aufmerksamkeitszuwendung an isolierte oder überraschende Stimuli kommt es offensichtlich nicht darauf an, wodurch sich bestimmte Items von den restlichen abheben; die Sinnesmodalität wäre hier nur eine von zahllosen Möglichkeiten. Für einen derartigen Wechsel spricht jedoch ein Befund von GRUBER (1964), wonach sich der Wechsel zu einem anderen Sinnesgebiet nach einer 30-Minuten-Periode vorteilhaft auf die Leistung bei Vigilanzaufgaben auswirkt. Und außerdem zeigt sich, daß die unter bestimmten Bedingungen auftretende Überlegenheit eines bestimmten Sinnesgebietes von einem häufigen Modalitätswechsel unberührt bleibt: In einem Experiment von MURDOCK (1967) mit gemischten Listen und Probe-Technik⁸ wurden akustische Items besser behalten als optische; am stärksten ausgeprägt war dieser Effekt dann, wenn sowohl das Probe-Item als auch jenes Item, mit dem geantwortet werden mußte, akustisch geboten worden war.

b) Die erste Darbietung eines Lehrstoffes erfolgt in der Modalität x, die zweite in der Modalität y.

WELLS und KIRSNER (1974) fanden in einem Versuch nach dem Paradigma der freien Reproduktion und Wiederholung von Wörtern innerhalb einer Liste keinen Unterschied zwischen einer Wiederholung in gleicher und einer Wiederholung in unterschiedlicher Sinnesmodalität.

c) Gelernt wird in der Modalität x, geprüft in der Modalität y.

Diese Variante ist nur sinnvoll bei Anwendung von Prüfmethode, bei welchen eine Testvorlage die richtige Antwort (in einer bestimmten Sinnesmodalität) enthält. (Die Antwort selbst hat immer dieselbe „Modalität“: Sie ist motorisch). Daraus resultiert auch die geringere Praxisrelevanz dieser experimentellen Variante für mediendidaktische Entscheidungen. Denn im Unterricht kommt es wohl eher darauf an, eine hohe Reproduktions- (und Transfer-)Wahrscheinlichkeit durch eine geeignete Präsentationsmethode — und nicht durch eine spezielle Prüfmethode — zu erreichen. GOLDRING und CALFEE (1967) sowie CHI und CHASE (1972) berichten, daß Items dann am schnellsten wiedererkannt werden, wenn die Sinnesmodalität bei Präsentation und Prüfung dieselbe bleibt. In einem Experiment von KIRSNER und SMITH (1974) wurde eine Sequenz von Wörtern und „non-words“ präsentiert, die sich teilweise innerhalb der Liste wiederholten. Auf echte Wörter sollte möglichst schnell mit „ja“, auf die Kunstwörter mit „nein“ geantwortet werden. Als Indikator für den Lernzuwachs diente die Verkürzung der Reaktionszeit. Das Ergebnis: Sowohl bei Wörtern als auch bei Nicht-Wörtern war die Reaktionszeitverkürzung dann am größten, wenn die Wiederholung in derselben Sinnesmodalität erfolgte wie die erste Darbietung. Überraschen können die Ergebnisse derartiger Reaktionszeit-Experimente allerdings nicht. Denn bei sprachlichem Material werden nicht nur semantisch-syntaktische

⁸ „Bei diesem Verfahren sollen die Probanden nach Darbietung einer Itemliste immer nur ein Item reproduzieren. Als Hinweisreize, die den Probanden informieren, welches Item zu reproduzieren ist, können u. a. die Itemposition (reproduziere das n-te Item) oder das jeweils vorangegangene Item (reproduziere das Item, welches Item X folgte) eingesetzt werden.“ (Brodenkamp u. Wippich 1977, Bd. II, S. 76)

Komponenten abgespeichert, sondern auch andere Attribute, wie die Art der Artikulation oder der Schrift; und wenn diese Attribute gleichbleiben, so erleichtert dies natürlich die Item-Identifikation. Trotzdem scheint es auch hier modalitätsspezifische Unterschiede zu geben: BURROWS (1972) fand die kürzesten Reaktionszeiten, wenn sowohl Lern-Items als auch Target-Items akustisch waren; optische Präsentation und jeder Wechsel der Sinnesmodalität zwischen Lern- und Target-Item führten zu längeren Reaktionszeiten.

Zusammenfassend könnte man interpretieren: Items werden dann besser wiedererkannt, wenn sie in möglichst vielen Attributen mit der ersten Darbietung übereinstimmen. Hingegen wird das Vigilanzniveau bzw. die Aufmerksamkeitsleistung durch einen Wechsel der Sinnesmodalität offenbar positiv beeinflusst. Für die plausible Vermutung, daß sich dieser positive Einfluß auch auf die Reproduktionsleistung auswirkt, scheinen empirische Belege weitgehend zu fehlen.

6. Folgerungen für die Medienwahl

Zur Tragfähigkeit der Folgerungen

Die folgende Argumentation beruft sich ganz bewußt nicht auf Untersuchungen, in denen bestimmte Medien oder Unterweisungsformen bezüglich ihrer Effektivität verglichen und bewertet werden. Nach LUMSDAINE (1971, S. 248)

„sind Versuche, irgendwelche Unterrichtsmedien oder Methoden rein abstrakt miteinander zu vergleichen, um auf diese Weise eine allgemeingültige Aussage über den Wert dieses Mediums oder dieser Methode zu belegen, ihrer Natur nach zum Scheitern verurteilt, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil z. B. ein guter Film immer besser sein wird als eine schlechte Vorlesung, und umgekehrt. Sinnvolle Experimente müssen deshalb entweder darauf abzielen, die von bestimmten Programmen hervorgerufenen Effekte zu ermitteln, oder sie müssen versuchen, Behauptungen über die Effekte definierbarer und beschreibbarer Programm-Merkmale zu überprüfen.“

Beim ersten der von LUMSDAINE skizzierten Auswege handelt es sich um Evaluationsexperimente, deren Ergebnisse — und seien sie noch so signifikant — keinerlei Aussagen zulassen, welche über die jeweils untersuchten Medienbeispiele hinaus Gültigkeit beanspruchen dürfen. Daher wurde der zweite Weg eingeschlagen. Als Argumentationsbasis wurden Experimente gewählt, in denen die Wirkung verschiedener Reizcharakteristika auf kognitive Prozesse untersucht wird.

Trotzdem ist die Frage, ob im Hinblick auf die Einprägsamkeit dieser „Unterweisungsformen“ optische, akustische oder bimodale Präsentation vorzuziehen sei, geradezu als Scheinfrage zu qualifizieren, denkt man an die methodischen Probleme beim Versuch, „eine“ Nachricht unter den drei genannten Bedingungen zu präsentieren. Präzise beantwortet werden kann die Frage nur mit Einschränkungen auf bestimmte Lernmaterialien und bestimmte ausgeklügelte Versuchssituationen (vgl. 4., Seite 17), nicht aber für konkrete Unterrichtssituationen, weil dort die Variable Sinnesmodalität (bzw. Zahl der „relevanten“ Sinnesmodalitäten) *untrennbar* mit anderen Einflußgrößen konfundiert ist. Für die praktischen Konsequenzen, deren Formulierung trotz allem versucht werden soll, gibt

es zwar einige plausible Argumente, aber es muß klar sein, daß derartigen Aussagen aus theoretischer Sicht nur der Status ungeprüfter und unprüfbarer Hypothesen zukommt und daß diese Aussagen nur Tendenzen betreffen können, die unter bestimmten Bedingungen zum Tragen kommen werden.

Trösten mag in diesem Zusammenhang, daß sich in der Unterrichtsplanung die Frage nach dem „Behaltwert“ von Sinnesgebieten, wenn überhaupt, erst an sehr untergeordneter Stelle erhebt. Die Entscheidung für (bestimmte) Medien muß sich primär an anderen Kriterien orientieren: Sollen beispielsweise (in Anatomie, Geographie etc.) komplexe topografische Verhältnisse gelernt werden, wird eine rein verbal-akustische Präsentation wenig zweckmäßig sein im Vergleich zu Präsentationsformen mit non-verbal optischen Darstellungen — und zwar *unabhängig von etwaigen Behaltwertunterschieden zwischen den Sinnesmodalitäten.*

Optisch versus akustisch

In den weitaus meisten Untersuchungen wurde bei akustischer Präsentation eine bessere Reproduktionsleistung gefunden als bei optischer Präsentation. Spricht dies für eine Bevorzugung akustischer Präsentation im Unterricht?

Außer Zweifel steht, daß der optische Analysator eine dominierende Rolle in der Orientierung des Menschen spielt. Plötzliche Erblindung bedeutet ein größeres Defizit und größere Hilflosigkeit als der Verlust eines jeden anderen „Fernsinnes“. Die dominierende Rolle dokumentiert sich unter anderem in einer vergleichsweise hohen Anzahl von Rezeptorzellen und in einer feinstabgestimmten „Mechanik“, welche es erlaubt, auch weit entfernte und relativ zum Betrachter beschleunigte Objekte zielsicher zu fixieren (relativ zur Netzhaut zu stabilisieren) und abzutasten sowie „Störungen“ des „Objekt“-Sehens (z. B. durch Helligkeitsänderungen) zu minimieren.

Sowohl im optischen als auch im akustischen Bereich sind zentralnervöse Mechanismen zur Analyse von Unterschieden und zur Analyse von Relationskonstanten (Gestaltwahrnehmung) — das eine setzt das jeweils andere voraus — hoch entwickelt. Doch bedeuten die oben genannten (teils neuronalen, teils muskulären) Einrichtungen des Sehapparates einen Vorteil in der „Konkurrenz“ — realiter handelt es sich um ein Zusammenwirken — zwischen optisch und akustisch: Der optische Analysator hat mehr Möglichkeiten zur Aufmerksamkeitssteuerung vom Typ I (vgl. Seite 22 f.). Dadurch, daß ein Objekt mit dem Blick verfolgt, verlassen und in einer scheinbar wenig veränderten Form wieder aufgesucht werden kann, erhält dieses Objekt in der Wahrnehmung einen eher „statischen“ Charakter. Größere Disponibilität und, damit zusammenhängend, statischer Charakter, erlauben *im optischen Bereich eine bessere Anpassung der Auswahlprozesse und des Verarbeitungstempos an die informationale Struktur der Nachricht.*

Auf seiten des akustischen Analysators scheint sich — möglicherweise Hand in Hand mit dem phylogenetischen und dem ontogenetischen Spracherwerb — ein Mechanismus entwickelt zu haben, welcher die Nachteile in der Konkurrenz zwischen optisch und akustisch teilweise kompensiert, also „flüchtige“ akustische Reize weniger flüchtig macht: nämlich ein „Puffergedächtnis“, in welchem die akustisch gebotene Nachricht länger als im optischen Bereich für spätere Analyseschritte bereitsteht.

Zur (teilweisen) Rekonstruierbarkeit von Nachrichten auf Grund ihrer Redundanz tritt also im akustischen Bereich noch eine erhöhte Rekonstruierbarkeit jener Nachrichten(teile), die wenige Sekunden vor Reproduktionsbeginn präsentiert wurden.

Dieser Mechanismus ermöglicht bzw. erleichtert das Nachvollziehen gesprochener Sprache. Und er führt zu einem Reproduktionsvorteil der akustischen Präsentation, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind: Die zu „lernende“ Sequenz muß kurz sein, sonst betrifft die akustische Überlegenheit nur den letzten Sequenzabschnitt. Und — besonders wichtig — die Reproduktion muß der Präsentation unmittelbar folgen.

Diese einschränkenden Bedingungen lassen erkennen, daß das Wissen um die Wirksamkeit des auditiven Pufferspeichers auf mediendidaktische Entscheidungen keinen wesentlichen Einfluß haben wird. Denn als Lehrziel wird meist nicht eine genaue Wiedergabe wenige Sekunden nach der Präsentation festgelegt. Möglichst *nachhaltige* Einprägung wird im Unterricht nicht nur dort angestrebt, wo Regeln mit dem Ziel vermittelt werden, später auf neue Problembereiche angewendet zu werden, sondern auch dort, wo — wie in den meisten Gedächtnisexperimenten — eine hohe Übereinstimmung zwischen „Vorlage“ und „Wiedergabe“ verlangt wird („schablonenhafte“ Wiedergabe wird z. B. gefordert, wenn gelernt werden soll, wie ein „A“ zu schreiben, ein bestimmtes Stenokürzel oder die Wende beim Kraulschwimmen auszuführen ist; wie die Definition des Begriffes X bei einem bestimmten Autor lautet, wie die Melodie und Strophe des Liedes Y oder der Absatz 1 des § 3; wie die Arteria Carotis verläuft oder wo bestimmte Großstädte in Italien liegen, etc.).

Gerade bei längerfristigem Behalten scheint die optische Präsentation der akustischen überlegen zu sein (vgl. Seite 24 f. und JENSEN 1971). Optische Präsentation erleichtert die Reproduktion von Items, die zeitlich weiter zurückliegen (z. B. vor einem Behaltensintervall oder im Anfangs- und Mittelteil einer längeren Lernsequenz). In den Simultanleistungsexperimenten des Verfassers betraf die optische Überlegenheit nicht nur die Anfangspositionen, sondern auch den Mittelteil der Lernsequenzen. Und außerdem ist, wie gesagt, im optischen Bereich die gleichzeitige Präsentation größerer Nachrichtensegmente möglich und damit auch ein größerer Freiraum für eine individuell angepaßte Aufmerksamkeitssteuerung. Dieser letztgenannte Vorteil ist allerdings aus der Sicht des Unterrichtenden nur dann ein solcher, wenn die präsentierte Nachricht keine Details enthält, die im Hinblick auf das Unterrichtsziel irrelevant oder ablenkend sind.

Die in diesem Zusammenhang oft geäußerte Empfehlung, die Zugehörigkeit des Adressaten zu verschiedenen Lerntypen zu berücksichtigen, erscheint beim derzeitigen Wissensstand überflüssig. Für die wichtigste Voraussetzung solcher Typologien, nämlich das pro Person stabile Dominieren eines Sinnesgebietes, konnten bisher keine Hinweise gefunden werden.

Unimodal versus bimodal

Hier läßt sich aus den Ergebnissen eine relativ gut gesicherte und einfache Empfehlung ableiten: Wo dies vom Lehrstoff her möglich ist, ist die bimodale Präsentation der unimodalen vorzuziehen; sie läßt bessere oder zumindest gleichgute Lernergebnisse erwarten. Doch gilt diese Empfehlung nur unter Bedingungen, die nicht allzu sehr von den experimentellen Bedingungen abweichen, auf welchen die Empfehlung basiert:

- a) In der Praxis — z. B. bei einem Tonfilm — werden optische und akustische Nachricht nie wirklich substituierbar sein. *Es muß aber wenigstens eine sehr hohe Transinformation zwischen den beiden Nachrichten bestehen*
- b) *und die zu merkende Nachricht muß Ereignisse betreffen, welche Ereignisse im jeweils anderen Kanal erwartbarer machen.* (Für Ereignisse, zu denen es im anderen Kanal keinerlei Korrelate gibt, resultiert aus „bimodaler“ Präsentation keine Reproduktionssteigerung.)
- c) Auch die Synchronität zwischen den „zusammengehörenden“ optischen und akustischen Nachrichtensegmenten wird in der Praxis kaum je realisiert sein. (Hier ist natürlich nicht die Lippensynchronität bei Film- oder Video-Produktionen gemeint, sondern beispielsweise das zeitliche Zusammenfallen eines gesprochenen Kommentares mit den entsprechenden optischen Nachrichtensegmenten.) Bedingung ist jedoch, daß die einander entsprechenden Segmente sich zeitlich überlappen oder wenigstens zeitlich eng benachbart sind. Fallen die einander „entsprechenden“ optischen und akustischen Inhalte nicht in die Gegenwartsdauer — nach RIEDEL (1967) erstreckt sich diese über maximal 10 sec —, so kann die Redundanz zwischen den Kanälen nur durch eine aktive Gedächtnisleistung ausgenutzt werden, was die Auffassung des aktuellen Inputs vermutlich beeinträchtigt.

In der Diskussion um den Wert „audiovisueller“ Präsentation wird oft die Frage gestellt, ob das Ansprechen mehrerer Sinnesgebiete auch dann Vorteile (für die Konzentration und die Einprägung) bringe, wenn die verschiedenen Kanäle nicht gleichzeitig (bimodal), sondern abwechselnd angesprochen werden. Befunde der Aktivierungsforschung sprechen eher für eine Bejahung dieser Frage; doch sind dem Verfasser keine Untersuchungen bekannt, welche einen (mehrmaligen) Wechsel der Präsentation von einer Sinnesmodalität zur anderen als reproduktionsfördernd erweisen.

7. Literatur

- ADAMS, J. A. / THORSHEIM, H. I. / MCINTYRE, J. A.: Item length, acoustic similarity and natural language mediation as variables in short-term memory. *J. of Exp. Psychol.*, 1969, 80, S. 39—46
- ALLEN, W. H.: Medium stimulus and types of learning. *Audiovisual Instruction*, 1967, 12, S. 27—31
- ARENBERG, D.: The effects of input condition on free recall in young and old adults. *J. of Gerontology*, 1976, 31 (5), S. 551—555
- ATTNEAVE, F.: Some informational aspects of visual perception. *Psychol. Rev.*, 1954, 61, S. 183 bis 193
- AUSUBEL, D. P.: *The psychology of meaningful verbal learning*. Grune & Stratton, New York 1963
- BAGGETT, P.: Structurally equivalent stories in movie and text and the effect of the medium in recall. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1979, 18, S. 333—356
- BARTLETT, F. C.: *Remembering*. Cambridge University Press, 1932
- BLAKAR, R. M. / ROMMETVEIT, R.: Utterances in vacuo and in contexts: An experimental and theoretical exploration of some interrelationships between what is heard and what is seen or imagined. *Int. J. of Psycholinguistics*, 1975, 4, S. 5—32
- BLEY, R.: Informationsverarbeitung in Identifikationsexperimenten. Über die Kanalkapazitäts-hypothese von G. A. Miller. *Psychologische Beiträge*, 1978, 20, S. 509—524
- BOSSHARDT, H. G.: The influence of visual and auditory images in the recall of items of visual and auditory presentation mode. *Psychol. Res.*, 1975, 37 (3), S. 211—227
- BREDENRAMP, J. / WIPICHI, W.: *Lern- und Gedächtnispsychologie*. Kohlhammer 1977, Bd. II
- BREKLE, H. E.: *Semantik*. Wilhelm Fink Verlag, München 1972 (2. Auflage)
- BRETZ, R.: *Taxonomy of communication media*. Englewood Cliffs 1971
- BURROWS, D.: Modality effects in retrieval of information from short-term memory. *Perception & Psychophysics*, 1972, 11, S. 365—372
- BUTOLLO, W.: *Subjektive und objektive Ähnlichkeit im verbalen Lernen*. Phil. Diss. Wien, Verlag Notring, Wien 1968
- CAMPBELL, K. B. / COURCHESNE, E. / PICTON, T. W. / SQUIRES, K. C.: Evoked potential correlates of human information processing. *Biological Psychology*, 1979, 8, S. 45—68
- CHU, M. T. / CHASE, W. G.: Effects of modality and similarity on context recall. *J. of Exp. Psychol.*, 1972, 96, S. 219—222
- CICCONE, D. C. / BRELSFORD, J. W.: Encoding specificity: The processing of stimulus attributes. *J. of Exp. Psychol.*, 1975, 104, S. 60—64
- COOLEY, R. K. / McNULTY, J. A.: Recall of individual CCC trigrams over short intervals of time as a function of mode of presentation. *Psychonomic Sci.*, 1967, 9, S. 543—544
- CORBALLIS, M. C.: Rehearsal and decay in immediate recall of visually and aurally presented items. *Canadian J. of Psychology*, 1966, 20, S. 43—51
- CRAIK, F. I. M. / LOCKHART, R. S.: Levels of processing: A framework for memory research. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, 11, S. 671—684
- CROWDER, R. G. / MORTON, J.: Precategorical acoustic storage (PAS). *Perception & Psychophysics*, 1969, 5, S. 365—373
- CURR VON, F.: *Kybernetische Grundlagen des Lernens und Lehrens*. Stuttgart 1965

- DALE, E.: Audio-visual methods in teaching. New York 1954
- DEUTSCH, J. A. / DEUTSCH, D.: Attention: Some theoretical considerations. *Psychol. Rev.*, 1963, 70, S. 80—90. Zitiert aus Haber, R. N. (Hg.), *Information-processing approaches to visual perception*. Holt, Rinehart u. Winston, 1969, S. 395
- DORNBUST, R. L.: Stimulus information and stimulus interference in bisensory short-term memory. *Perception & Psychophysics*, 1969, 5, S. 303—304
- EDLING, J. V.: Media technology and learning processes. In: Loughary, J. W. (Ed.), *Man machines systems in education*. New York 1966, S. 31—44
- ELMES, D. G.: Isolation of items and the stimulus suffix effect. *Memory & Cognition*, 1974, 2 (2), S. 345—348
- ERTL, J.: Evoked potentials and intelligence. *Revue de l'université d'Ottawa*, 1966, 36, S. 599—607
- EVANS, R. A.: Use of associative clustering technique in the study of reading disability: Effects of presentation mode. *American J. of Mental Deficiency*, 1970, 74 (6), S. 765—770
- FEIGL, H.: 'The „mental“ and the „physical“'. In: *Minnesota studies in the philosophy of science*, Minneapolis, 2, 1958
- FENK, A.: Zum Einfluß von Sinnesmodalität und Informationsgehalt von Zeichen auf den Ablauf kognitiver Prozesse. *Ber. ü. d. 30. Kongr. d. DGfP., Verl. f. Psychol., Hogrefe*, 1977 a, Bd. 1, S. 114—116
- FENK, A.: Eine Untersuchung zur Frage der Lern- und Auffassungstypen. In: *Melczinck A. (Hg.), Schriftenreihe Ingenieurpädagogik, Bd. 8, Verl. Joh. Heyn, Klagenfurt* 1977 b
- FENK, A.: Langsame Hirnpotentiale bei verschiedenen strukturierten Aufgaben. *Zeitschrift für Psychologie*, 1978, 186, S. 89—112
- FENK, A.: Positionseffekte und Reihenfolge der Wiedergabe bei optisch und akustisch gebotenen Wortketten. *Archiv für Psychologie*, 1979, 132, S. 1—13
- FENK, A.: Temporale Struktur und Sinnesmodalität von Nachrichten als Determinanten der Gedächtnisorganisation. *Psychologische Beiträge*, 1980, 22 (3)
- FENK, A. / FENK, G.: Konstanz im Kurzzeitgedächtnis — Konstanz im sprachlichen Informationsfluß? *Ztschr. f. exp. u. angew. Psychol.*, 1980, 27, S. 400—414
- FINCHILESCU, G.: Implications of the split-span-experiment for Broadbent's and Moray's theories of selective listening. *South African J. of Psychology*, 1975, 5, S. 49—55
- FLADE, A. / WENDER, K. F.: Der Einfluß der Darbietungsmodalität auf das kurzfristige Behalten. *Psychol. Res.*, 1974, 37, S. 125—142
- FRANK, G. H.: *Kybernetische Grundlagen der Pädagogik*. W. Kohlhammer, Urban Taschenbücher 137, Stuttgart 1971
- FRANKEL, F. / AMES, S. G.: Effects of temporal grouping on multi-trial free recall. *Psychological Reports*, 1976, 38 (3), S. 827—833
- FREUNDL, P. C. / SENE, G. M.: Effect of stimulus rate, material, and storage instructions on recall of bisensory items: Storage or retrieval effects? *J. of Exp. Psychol.*, 1972, 96 (2), S. 338—344
- GABASSI, P. G.: Direction of presentation of elements as a means of producing the isolation effects. *Giornale Italiano di Psicologia*, 1976, 3 (1), S. 127—131
- GAGNÉ, R. M.: *The conditions of learning*. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1965
- GERARD, R. W.: The material basis of memory. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1963, 2, S. 22—33

- GERJUOY, I. R. / WINTERS, J. J. JR.: Subjective organization by EMR adolescents in free recall: Bimodal presentation. *American J. of Mental Deficiency*, 1970, 74 (4), S. 509—516
- GESCHWIND, N.: Language and the Brain, 1972. In: Recent progress in perception. Scientific American, San Francisco, 1976, S. 239—245
- GIANTSOS, R.: Free recall of grouped words. Dissertation. New York University, 1970
- GIBSON, J. J.: Die Sinne und der Prozeß der Wahrnehmung. Huber, Bern 1973. (Original: The senses considered as perceptual systems, Houghton Mifflin Comp., Boston 1966)
- GIPPER, H.: Gibt es ein sprachliches Relativitätsprinzip? Frankfurt 1972
- GLANZER, M.: Short-term storage and long-term storage in recall. *J. psychiat. Res.*, 1971, 8, S. 423—438
- GLANZER, M. / CUNYFZ, A. R.: Two storage mechanism in free recall. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1966, 5, S. 351—360
- GOLDRING, S. / CALFEE, R.: Presentation and test modality effects in recognition memory. *Psychonomic Bull.*, 1967, 1, S. 15
- GRANT, K. W. / McCORMACK, P. D.: Auditory and visual short-term memory with successive syllable presentation in both modalities. *Psychonomic Sci.*, 1969, 17, S. 341—342
- GRUBER, A.: Sensory alternation and performance in a vigilance task. *Human Factors*, 1964, 6, S. 3—13
- HALLE, M. / STEVENS, K. N.: Analysis by synthesis. In: Wachen-Dunn (Hg.), Proceedings of the seminar on speech compression and processing. Cambridge, Mass. 1959
- HEIDT, E. U. / SCHWITTMANN, D.: Medientaxonomien: Ein kritischer Überblick. In: Issing/Knigge-Illner (Hg.), Unterrichtsmethodologie und Mediendidaktik, Beltz-Verlag, Weinheim u. Basel 1976, S. 123—140
- HEMPEL, C. G. / OPPENHEIM, P.: The logic of explanation. In: *Philosophy of Science*, 15, 1948
- HINTZMAN, D. L. / BLOCK, R. A. / INSKEEP, N. R.: Memory for mode of inputs. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, 11 (6), S. 741—749
- HINTZMAN, D. L. / BLOCK, R. A. / SUMMERS, J. J.: Modality lags and memory for repetition: Locus of the spacing effect. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1973, 12 (3), S. 229—238
- HIRSCH, H. V. B. / SPINELLI, D. N.: Visual experience modifies distribution of horizontally and vertically oriented receptive fields in cats. *Science*, 1970, 168, S. 869—871
- HÖRMANN, H.: Psychologie der Sprache. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg/New York 1977 (zweite, überarbeitete Auflage)
- HORN, G.: The question of variation in transmission in the visual pathway as a result of attention to an auditory or a visual stimulus. In: Galun, R., et al. (Hg.), Sensory physiology and behavior, Plenum Press, New York 1975, S. 25—40
- HOROWITZ, A. B.: Effect of stimulus presentation modes on children's recall and clustering. *Psychonomic Science*, 1969, 14 (6), S. 297—298
- HOVING, K. L. / KONICK, D. S. / WALLACE, J.: Memory storage and retrieval within and across modalities in children. *J. of Exp. Child psychol.*, 1975, 19 (3), S. 440—447
- HOWES, D. / SOLOMON, R. J.: Visual duration threshold as a function of word-probability. *J. of Exp. Psychol.*, 1951, 41, S. 401—410
- ISSING, L. J. / ROTH, H.: Ein- und zweikanalige Informationsdarbietung im Schulfernsehen. *Programmiertes Lernen*, 2/1969, Cornelsen, Berlin, S. 76—81

- JENSEN, A. R.: Individual differences in visual and auditory memory. *J. of Educational Psychology*, 1971, 62 (2), S. 123—131
- JOHANSSON, B. S. / LINDBERG, L. G. / SVENSSON, M.: Effects of encoding strategy, presentation modality, and scoring method on STM with the Peterson and Peterson technique. *Memory & Cognition*, 1974, 2 (4), S. 656—662
- JOHN, E. R. / SHIMOKUCHI, M. / BARTLETT, F.: Neural readout from memory during generalization. *Science*, 1969, 164, S. 1519—1521
- JOHN, E. R.: Neural correlates of learning and memory. In: Karczmar, A. G., Eccles, J. C. (Hg.), *Brain and human behavior*, Springer-Verlag Berlin/Heidelberg/New York 1972
- JÖRG, S.: Aspekte der Aufmerksamkeit. *Fernsehen und Bildung*, 1977, 1/2, S. 7—25
- JÜTTNER, C.: Gedächtnis: Komponenten, Codes, Strukturen und Prozesse. *Psychol. Beiträge*, 1978, 20, S. 158—178
- KAHNEMANN, D.: *Attention and effort*. Prentice Hall, New York 1973
- KAHNEMANN, D.: Effort, recognition and recall in auditory attention. In: Rabbitt, P. M. A., Dornic, S. (Hg.), *Attention and Performance V*, Academic Press, London/New York/San Francisco 1975
- KAPPEL, S. / BARFORD, M. / BURNS, V. D.: Effects of vocalization on short-term memory for words. *J. of Exp. Psychol.*, 1973, 101 (2), S. 314—317
- KEILER, P. / SCHURIG, V.: Einige Grundlagenprobleme der Naturgeschichte des Lernens I. *Zeitschrift für Psychologie*, 1978, 186, S. 113—141
- KIRSNER, K.: Modality differences in recognition memory for words and their attributes. *J. of Exp. Psychol.*, 1974, 102 (4), S. 579—584
- KIRSNER, K. / SMITH, M. C.: Modality effects in word identification. *Memory & Cognition*, 1974, 2, S. 637—640
- KLIX, F.: *Information und Verhalten*. Huber, Bern/Stuttgart/Wien 1971
- KLIX, F.: Strukturelle und funktionelle Komponenten des Gedächtnisses. In: Klix, F., Sydow, H. (Hg.), *Zur Psychologie des Gedächtnisses*. Huber, Lizenzausgabe d. VEB, Berlin 1977
- KNIGGE-ILLNER, H.: Unterrichtstechnologie und emanzipatorische Mediendidaktik — Gegensätze oder integrierbare Ansätze? In: Issing, L. J., Knigge-Illner, H. (Hg.), *Unterrichtstechnologie und Mediendidaktik*. Beltz, Weinheim/Basel 1976
- KÖHLER, O.: Vom unbenannten Denken. *Verhandlungen d. dt. Zoolog. Ges.*, 1952, 16, S. 202—211
- KROLL, N. E. A. / PARKINSON, S. R. / PARKS, T. E.: Sensory and active storage of compound visual and auditory stimuli. *J. of Exp. Psychol.*, 1972, 95, S. 32—38
- KULKIES, K. / v. BRACHT, C.: *Morgen wissen wir mehr*. Econ-Verlag, Düsseldorf/Wien 1967
- LAUGHERY, K. R. / FELL, J. C.: Subject preferences and the nature of information stored in short-term memory. *J. of Exp. Psychol.*, 1969, 82 (2), S. 193—197
- LAUGHERY, K. R. / PINKUS, A. L.: Short-term memory: effects of acoustic similarity, presentation rate and presentation mode. *Psychonomic Sci.*, 1966, 6, S. 285—286
- LIGHT, L. L. / SPASSURRY, C. / RUDIS, C.: Memory for modality of presentation: Within-modality discrimination. *Memory & Cognition*, 1973, 1 (3), S. 395—400
- LONG, J.: Division of attention between simultaneous and successive nonverbal signals varying in discriminability. *Quarterly J. of Exp. Psychol.*, 1977, 29 (1), S. 7—30
- LUMSDAINE, A. A.: Über die Einschätzung der Effektivität von Unterrichtsprogrammen. In: Glaser, R. (Hg.), *Programmiertes Lernen und Unterrichtstechnologie*. Cornelsen-Velhagen & Klasing, Berlin 1971, S. 245—293

- MACKWORTH, J. F.: The relation between the visual image and post-perceptual immediate memory. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1959, 2, S. 75—85
- MACKWORTH, J. F.: The effect of display time upon the recall of digits. *Canadian J. of Psychol.*, 1962, 16, S. 48—54
- MADIGAN, S.: Representational storage in picture memory. *Bull. of the Psychonomic Society*, 1974, 4 (6), S. 567—568
- MAKIN, M. / JONES, G. V.: Modality dependency of loss of recency in free recall. *Psychol. Res.*, 1979, 40, S. 273—289
- MASSARO, D. W.: *Experimental Psychology and Information Processing*. Rand McNally College Publishing Company, Chicago 1975
- MCCONKEY, R. / GREEN, J. M.: Presentation method and the free recall performance of retarded adults. *American J. of Mental Deficiency*, 1973, 78 (1), S. 95—97
- MELEZINEK, A.: *Ingenieurpädagogik*. Springer-Verlag, Wien/New York 1977
- MENNE, J. M. / MENNE, J. W.: The relative efficiency of bimodal presentation as an aid of learning. *AV-Communication Review*, 1972, 20 (2), S. 170—180
- MICHON, J. A.: Temporal structure of lettergroups and span of perception. *Quarterly J. of Exp. Psychol.*, 1964, 16, S. 232—240
- MIKHREEV, V. F.: The effect of heredity on individual differences in some memory processes. *Voprosy Psikhologii*, 1972, 18 (4), 61—67
- MILAN, W.: *Arbeiten mit dem Tageslichtprojektor — Methodik und Anwendung. Ein neuer Weg zum erfolgreichen Vortrag*. Verl. Milan, Wien 1969
- MILLER, G. A. / BRUNER, J. S. / POSTMAN, L.: Familiarity of letter sequences and tachistoscopic identification. *J. of General Psychol.*, 1954, 50, S. 129—139
- MORAY, N.: *Attention. Selective processes in hearing and vision*. Hutchinson Educational LTD, London 1969
- MURDOCK, B. B. JR.: Auditory and visual stores in short term memory. *Acta Psychologica*, 1967, 27, S. 316—324
- MURDOCK, B. B. / CAREY, S. T.: Release from interference in single-trial free recall. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, 11 (3), S. 398—402
- MURDOCK, B. B. JR. / WALKER, K. D.: Modality effects in free recall. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1969, 8, S. 665—676
- NÄÄTÄNEN, R.: Selective attention and evoked potentials. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Helsinki* 1967, 151, S. 1—226
- NÄÄTÄNEN, R.: Selective attention and evoked potentials in humans — a critical review. *Biological Psychol.* 1975, 2, S. 237—307
- NEUBAUER, W.: *Lehreffeekte verschiedener Methoden audiovisueller Darbietung. AV-Forschung*, 1974, 11, S. 35—146
- NORMAN, D. A.: *Memory and attention*. Wiley, New York 1969
- PAIVIO, A. / ROGERS, T. B. / SMYTHE, P. C.: Why are pictures easier to recall than words? *Psychonomic Sci.*, 1968, 11, S. 137—138
- PAIVIO, A. / YUILLE, J. C. / ROGERS, T. B.: Noun imagery and meaningfulness in free and serial recall. *J. of Exp. Psychol.*, 1969, 79 (3), S. 509—514
- PAIVIO, A. / CSAPO, K.: Picture superiority in free recall: Imagery or dual coding? *Cognitive Psychology*, 1973, 5, S. 176—206

- PAIVIO, A.: Spacing of repetitions in the incidental and intentional free recall of pictures and words. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1974, 13, S. 497—511
- PARKINSON, S. R.: Short-term memory while shadowing: Multiple item recall of visually and aurally presented letters. *J. of Exp. Psychol.*, 1972, 92, S. 256—265
- PEIRCE, C. S.: *Collected papers*, II. Cambridge, Mass. 1932
- PENNEY, C. G.: Modality effects in short-term verbal memory. *Psychol. Bull.*, 1975, 82, S. 68—84
- PIAGET, J.: *Psychologie der Intelligenz*. Rascher Verlag, Zürich/Stuttgart 1970 (4. Aufl.)
- PICKENHAIN, L.: *Grundriß der Physiologie der höheren Nerventätigkeit*. Volk und Gesundheit, Berlin 1959
- POLÁK, V.: Empirische Untersuchungen zur Entwicklung einiger Informationsmodelle für die Bestimmung des Informationsgehaltes von Superzeichen. In: Lansky, M., Polák, V., (Hg.), *Studien zur Superierung durch Komplexbildung*. Paderborner Forschungsberichte, Bd. 7, 1977
- POPPER, K. R. / ECCLES, J. C.: *The self and its brain*. Springer International, 1977
- PORT, K.: Der Einprägungswert der Wahrnehmungsgebiete. *Arch. ges. Psychol.*, 1931, 82, S. 1—104
- PROHOVNIK, I.: Cerebral lateralization of psychological processes: a literature review. *Archiv für Psychologie*, 1978, 130, S. 161—211
- RESTLE, F.: Critique of pure memory. In: Solso, R. L. (Ed.), *Theories in cognitive psychology: The Loyola Symposium*, L. Erlbaum Ass., Potomac 1974, S. 203—217
- REYNOLDS, D.: Effects of double stimulation: Temporary inhibition of response. *Psychol. Bull.*, 1964, 62, S. 333—347
- RIEDEL, H.: *Psychostruktur*. Verl. Schnelle, Quidhorn 1967
- ROHRACHER, H.: *Einführung in die Psychologie*. Huber, Wien 1963 (8. Aufl.)
- ROHRACHER, H.: *Die Arbeitsweise des Gehirns und die psychischen Vorgänge*. J. A. Barth, München 1967
- RÖSLER, F.: Evozierte Hirnrindspotentiale und Informationsverarbeitungsprozesse. *Ber. ü. d. 30. Kongreß d. DGfP, Verlag f. Psychol., Hogrefe*, 1977, Bd. 1, S. 339—350
- RÜTZEL, E.: Bayessches Hypothesentesten und warum die Bayesianer Bias-ianer heißen sollten. *Archiv für Psychologie*, 1979, 131, S. 211—232
- SACHS, J. S.: Recognition memory for syntactic and semantic aspects of connected discourse. *Perception & Psychophysics*, 1967, 2, S. 437—442
- SAJKO, M.: Relative und absolute Audiovisualisierung beim Bildungsprozeß. Vorlesung, gehalten im Wintersem. 1974/75 an der UBW Klagenfurt
- SANDERS, A. F.: Some remarks on short-term memory. In: Hg. Rabbit, P. M. A., Dornic, S., *Attention and Performance V*. Academic Press, London/New York/San Francisco 1975, S. 241 bis 268
- SCARBOROUGH, D. L.: Stimulus modality effects of forgetting in short-term memory. *J. of Exp. Psychol.*, 1972, 95 (2), S. 285—289
- SCHULTER, G.: Functional aspects of information processing in human memory. *Psychol. Res.*, 1975, 38, S. 23—36
- SHIFFRIN, R. M.: The locus and role of attention in memory systems. In: Rabbit, P. M. A., Dornic, S. (Ed.), *Attention and performance V*, Academic Press, London/New York/San Francisco 1975, S. 168—193
- SINZ, R.: Neurophysiologische und biochemische Grundlagen des Gedächtnisses. In: Klix, F., Sydow, H. (Hg.), *Zur Psychologie des Gedächtnisses*. VEB, Berlin 1977

- SOMMER, H.: Experimente zum sogenannten Kurzzeit-Gedächtnis. Unveröff. Diss., Univ. Wien 1968
- SPELTING, G.: A model for visual memory tasks. *Human Factors*, 1963, 5, S. 19—31
- SPELTING, G.: Successive approximations to a model for short-term memory. *Acta Psychologica*, 1967, 27, S. 285—297
- SPONG, P. / HAIDER, M. / LINDSLEY, D. B.: Selective attentiveness and cortical evoked responses to visual and auditory stimuli. *Science*, 1965, 148, S. 395—397
- STEPHENSON, R. / DEBRIJ, J.: *The cinema as art*. Penguin Books, Baltimore 1969
- STOTZ, G.: Von medienvergleichender zu medienspezifischer Wirkungsforschung. In: Melezinek, (Hg.), Reihe: Unterrichtstechnologie / Mediendidaktik. Leuchtturm-Verlag, Konstanz 1978
- TOSTI, D. T. / BALL, J. R.: A behavioral approach to instructional design and media selection. *AV Communication Review*, 1969, 17, S. 5—25
- TULVING, E.: Episodic and semantic memory. In: Tulving, E. / Donaldson, W. (Ed.), *Organization of memory*. Academic Press, 1972, S. 381—403
- TVERSKY, B.: Pictorial and verbal encoding in a short term memory task. *Perception & Psychophysics*, 1969, 6 (4), S. 225—233
- VESTER, F.: *Denken, Lernen, Vergessen*. Deutsche Verlagsanstalt GmbH, Stuttgart 1975
- WALTER, W. G. / COOPER, R. / ALDRIDGE, V. J. / MCCALLUM, W. G. / WINTER, A. L.: Contingent negative variation: an electric sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 1964, 203, S. 380—384
- WARRINGTON, E. K. / LOGUE, V. / PRATT, R. T. C.: The anatomical localisation of selective impairment of auditory verbal short-term memory. *Neuropsychologia*, 1971, 9, S. 377—378
- WASSERMANN, H. M. / TEDFORD, W. H.: Recall of temporally compressed auditory and visual information. *Psychological Reports*, 1973, 32 (2), S. 499—502
- WATZLAWICK, P. / BEAVIN, J. H. / JACKSON, D. D.: *Menschliche Kommunikation*. Huber, Bern 1969 (zit. aus 4. Aufl. 1974)
- WAUGH, N. C. / NORMAN, D. A.: Primary memory. *Psychol. Rev.* 1965, 72, S. 89—104
- WEINRICH, L.: Psychophysiologische Untersuchungen zur selektiven Aufmerksamkeit des Menschen. *Zeitschrift für Psychologie*, 1979, 1, S. 28—66
- WEIZSÄCKER, C. F. v.: Sprache als Information. In: *Die Sprache*. Vortragsreihe der Bayerischen Akademie der Schönen Künste. Darmstadt 1959, S. 33—53
- WELLS, J. E. / KIRSNER, K.: Repetition between and within modalities in free recall. *Bull. of the Psychonomic Society*, 1974, 2, S. 395—397
- ZAHORSKY, T.: Short-term memory in children as a specific function of different sensory modalities. *Psychologia & Patopsychologia Dietata*, 1969, 4 (1), S. 37—61