

PSYCHO- LOGISCHE BEITRÄGE

Sonderdruck

Vierteljahresschrift für alle
Gebiete der Psychologie
Organ der Deutschen
Gesellschaft für Psychologie

Band 22, Heft 3
3. Vierteljahr 1980

HERAUSGEGEBEN VON

Günther Bäumler, München
Helmut von Bracken, Marburg
Ferdinand Merz, Marburg
Heinz Schmidtke, München
Wilhelm Witte, Regensburg

Unter ständiger Mitarbeit von

Wilhelm Arnold, Würzburg
Rudolf Bergius, Tübingen
Heinrich Düker, Marburg
Heinz Heckhausen, Bochum
Edwin Rausch, Frankfurt a. M.
Hans W. Wendt, St. Paul, Minn., USA



VERLAG ANTON HAIN MEISENHEIM/GLAN

Temporale Struktur und Sinnesmodalität von Nachrichten als Determinanten der Gedächtnisorganisation

VON AUGUST FENK, Klagenfurt

Zusammenfassung, Summary, Résumé

Um mögliche Einflüsse der zeitlichen Struktur und der Sinnesmodalität von Wortketten auf Prozesse kognitiver Organisation voneinander zu isolieren, wurden 2 Experimente (Exp. 1 u. 2) mit freier Wiedergabe durchgeführt und mit Teilergebnissen einer früheren Untersuchung (= „Exp. 3“) am selben Wortmaterial (Fenk, 1979) verglichen. Eine geschriebene und eine andere, gesprochene Wortkette wurden unter folgenden Bedingungen simultan geboten: Sukzessive Präsentation der optischen Items sowie Rotation der Item-Reihenfolge (Exp. 1), dasselbe ohne Rotation (Exp. 2), gleichzeitige Präsentation aller optischen Items (Exp. 3).

Unter allen Bedingungen verstärkte die optische Darbietung den Primacy-Effekt und die akustische den Recency-Effekt. Die Sukzessiv-Präsentation der optischen Items im Rhythmus der gesprochenen Wörter (Exp. 1 u. 2) führte zu ähnlichen Ergebnissen in beiden Sinnesmodalitäten: Abnahme der durchschnittlichen Reproduktions-scores; Lokalisation der Output-Priorität am Sequenzende; die Korrelation zwischen Reproduktionsfrequenz und Output-Priorität war bei der Berechnung für die Positionen positiv und bei der Berechnung für die einzelnen Items negativ; auf Items mit höherem Informationsgehalt entfielen hohe Output-Priorität und niedrige Wiedergabe-Häufigkeit; sequentielle Assoziationen innerhalb eines Kanals waren seltener als Assoziationen zwischen simultan gebotenen Items aus verschiedenen Kanälen.

Selektive Prozesse der Aktivierung, der Aufmerksamkeit und des Retrievals aus Speichern unterschiedlicher Kapazität werden als Determinanten der Gedächtnis-Organisation visuell und auditiv aufgefaßten Materials diskutiert.

Temporal structure and sense-modality of a message determining memory organization

Two Experiments (Exp. 1 and 2) were carried out, and their results were compared with those of a former study („Exp. 3“), using the same verbal material (FENK 1979), in order to separate possible influences of temporal structure and sense-modality of word-strings on organizational processes in immediate free recall. A written and another spoken wordstring were presented simultaneously under different conditions: Successive presentation of the visual items and rotation of input-order (Exp. 1), same without rotation (Exp. 2), presentation of the whole visual message at once (Exp. 3).

Under all of these conditions primacy-effect was stronger in visual and recency-effect in auditory presentation. Presenting visual items successively and in the rhythm

of the spoken words (Exp. 1 and 2) produced similar results in both sense-modalities: Decrease of average recall; localisation of output-priority at the end of the item-list; correlation between recall-frequency and output-priority was positive with respect to list-positions and negative with respect to certain words; items of high information-content obtained high output-priority and low recall-frequency; sequential associations within any channel were rare compared to associations between simultaneously presented items of different channels.

Memory-organization of auditorily and visually presented material is discussed in terms of selective processes in activation, attention and retrieval from stores of different capacity.

Structure temporelle et modalité sensorielle en tant que déterminants de l'organisation de la mémoire

Pour isoler entre elles les influences éventuelles de la structure temporelle et de la modalité sensorielle de chaînes de mots sur les processus d'organisation cognitive on a procédé à deux expériences (Exp. 1 et 2) avec restitution libre et comparé avec les résultats partiels d'une expérience antérieure («Exp. 3») sur le même matériel linguistique (FENK 1979). Une chaîne de mots écrits et une autre chaîne de mots oraux ont été simultanément proposées dans les conditions suivantes: Présentation successive des items optiques et rotation de l'ordre de succession des items (Exp. 1), la même chose sans rotation (Exp. 2), présentation simultanée de tous les items optiques (Exp. 3).

Dans tous les cas, la présentation optique a renforcé l'effet primacy et l'acoustique l'effet recency. La présentation successive des items optiques au rythme de la prononciation des mots (Exp. 1 et 2) a donné des résultats analogues dans les deux modalités sensorielles: Baisse des scores de reproduction moyens; localisation de la priorité des out-put à la fin de la séquence; la corrélation entre la fréquence de reproduction et la priorité des out-put s'est révélée positive pour la calcul des positions et négative pour le calcul des items pris un à un; les items de contenu informatif élevé ont obtenu une priorité d'out-put élevée et une fréquence de reproduction basse; des associations séquentielles à l'intérieur d'un canal ont été moins fréquentes que les associations entre items venant de canaux différents et proposés simultanément.

Des processus sélectifs d'activation, d'attention et de retrieval venant d'emmagasineurs de capacités différentes sont discutés comme étant les déterminants de l'organisation de la mémoire de matériel saisi visuellement et auditivement.

Einleitung

Die vielleicht wichtigsten Argumente für eine Gliederung unserer Informationsverarbeitung in verschiedene Phasen oder in Komponenten — z. B. Kurz- und Langzeitspeicher — stammen aus Befunden über die serielle Positionskurve (GLANZER 1971). Daß bei freier Reproduktion unmittelbar nach Ende der Präsentation die zuletzt gebotenen Items häufiger wiedergegeben werden als die mittleren (= Recency-Effekt), wird meist

damit erklärt, „daß sich die letzten Items einer Liste zu Beginn der Reproduktionsphase mit größerer Wahrscheinlichkeit im Kurzzeitgedächtnis befinden und daß der Beobachter die Reproduktion im Kurzzeitgedächtnis beginnt“ (FLADE u. WENDER 1974, S. 128). Eine Reihe von Autoren berichtet übereinstimmend, daß der Recency-Effekt bei akustischer Präsentation stärker ausgeprägt ist als bei optischer (= Modalitäts-Effekt), und führt dies auf die Existenz getrennter sensorischer Speicher mit unterschiedlicher Kapazität zurück (z. B. CROWDER u. MORTON 1969).

In früheren Experimenten des Verfassers (FENK 1979) wurden die optischen Items geblockt (= zeitgleich) geboten. Dabei zeigten sich neben dem Modalitätseffekt noch weitere Unterschiede zwischen den Sinnesmodalitäten: Bei den optischen Items entfielen – im Gegensatz zu den akustischen – die höchste Reproduktionsfrequenz, die höchste Output-priorität und die stärkste Tendenz zur seriellen Gruppierung auf die Anfangspositionen. Außerdem waren im visuellen Bereich nicht nur die seriellen Gruppierungen größer als im auditiven Bereich; auch das über alle Positionen gemittelte Reproduktionsniveau lag bei der optischen Nachricht höher als bei der akustischen, wenn die beiden unterschiedlichen Nachrichten simultan aufgefaßt werden sollten.

Nun sind derartige Resultate aber nicht zwingend auf die Variable „Sinnesmodalität“ und auf Kapazitätsunterschiede zwischen sensorischen Speichern rückführbar; die gefundenen Unterschiede könnten (teilweise) auch aus einer „modalitätstypischen“ temporalen Struktur der Nachricht und einer dieser Struktur angepaßten Aufmerksamkeitssteuerung herühren. Modalitätstypisch ist die zeitliche Struktur insofern, als eine geblockte Präsentation aller Items praktisch nur optisch, eine konsequent sukzessive Präsentation dagegen nur akustisch möglich ist, wenn eine Perzeption der gebotenen Superzeichen gewährleistet sein soll.

Optische Präsentation sprachlicher Nachrichten erlaubt einer primären Komponente der Aufmerksamkeitssteuerung, nämlich der *Selektion des auf den Rezeptoren auftreffenden Reizeinputs* (kurz „Aufm. I“) durch motorische Aktivität (z. B. Augenbewegungen), einen größeren Freiraum als die akustische Präsentation. Der Grund dafür, daß bei optischer im Gegensatz zu akustischer Präsentation die höchste Reproduktionsleistung nicht im Endteil, sondern im Anfangsteil der Lernsequenz lokalisiert wurde, könnte also darin liegen, daß diesen Positionen extensiver Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Andere Komponenten der Aufmerksamkeit, welche im Sinne des Modells von BROADBENT (1957, 1958) eine *Selektion aus bereits intern* (im Nervensystem, in Pufferspeichern) *präsenster Information* („Aufm. II“) zur Weiterverarbeitung treffen, müssen aber auch dann im Spiel sein, wenn die modalitätsspezifischen Unterschiede aus einem auditiven, in seiner Kapazität dem visuellen überlegenen Vorspeicher herühren; nur so kann dieses Mehr an Information des auditiven Puffers auch tatsächlich in das Kurz- bzw. „Arbeits“-Gedächtnis aufgenommen werden.

Zwei Fragestellungen liegen der vorliegenden Arbeit zugrunde: Erstens soll sie klären, ob bisher gefundene Gegensätze zwischen optisch und akustisch direkt auf die Variable „Sinnesmodalität“ zurückzuführen sind, oder ob die unterschiedliche temporale Struktur von optischer und akustischer Lernreihe dabei eine entscheidende Rolle spielte.

Zu diesem Zweck wurde die temporale Struktur der optischen Lernreihe jener der akustischen Reihe angenähert, indem auch die optischen Items sukzessive (Wort für Wort) geboten wurden. Durch Sukzessiv-Präsentation wird der Freiraum für Aufm. I auch im optischen Bereich eingeengt. (In dem Ausmaß, in dem sich die Unterschiede zwischen der Reproduktion von optischen und der Reproduktion von akustischen Wortketten dadurch verringern, daß auch die optische Kette Glied für Glied präsentiert wird, in dem Ausmaß ist für diese Unterschiede die Sinnesmodalität nicht direkt verantwortlich, sondern nur *indirekt* – über die zeitliche Struktur der Präsentation und die durch diese beeinflussten Aufmerksamkeitsprozesse.)

Außerdem gestattet die Sukzessiv-Präsentation eine weitere experimentelle Maßnahme, nämlich die Rotation der Items in ihrer Input-Reihenfolge. Diese Maßnahme bietet folgende Vorteile: Erstens wird die Positionskurve geglättet bzw. von Einflüssen durch unterschiedlich einprägsame Items bereinigt. Und zweitens kann umgekehrt der von Positionseffekten bereinigte „Netto-Einprägungswert“ sowie die „Netto-Outputpriorität“ eines jeden der 40 Wörter berechnet werden.

Das Design eines solchen Rotationsexperimentes erlaubt also die getrennte Analyse von einerseits positionsabhängigen Effekten und andererseits von itemspezifischen Effekten (auf die Wiedergabe simultan aufzufassender Nachrichten aus verschiedenen Sinneskanälen) und damit die Beantwortung der *zweiten Fragestellung*:

Welche der aus dem Reproduktionsverhalten erschließbaren Merkmale der Gedächtnisorganisation sind als rein positions- (und modalitäts-) bedingt zu interpretieren, und welche als Folge von Unterschieden zwischen den Items einer Sequenz bezüglich Einprägsamkeit und Geläufigkeit?

Versuchsplan

Paradigma und Instruktion: Alle 3 Experimente entsprechen dem Paradigma eines Simultanleistungsexperimentes mit freier Reproduktion unmittelbar nach Ende der Präsentation. Eine Reihe gebräuchlicher, zweisilbiger Hauptwörter in Wörterbuchgrundform wurde optisch, eine andere gleichzeitig akustisch geboten, und die Versuchspersonen erhielten die Instruktion, unmittelbar nach Ende der Darbietung möglichst viele Wörter aus beiden Reihen untereinander auf ein Blatt Papier zu schreiben. Die Wörter, der Sprecher, der Sprechrhythmus und die Präsentationsdauer der gesamten Sequenz blieben in allen 3 Experimenten gleich.

Exp. 1 (= Hauptversuch): Nicht nur die akustischen, sondern auch die optischen Items wurden sukzessive geboten, und außerdem wurden alle Items in ihrer Input-Reihenfolge rotiert. Und zwar nach einem Schema (Tab. 1), welches allen Versuchspersonen sehr ähnliche Bedingungen für sequentielle Assoziationen innerhalb eines Kanals bietet.

Tabelle 1
Rotationsschema der Input-Reihenfolge

VP	1		2		3			21			40	
Wortreihe	1	2	1	2	1	2		2	1		2	1
Sinnesmod.	opt	ak	opt	ak	opt	ak	opt	ak	opt	ak
Item-Nr.	1	1	2	20	3	19		1	1		20	2
	2	2	3	1	4	20		2	2		1	3
	3	3	4	2	5	1		3	3		2	4

	18	18	19	17	20	16		18	18		17	19
	19	19	20	18	1	17		19	19		18	20
20	20	1	19	2	18		20	20		19	1	

Aus 20 möglichen Positionen innerhalb einer Sinnesmodalität und 2 Sinnesmodalitäten resultieren 40 verschiedene Lernsequenzen. Jede der 40 Versuchspersonen des Rotationsversuchs (*Exp. 1*) wurde im Einzelversuch mit einer dieser 40 Lernsequenzen konfrontiert.

„*Exp. 3*“: Als Vergleichswerte zu *Exp. 1* stehen Daten aus der bereits erwähnten Untersuchung (FENK 1979) zur Verfügung, in welcher neben anderen Lernmaterialien auch die in *Exp. 1* verwendeten Wortlisten – jedoch mit geblockter Präsentation – simultan geboten worden waren. Dieser Teil der früheren Versuche wird der Kürze halber als „*Exp. 3*“ bezeichnet.

Exp. 2: Da sich *Exp. 1* von *Exp. 3* nicht nur in der zeitlichen Struktur der Präsentation unterscheidet, sondern auch durch die (für andere Fragestellungen wichtige) Rotation der Items, wäre beim Vergleich von *Exp. 1* und *Exp. 3* schwer abzuschätzen, welcher der beiden experimentellen Unterschiede eventuell beobachtbare Veränderungen im Reproduktionsverhalten bewirkt hat. Aus dieser Überlegung heraus wurde das *Exp. 2* „zwischengeschaltet“, in welchem die Wörter immer in der gleichen (aus *Exp. 3* übernommenen) Reihenfolge, aber auch im optischen Bereich sukzessive geboten wurden.

Weitere Unterschiede zwischen *Exp. 1* und *2* einerseits und *Exp. 3* andererseits: In *Exp. 3* wurden die Lernsequenzen auf Videoband gespeichert und per TV-Empfänger präsentiert. In *Exp. 1* und *2* erfolgte die Darbietung mittels „Trickfilm“, weil bei diesem Synchronität zwischen den geschriebenen und den gesprochenen Wörtern einfacher herstellbar ist. Von der früher auf Videoband aufgezeichneten Vorlage wurde jedes einzelne Wort mit 21 Einzelbildern aufgenommen, die Pause zwischen den Wörtern betrug 4 Kader. Dies ergibt bei einer Projektionsgeschwindigkeit von 18

Bildern pro Sekunde eine Präsentationszeit von 1,166 sec pro Wort, von 27,55 sec pro Lernsequenz und einen Wortzwischenraum von 0,22 sec. Die Summe der Expositionszeiten der einzelnen optischen Items war daher um etwa 4,2 sec (= Summe der Pausenzeiten) kürzer als die Dauer der geblockten Darbietung in Exp. 3.

Versuchspersonen: In allen drei Experimenten handelt es sich um Studenten, und, in geringerer Anzahl auf die 3 Experimente verteilt, um wissenschaftliches Personal der Universität Klagenfurt. Auch die Abweichungen zwischen den 3 „Gruppen“ hinsichtlich ihrer Zusammensetzung nach Alter und Geschlecht dürfen im Hinblick auf die Natur der untersuchten Prozesse als geringfügig betrachtet werden:

Exp. 1: 40 Vpn, 24 weiblich, 16 männlich, Durchschnittsalter: 22 Jahre

Exp. 2: 20 Vpn, 10 weiblich, 10 männlich, Durchschnittsalter: 21 Jahre

Exp. 3: 46 Vpn, 25 weiblich, 21 männlich, Durchschnittsalter: 24 Jahre

Hypothesen

Hypothese A bezieht sich auf die Reproduktionsfrequenz, die Gruppierungstendenz und die Outputpriorität sowie auf die positionale Lokalisation dieser Größen in optischen und akustischen Lernsequenzen.

Generell ist zu erwarten, daß die Annäherung der zeitlichen Struktur der optischen an die der akustischen Nachricht auch zu einer Annäherung im Reproduktionsverhalten führt.

Im einzelnen heißt das:

Dadurch, daß bei sukzessiver Darbietung (Exp. 1 und 2) nur jeweils ein Glied der Wortkette zu sehen ist und die optische Präsentation während der Sprechpausen unterbrochen wurde, wird *im visuellen Bereich* die Tendenz zur Zusammenfassung mehrerer Items zu größeren Response-Einheiten reduziert und, Hand in Hand damit, auch das über alle Positionen gemittelte Reproduktionsniveau.

Positionale Lokalisation: Bei Sukzessiv-Darbietung der optischen Items (Exp. 1 und 2) wird sich die „optische“ Positionskurve in ihrer Verlaufcharakteristik der „akustischen“ Positionskurve annähern; im visuellen Bereich wird die Reduktion der Reproduktionsleistung also vorwiegend den Sequenzanfang betreffen, und der Schwerpunkt der Reproduktionsfrequenz wird sich – in Annäherung an die Verhältnisse im auditiven Bereich – in Richtung auf das Sequenzende verschieben. Außerdem ist zu erwarten, daß die Output-Priorität mit der Reproduktionsfrequenz korreliert (vgl. FENK 1979) und daher auch deren Umverteilung über den Input-Positionen – z. B. im Sinne einer Verlagerung in Richtung auf das Sequenzende bei sukzessiver Darbietung optischer Items – mitmacht.

Eine direkte Prüfung (z. B. ohne Umweg über partielle Korrelationen) der Vorhersage, daß die *positionale* Verteilung der Output-Priorität mit jener der Reproduktionshäufigkeit korreliert, ist nur im Hauptversuch

(Exp. 1) möglich, und dasselbe gilt für alle Vorhersagen der Hypothese B. Nur in Exp. 1 können sowohl Output-Priorität als auch Einprägungswert entweder für bestimmte *Positionen* berechnet werden, die eben immer durch andere Items belegt sind (ad Hypothese A), oder aber für bestimmte *Items*, die eben immer eine andere Position einnehmen (ad Hypothese B).

Hypothese B betrifft itemspezifische Einflüsse auf die Gedächtnisorganisation.

Vermutlich wird auch der von positionalen Einflüssen bereinigte „Netto-Einprägungswert“ der einzelnen *Items* positiv mit deren „Netto-Output-Priorität“ korrelieren. Mit dem Informationsgehalt der einzelnen Items hingegen wird ihr Netto-Einprägungswert negativ korrelieren. Jedenfalls wird diese letzte Vermutung durch die in früheren Experimenten (FENK 1979) gefundenen Korrelationen (nicht sign.) zwischen dem Informationsgehalt von Items und ihrer – von Positionseffekten nicht bereinigten – Reproduktionsfrequenz nahegelegt.

Auswertung und Ergebnisse

Hypothese A

Erwartungsgemäß nahm die *Reproduktionsfrequenz* für optische Wörter ab, wenn diese sukzessive (und pausenbedingt auch etwas kürzer) geboten wurden. Doch nahm – unerwarteterweise – auch im akustischen Bereich die Reproduktionsleistung ab, obwohl sich dort im Vergleich zu Exp. 3 an den Präsentationsbedingungen nichts geändert hatte. Dadurch blieb die Überlegenheit der visuellen Auffassung über die auditive – in Exp. 1 sign., 1 % Niveau – auch bei Sukzessiv-Präsentation der optischen Items bestehen.

Die erwartete Verringerung der Reproduktionsfrequenz im Anfangsteil der optisch-sukzessiven Sequenzen war weder relativ zum Anfangsteil der akustischen Sequenz noch relativ zum Mittelteil der optischen Sequenz zu beobachten. Im Endteil der Sequenz hingegen zeigte sich eindeutig eine Annäherung an die „akustische“ *Positionskurve*: Abb. 1 zeigt für Exp. 1 und 2 (zum Unterschied zu Exp. 3) auch bei optischen Sequenzen einen deutlichen Recency-Effekt.

Von einer völligen Angleichung kann jedoch nicht die Rede sein, weil der Recency-Effekt bei akustischer Präsentation früher einsetzte als bei optischer. Und trotz Annäherung der Positionskurven bleibt ein charakteristischer Unterschied bestehen: Optische Präsentation verstärkt den Primacy-Effekt, akustische den Recency-Effekt (Tab. 2) [Der Primacy- bzw. der Recency-Effekt wurden operationalisiert als Differenz des Reproduktionsniveaus im ersten Sequenzabschnitt (Positionen 1–4) bzw. im letzten Sequenzabschnitt (Positionen 17–20) zum Reproduktionsniveau im mittleren Abschnitt (Positionen 5–16)].

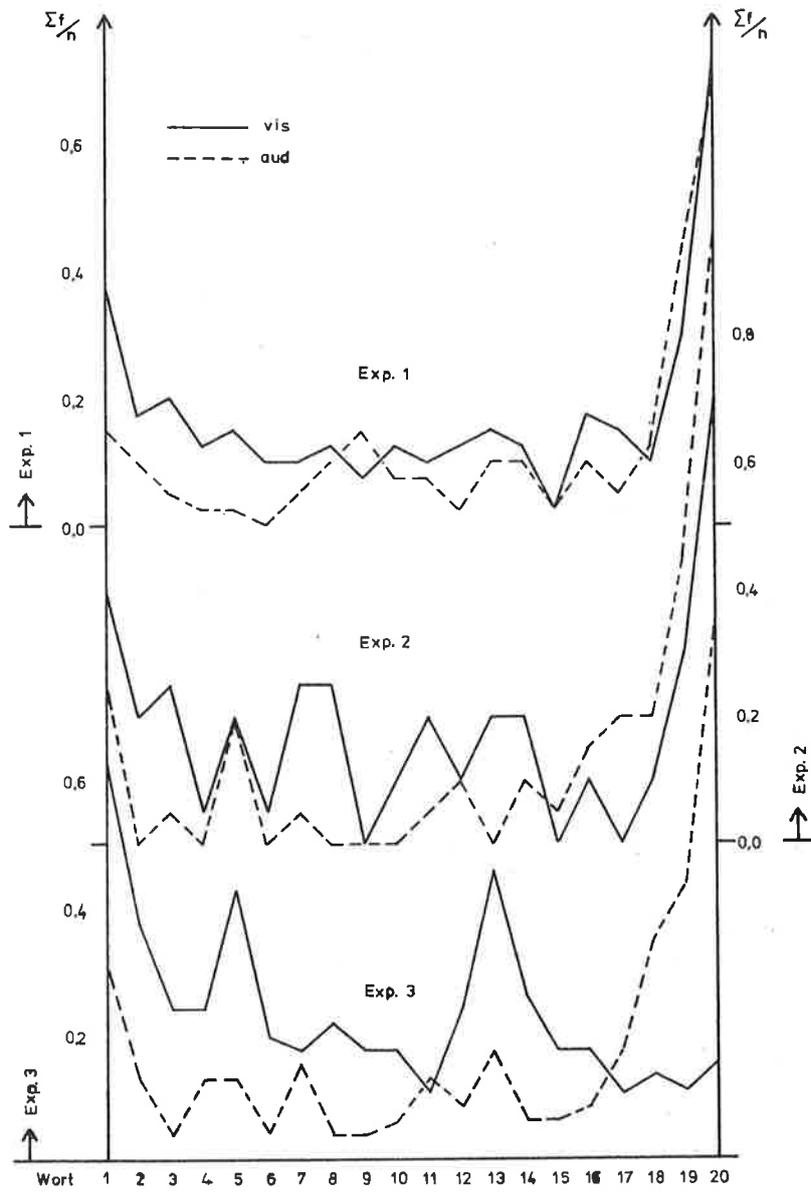


Abb. 1: Positionskurven für optisch und akustisch gebotene Items in Exp. 1, 2 und 3.

Tabelle 2
Primacy-Effekt und Recency-Effekt bei
optisch und akustisch gebotenen Sequenzen

Positionseffekt	Exp.	Relation	$\bar{\Delta}$	Signifikanz
Primacy-Effekt	1	opt > ak	0,499	1 %
Primacy-Effekt	2	— " —	0,283	n.s.
Primacy-Effekt	3	— " —	0,245	n.s.
Recency-Effekt	1	opt < ak	0,082	n.s.
Recency-Effekt	2	— " —	1,017	1 %
Recency-Effekt	3	— " —	1,931	1 %

Zur Prüfung der Frage, in welcher Weise die temporale Struktur die Tendenz zur sequentiellen Gruppierung beeinflusst, wurde festgestellt, welche der bei der Präsentation benachbarten Items auch bei der Wiedergabe benachbart und in derselben Reihenfolge wie bei der Präsentation auftraten und wieviele Items diese Gruppierungen umfaßten.

Das Ergebnis ist aus Tab. 3 ersichtlich: In allen 3 Experimenten liegt der Schwerpunkt der Gruppierungstendenz im Anfangsteil optischer und im Endteil akustischer Sequenzen. Die *Sukzessiv-Darbietung* in Exp. 1 und 2 reduzierte im Vergleich zu Exp. 3 die Gesamtzahl der pro Kanal zu Response-Units zusammengefaßten Items drastisch, und die optischen Items wurden von dieser Reduktion erwartungsgemäß am stärksten betroffen.

Die Synchronität in der Präsentation von optischen und akustischen Items erlaubt in Exp. 1 und 2 neben der Erfassung von Gruppierungen innerhalb eines Kanals eine weitergehende Analyse von Gruppierungen (Tab. 4), als dies in Exp. 3 sinnvoll ist.

Die Ergebnisse:

- 1) Sequentielle Gruppierungen innerhalb eines Kanals sind bei optischer Darbietung nur im Anfangsteil, bei akustischer hingegen ausschließlich im Endteil der Sequenz zu finden.
- 2) Sequentielle Gruppierung zwischen den Sinnesmodalitäten erwies sich als die seltenste aller Gruppierungsformen.
- 3) Die zeitlich benachbarte Reproduktion von synchron gebotenen Items unterschiedlicher Sinnesmodalität ist mehr als doppelt so häufig wie alle sequentiellen Response-Units zusammengenommen.

Die beiden zuletzt genannten Resultate sind durchaus in Analogie zu Ergebnissen von „dichotic-listening“-Experimenten zu sehen: Die „ear by ear“-Wiedergabe, die von den Vpn meist bevorzugt wird (BROADBENT 1958) und die beste Reproduktionsleistung erbringt, kann unter bestimmten Bedingungen (Variation des Informations-

gehalts oder der Präsentationsrate) durch bevorzugte Wiedergabe von Gleichzeitigkeitspaaren abgelöst werden (vgl. POSNER 1967, PENNEY 1975).

Tabelle 3
Anzahl der pro Versuchsperson zu *sequentiellen Gruppierungen*
innerhalb eines Kanals zusammengefaßten Items
(z. B. 17. optisches und 18. optisches Item)

Experiment	Sinnesmodal.	Sequenz (abschnitt)		
		Gesamt	Anf	Ende
1	opt	.0500	.0500	.0000
	ak	.2500	.0000	.2000
2	opt	.2000	.1000	.0000
	ak	.4000	.0000	.4000
3	opt	.7895	.3158	.0526
	ak	.7368	.0000	.6842

Tabelle 4
Anzahl verschiedener Gruppierungsformen in Exp. 1 und 2
a = Gruppierung innerhalb einer Sinnesmodalität
(also sequentiell, z. B. 17. optisches und 18. optisches Item)
b = Gruppierung zwischen den Sinnesmodalitäten
b₁ sequentiell (z. B. 17. optisches und 18. akustisches Item)
b₂ synchron (z. B. 17. optisches und 17. akustisches Item)

Experiment	Gruppierungsform	Sinnesmodal.	Anzahl d. Gruppierungsformen		
			Gesamt	Anf	Ende
Exp. 1	a	opt	1	1	0
	a	ak	5	0	4
	b ₁	-	2	0	1
	b ₂	-	14	0	14
Exp. 2	a	opt	2	1	0
	a	ak	4	0	4
	b ₁	-	1	1	0
	b ₂	-	18	4	12

Weitgehend übereinstimmende Resultate erhält man bei der Untersuchung von richtig reproduzierten Items, die zwar nicht bei der Reproduktion, aber immerhin bei der Darbietung zeitlich benachbart waren. Allerdings koinzidieren solche „Perzeptions-Cluster“ schon aus rein mathematischen Gründen stärker als alle oben beschriebenen „Response-Cluster“ mit dem Ort hoher Reproduktionsfrequenz.

Die *Output-Priorität* (P) wurde für jedes einzelne von einer VP reproduzierte Wort berechnet, indem der Output-Reihenfolge-Rang (R) dieses Wortes zum Reproduktionstotal (T) der jeweiligen Vp nach einer an anderer Stelle (FENK 1979) vorgeschlagenen Formel in Beziehung gesetzt wurde. Die Formel

$$P = \frac{R - \frac{T+1}{2}}{T}$$

ergibt negative Werte für hohe Priorität (gegen $-0,5$) und positive Werte für niedrige Priorität (gegen $+0,5$). Anschließend wurde durch Mittelung über die Versuchspersonen die *durchschnittliche* Output-Priorität für jede der 20 Positionen der Lernsequenz (ad Hypothese A) und für jedes der 40 Items (ad Hypothese B) berechnet.

Nach diesem Auswertungsschritt ist die Versuchung groß, die Verteilung der Output-Priorität über den Input-Positionen graphisch analog zur Positionskurve der Reproduktionsfrequenz darzustellen – wie dies etwa bei MASKARINEC und BROWN (1974) im Zusammenhang mit (anders berechneten) Prioritätswerten optischer Items zu sehen ist – und so die Verwandtschaft zwischen den „Kurven“ zu veranschaulichen. Derartige Darstellungen sind jedoch wegen des Ordinalskalenniveaus der Ausgangsdaten (R) nicht zulässig, und so wurden die gemittelten Prioritätswerte vor der weiteren Auswertung wieder in Rangzahlen transformiert.

Resultate zur positionsbezogenen Output-Priorität:

In Exp. 3 entfielen hohe Prioritätswerte vor allem auf die optischen Anfangspositionen und die akustischen Endpositionen. Wurden hingegen auch die optischen Items sukzessive geboten (Exp. 1 und 2), so lag die Output-Priorität der Endpositionen in *beiden* Sinnesmodalitäten höher als die der Anfangspositionen. Die höchste Output-Priorität aller 40 Items (20 optische, 20 akustische) entfiel auf das zuletzt gebotene optische Item.

Die Rangreihen-Korrelation zwischen Einprägungswert und Output-priorität der Positionen ergab in Exp. 1 erwartungsgemäß positive Werte: Bei Berechnung über beide Sinnesmodalitäten $+0,41$ (sign., 1%), bei Be-

rechnung für optisch allein +0,39 (nicht sign.) und für akustisch allein +0,39 (nicht sign.)

Resultate zur Hypothese B:

Die Rangreihenkorrelation zwischen dem Netto-Einprägungswert und der Netto-Output-Priorität der einzelnen *Items* ergab – im Gegensatz zu den Ergebnissen zur positionsbezogenen Outputpriorität und im Gegensatz zu einer unter Hypothese B formulierten Vorhersage – in Exp. 1 negative Werte:

–0,58 (sign. 1 %) bei Berechnung über beide Sinnesmodalitäten,

–0,59 (sign. 1 %) für optisch allein und –0,05 für akustisch allein.

Eher überraschend war auch ein zusätzliches Ergebnis: Die Rangreihenkorrelation zwischen Informationsgehalt und Output-Priorität der einzelnen *Items* war bei Berechnung über beide Sinnesmodalitäten signifikant positiv ($\rho = +0,43$, sign. 1 %).

Die Produkt-Moment-Korrelation zwischen dem „Netto-Einprägungswert“ der *Items* und der Ratefehlerzahl bei diesen *Items* (als indirektes Maß für ihren Informationsgehalt) betrug bei Berechnung über beide Sinnesmodalitäten –0,45 (sign. 1 %), für optische *Items* –0,52 (sign. 1 %) und für akustische *Items* –0,14 (nicht sign.). *Items* mit hohem Informationsgehalt wurden also signifikant seltener reproduziert als andere, jedoch – siehe oben – im allgemeinen vor diesen anderen zu Papier gebracht.

Diskussion

Die Resultate bestätigen im wesentlichen die zugrundeliegende Annahme, daß die Abhängigkeit des Reproduktionsverhaltens von der Sinnesmodalität der zu merkenden Nachricht nicht nur aus Kapazitätsunterschieden sinnesspezifischer Speicher herrührt, sondern auch aus einer „modalitätstypischen“ temporalen Struktur der Nachrichten. Aus einer Annäherung der temporalen Struktur der optischen Nachricht an die der akustischen Nachricht resultiert eine *Annäherung im Reproduktionsverhalten*: In Übereinstimmung mit den Ergebnissen bei akustischer Präsentation und zum Unterschied zu den Ergebnissen bei gleichzeitiger Präsentation aller optischen *Items* (Exp. 3) führt sukzessive Präsentation der optischen *Items* sowohl zu hoher Reproduktionsfrequenz als auch zu hoher Output-Priorität der Endpositionen und zu einer verhältnismäßig geringen Gruppierungstendenz zwischen optischen *Items*. Eine bestimmte zeitliche Struktur der Nachricht begünstigt also offenbar ganz bestimmte Strategien der Aufmerksamkeitssteuerung und der Wiedergabe.

In zwei Punkten widersprachen die Resultate den eingangs formulierten Annahmen: Erstens korrelierten Netto-Einprägungswert und Netto-

Output-Priorität der einzelnen Items nicht positiv, sondern negativ miteinander. Und zweitens wurde bei Sukzessiv-Darbietung zwar die erwartete Verschlechterung der Reproduktionsleistung im optischen Bereich beobachtet, doch wurde der Reproduktionsvorteil optischer *Anfangs*-Items nicht, wie erwartet, kleiner, sondern größer. Diesen unerwarteten Ergebnissen soll in den folgenden Interpretationsversuchen etwas mehr Platz eingeräumt werden.

Die geschilderte Simultanleistungsaufgabe unterscheidet sich von alltäglichen Anforderungen keineswegs prinzipiell, zeichnet sich aber dadurch aus, daß die „gleichzeitige“ Auffassung zweier Nachrichten verlangt wird, zwischen denen sehr geringe Transinformation besteht und innerhalb derer die in unserer Sprache üblichen Übergangswahrscheinlichkeiten nur zwischen den einzelnen Phonemen bzw. Graphemen, nicht aber zwischen den Wörtern existieren.

Dies stellt hohe Anforderungen an die Aufmerksamkeitssteuerung, deren Kontrolle, wie PRIBRAM und McGUINNESS (1975) betonen, auf dem Kontext der zu verarbeitenden Nachricht basiert beziehungsweise auf Mechanismen der Feststellung neuraler Redundanz innerhalb eines Kanals oder zwischen Kanälen. Hinsichtlich der Art der Auffassungs- und Wiedergabestrategie, mit der diesen Anforderungen begegnet wurde, geben folgende Resultate aus Exp. I einige Aufschlüsse:

- a) Die Reproduktionsfrequenz korrelierte mit der Outputpriorität positiv, wenn die beiden Variablen für die Positionen der Lernsequenz berechnet wurden. Bei Berechnung für die einzelnen Items hingegen – also bei Bereinigung von positionsbedingten Effekten – war diese Korrelation negativ. Während also bei den Positionen der Lernsequenz hohe Reproduktionsfrequenz mit hoher Output-Priorität zusammenfällt, zeigte sich bei der Betrachtung der einzelnen rotierenden Items das Gegenteil: Wörter, die schwer zu behalten sind, werden *vor* den leichter zu merkenden zu Papier gebracht.
- b) Der Informationsgehalt der Items korreliert mit ihrem „Netto-Einprägungswert“ negativ, mit ihrer „Netto-Output-Priorität“ dagegen positiv.

Items mit höherem Informationsgehalt wurden also schlechter gemerkt. Und schwer zu merkende Items wurden nach Möglichkeit vor den anderen reproduziert, solange sie eben noch reproduzierbar waren. *Die Wiedergabe-Strategie der Probanden ist offenbar dadurch charakterisiert, daß zuerst jene Items wiedergegeben werden, bei denen ein Aufschub der Wiedergabe die Abrufbarkeit am stärksten reduziert: Das sind erstens jene Items, die noch ohne größere Anstrengung vom Pufferspeicher abrufbar sind, also die Endpositionen; und zweitens jene Items, deren Behalten aus anderen Gründen (z. B. wegen ihres hohen Informationsgehalts) schwer-*

fällt. Damit wäre auch eine Erklärung für eines der beiden unerwarteten Ergebnisse gefunden.

Das Ergebnis, daß Items mit höherem Informationsgehalt schlechter gemerkt wurden, steht scheinbar im Widerspruch zu neuropsychologischen Befunden und Überlegungen, denen zufolge seltenen, auffälligen, überraschenden Items eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt wird. Daraus, so könnte man folgern, müßte auch eine erhöhte Reproduktionswahrscheinlichkeit dieser auffälligen Items resultieren. Ein effektives Informationsverarbeitungssystem darf der Verarbeitung redundanter Nachrichten nur wenig Kapazität einräumen; es muß intern Redundanz verringern, um extern Redundanz zu gewinnen. „... redundancy in the nervous system is viewed on the equivalent of noise and ... attention ist the process by which noise is attenuated“ (SABAT 1978, S. 190).

Isolierte Reize, denen innerhalb einer sonst regelmäßigen Serie ein hoher Überraschungswert zukommt, lösen eine stärkere Positivierung in den späten Wellenanteilen der sensorisch evozierten Potentiale aus als die restlichen Reize (HAIDER et al., 1968, STUDYNKA 1968), und diese Positivierung darf als Indikator für eine verstärkte Aufmerksamkeitszuwendung angesehen werden (SPONG et al., 1965). Denselben Effekt hat jedes innerhalb eines sinnvollen Satzes isoliert dargebotene Wort (FRIEDMANN et al., 1975). RÖSLERS (1977, S. 340) Analyse von Experimenten, in denen bestimmte Ereignisse per Instruktion als relevant (zu beachten) oder irrelevant (zu ignorieren) deklariert wurden, zeigte folgendes: Die „relevanten“ Reize führen nur dann zu größeren Amplituden der späten positiven Gipfel, wenn sie „seltener oder zumindest nicht häufiger als die irrelevanten dargeboten werden. Ist das Darbietungsverhältnis umgekehrt, . . ., so folgt die Positivierung nach den instruktionsgemäß an sich zu ignorierenden Ereignissen“.

Der Anstieg der CNV, also die *Negativierung* des corticalen Gleichspannungsniveaus, läßt sich als EEG-Abbild einer weitgehend synchronen Erhöhung des Aktivierungsniveaus der einzelnen Rindenzellen interpretieren (FENK 1978). Und umgekehrt wird die *Positivierung* in den späten Wellenanteilen sensorisch evozierter Potentiale als EEG-Abbild einer Hemmung jener Zellpopulationen angesehen (RÖSLER 1977, S. 347), „die für eine spezifische Aufgabenbewältigung nicht benötigt werden“, so daß die „an der Informationsverarbeitung beteiligten Zellen i. S. des Aufmerksamkeitsmodells von NORMAN (1969) „überschwellig“ werden. Aufmerksamkeit wäre demnach umso selektiver bzw. umso weniger generell, je weniger Zellsysteme eine erhöhte Antwortbereitschaft aufweisen, und der Grad der selektiven Aufmerksamkeit umso höher, je mehr sich das durchschnittliche Aktivierungsniveau der involvierten bzw. antwortbereiten Zellsysteme von dem der restlichen abhebt.

Der „Widerspruch“, daß hoher Informationsgehalt einzelner Items die Aufmerksamkeit erhöht, die Reproduktionsleistung hingegen verringert, ist aus zwei Gründen nur ein scheinbarer:

- 1) Die entsprechenden Ergebnisse zu Hypothese B beziehen sich auf einen streuungsbedingt erhöhten Informationsgehalt einzelner Superzeichen, die der neuropsychologischen Arbeiten auf Signale, welche sich in bezug auf ihre „Penetranz“ (FRANK 1971) deutlich von den restlichen abheben.

- 2) Die Folgerung, daß eine erhöhte Aufmerksamkeit auch die Reproduktionswahrscheinlichkeit erhöhen muß, ist nicht unbedingt schlüssig; das Verarbeitungssystem kann trotz einer optimalen Strategie der Redundanzausnutzung überfordert sein. Überdies wurde durch die Instruktion, sich möglichst viele Wörter einzuprägen, eher die Strategie nahegelegt, sich mit ungeläufigen Items nicht zu sehr zu belasten, wenn dadurch die Einprägung anderer Wörter – bzw. die gedächtnismäßige Markierung bereits geläufiger Wörter für nachfolgende Abrufprozesse (MURDOCK 1967) – gefährdet wird.

Daß bei streng synchroner Präsentation von optischen und akustischen Wörtern – zum Unterschied zu Exp. 3 – auch im optischen Bereich ein deutlicher Recency-Effekt auftrat, ist wohl am einfachsten durch Aufm. I erklärbar: In Exp. 3 wurden die optischen Endpositionen vermutlich von einem geringeren Prozentsatz der Vpn (unmittelbar vor Reproduktionsbeginn) gelesen.

Doch bleiben gewisse *Unterschiede in der Reproduktion* optischer Items einerseits und der Reproduktion akustischer Items andererseits – trotz Annäherung in der zeitlichen Struktur – bestehen: Der Recency-Effekt ist, im Gegensatz zum Primacy-Effekt, bei akustischen Wörtern stärker als bei optischen, und der Anstieg der Reproduktionsfrequenz im letzten Sequenzabschnitt setzt in allen drei Experimenten bei akustischen Items früher ein als bei optischen. Noch früher setzt der Anstieg im akustischen Bereich ein, wenn keine Simultanleistung verlangt wird und die pro Zeiteinheit zu verarbeitende Informationsmenge geringer ist (FENK 1979).

Diese Unterschiede sprechen für die Annahme sensorischer Speicher – innerhalb des Primärgedächtnisses (vgl. MARTIN und JONES 1979) oder diesem vorgelagert –, welche relativ unabhängig voneinander arbeiten, und dafür, daß der auditive (Vor-)Speicher eine größere Kapazität besitzt als der entsprechende visuelle (Vor-)Speicher. Die „gleitende Gedächtnisspanne“ des (Vor-)Speichers umfaßt also im auditiven Bereich ein größeres Zeitintervall und – bei gleicher Präsentationsrate in beiden Sinnesmodalitäten (Exp. 1 und 2) – mehr Items als im visuellen Bereich, die dem Zugriff des „operating memory“ zur Verfügung stehen.

Ein weiteres Argument für getrennt funktionierende (Vor-)Speicher ist darin zu sehen, daß durch die Einprägung eines kurzen Nachrichtensegmentes (= Wort) aus Kanal X die Wahrscheinlichkeit der Einprägung eines synchronen Segmentes aus Kanal Y keineswegs reduziert wird: „Synchron-Gruppierungen“ wurden sogar um ein Vielfaches häufiger beobachtet als andere Gruppierungsformen, und nicht einmal im Endabschnitt der Lernsequenz wurde eine nennenswerte negative Korrelation zwischen der Reproduktionsfrequenz optischer und akustischer Items festgestellt.

Wenn bei Synchronisierung optischer und akustischer Nachrichten-segmente – durch Visualisierung der einzelnen Wörter im Sprechrhythmus – eine Beeinträchtigung der Reproduktionsleistung in *beiden* Sinnesmodalitäten zu beobachten war, und wenn die sensorischen Speicher als voneinander getrennt zu denken sind, so war wohl eher die Aufmerksamkeitssteuerung als die Kapazität der sensorischen Speicher überfordert.

Die Interpretation für den großen Reproduktionsvorteil der optischen Anfangspositionen gegenüber den akustischen Anfangspositionen muß vorläufig offengelassen werden.

Geht man nicht davon aus, daß Hemmungen durch Aktivitäten *vor* Präsentationsbeginn – z. B. Verarbeitung einer mündlichen Instruktion – zu diesem „umgekehrten“ Modalitätseffekt am Sequenzanfang führten, so bieten sich vor allem folgende Erklärungsmöglichkeiten an:

- a) Bei sprachlichen Nachrichten liegt der höchste Überraschungswert im allgemeinen beim *Beginn* einer Silbe, eines Wortes, eines Satz(teil)es; auf diese Stellen entfallen bei Anwendung von Ratespieltechniken zur Bestimmung des Informationsgehalts auch die meisten Ratefehler. Die Erfassung dieser Elemente liefert den größten Beitrag zur Informationsreduktion, ist also Voraussetzung für eine optimale Redundanzausnutzung. Bei einer darauf abgestellten Strategie visueller *Aufm. 1* könnte der Anfangsteil der Sequenz öfter oder langsamer gelesen worden sein als nachfolgende Sequenzabschnitte und daher auch eher reproduzierbar sein als diese. Diese Ursache verliert auf Grund der Resultate in Exp. 1 und 2 an Wahrscheinlichkeit: Der Reproduktionsvorteil der optischen Anfangspositionen gegenüber den akustischen Anfangspositionen wurde unerwarteterweise sogar größer, obwohl in diesen Experimenten der Freiraum für *Aufm. 1* auf jeweils ein Wort beschränkt war.
- b) Gleichzeitige Präsentation aller optischen Items (Exp. 3) begünstigt sequentielle Gruppierung innerhalb der optischen Nachricht, und diese Bildung größerer Gedächtnis-Einheiten macht die darin zusammengefaßten Elemente resistenter gegen Prozesse des Vergessens oder der Interferenz, so daß zeitlich weiter zurückliegende Items – also die Anfangspositionen – bei optischer Präsentation häufiger reproduziert werden als bei akustischer Präsentation. Die entsprechenden Resultate aus Exp. 1 und 2 zeigen jedoch, daß der Reproduktionsvorteil der optischen Anfangspositionen gegenüber den akustischen Anfangspositionen in Exp. 1 und 2 trotz zahlenmäßiger Verringerung der visuellen Response-Units bestehen blieb.

Da diese Ursachen als Erklärung nicht ausreichen, darf die – zumindest zusätzliche – Wirkung anderer Strategien angenommen werden:

Ergebnisse von CORBALLIS (1966) lassen vermuten, daß optische Items stärker als akustische in einen Prozeß des „cumulative rehearsal“ einbezogen werden, von welchem die ersten Items mehr profitieren als die letzten. Und angesichts der dominierenden Rolle, die der optische Analytator aufgrund seiner hohen Disponibilität in der Orientierung des Menschen spielt, wäre es denkbar, daß in Augenblicken größerer Reaktions-

unsicherheit – zum Beispiel in den ersten Sekunden des Simultanleistungsexperiments – die „Filter“ für optische Information durchlässiger sind als für akustische; aus derartigen Prozessen der *Aufmerksamkeitssteuerung II* könnte also die Überlegenheit der optischen Anfangspositionen bei der Reproduktion resultieren.

In dieses Bild paßt auch die Beobachtung, daß bei besonders informationsreichem Lernmaterial (Fremdwörter) und unter der Instruktion zur „Simultan-Einprägung“ von Items aus verschiedenen Sinneskanälen der optische Analysator am stärksten über den akustischen dominiert (FENK 1977); beides sind Bedingungen, die eine größere (Reaktions-) Unsicherheit beim Perzipienten bedeuten bzw. erzeugen.

Literatur

- BROADBENT, D. E.: A mechanical model for human attention and immediate memory. *Psychological review* 64 (1957), 205–215.
- : Perception and communication. Pergamon Press, London 1958.
- CORBALLIS, M., C.: Rehearsal and decay in immediate recall of visually and aurally presented items. *Canadian Journal of Psychology* 20 (1966), 43–51.
- CROWDER, R. G., J. MORTON: Precategorical acoustic storage (PAS). *Perception and Psychophysics* 5 (1969), 365–373.
- FENK, A.: Zum Einfluß von Sinnesmodalität und Informationsgehalt von Zeichen auf den Ablauf kognitiver Prozesse. Bericht ü. d. 30. Kongreß d. DGfP, Hogrefe 1977, Bd. 1, 114–116.
- : Langsame Hirmpotentiale bei verschieden strukturierten Aufgaben. *Zeitschrift für Psychologie* 186 (1978), 89–112.
- : Positionseffekte und Reihenfolge der Wiedergabe bei optisch und akustisch gebotenen Wortketten. *Archiv für Psychologie* 132 (1979), 1–18.
- FLADE, A., K. F. WENDER: Der Einfluß der Darbietungsmodalität auf das kurzfristige Behalten. *Psychol. Res.* 37 (1974), 125–142.
- FRANK, H.: *Kybernetische Grundlagen der Pädagogik*. W. Kohlhammer Verlag 1971.
- FRIEDMAN, D., R. SIMSON, W. RITTER, I. RAPIN: The late positive component (P 300) and information processing in sentences. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 38 (1975), 255–262.
- GLANZER, M.: Short-term storage and long-term storage in recall. *J. psychiat. Res.* 8 (1971), 423–438.
- HAIDER, M., E. GROLL, G. STUDYNKA: Orientierungs- und Bereitschaftspotentiale bei unerwarteten Reizen. *Experimental Brain Research* 5 (1968), 45–54.
- MARTIN, M., G. V. JONES: Modality dependency of loss of recency in free recall. *Psychol. Res.* 40 (1979), 273–289.
- MASKARINEC, A. S., S. C. BROWN: Positive and negative recency-effects in free recall learning. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior* 13 (1974), 328–334.

- MURDOCK, B. B.: Auditory and visual store in short-term memory. *Acta Psychologica* 27 (1967), 316–324.
- NORMAN, D. A.: *Memory and attention*. New York: Wiley 1969.
- PENNEY, C. G.: Modality effects in short-term verbal memory. *Psychological Bulletin* 82 (1975), 68–84.
- POSNER, I. M.: Short term memory systems in human information processing. *Acta Psychologica* 1967, 267–284.
- PRIBRAM, K. H., D. McGUINNESS: Arousal, activation and effort in the control of attention. *Psychological Review* 82 (1975), 116–149.
- RÖSLER, F.: Evozierte Hirnrindenpotentiale und Informationsverarbeitungsprozesse. Bericht ü. d. 30. Kongreß d. DGfP. Hogrefe 1977, Bd. 1, 399–350.
- SABAT, R. S.: Selective attention, cortical evoked responses, and brain function in human subjects: a critical review and theory. *Biological Psychology* 7 (1978), 175–201.
- SPONG, P., M. HAIDER, D. B. LINDSLEY: Selective attentiveness and cortical evoked responses to visual and auditory stimuli. *Science* 148 (1965), 395–397.
- STUDYNKA, G.: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Reaktionshaltungen und Einstellungen auf corticale Reizantworten bei erwarteten und unerwarteten akustischen Reizen. Dissertation, Wien 1968.

Dr. August Fenk
Universität für Bildungswissenschaften
Institut für Unterrichtstechnologie und Medienpädagogik
Universitätsstr. 67
A 9020 Klagenfurt