

Verarbeitungstiefe als Einflußfaktor auf das subjektive Zeitempfinden

Joachim Funke & Stefanie Grube-Unglaub

Psychologisches Institut der Universität Bonn



Als Erklärung für subjektive Zeitempfindung und die dabei auftretenden Täuschungen werden aus gedächtnispsychologischer Perspektive häufig Effekte von Verarbeitungsmenge und Verarbeitungsaufwand geltend gemacht. In der vorliegenden Arbeit liegt der Operationalisierung des Verarbeitungsaufwands das Konzept der Verarbeitungstiefe zugrunde: N = 84 Pbn müssen in einem Zeitschätz-Experiment 10 bzw. 15 prototypische Geräusche oberflächlich bzw. tief verarbeiten, bevor sie anschließend mit einem Herstellungsverfahren ihre empfundene Zeit mitteilen und eine verbale Schätzung abgeben. Die laut Hypothese erwartete erhöhte Zeitunterschätzung bei tiefer Verarbeitung tritt im Rahmen eines Herstellungsparadigmas experimentell genauso auf wie ein Effekt der Menge des Materials. Da der Effekt der Verarbeitungstiefe jedoch schwächer als erwartet ausfällt, wird eine Zusatzuntersuchung an 58 weiteren Pbn durchgeführt. Auch dort tritt dieser Effekt auf. Damit ist demonstriert, daß eine Gegenstandserweiterung des «levels of processing»-Ansatzes auf den Bereich der subjektiven Zeitempfindung gewinnbringend vollzogen werden kann.

Depth of processing as a determinant of subjective time estimation. Effects of processing quantity and processing effort are commonly used by cognitive psychologists to explain time estimation and time illusion. In the present paper processing effort is interpreted in terms of levels of processing. N = 84 subjects in a time estimation experiment had to process 10 or 15 prototypical acoustic stimuli under low-depth or elaborated conditions before producing the estimated time interval and giving a verbal estimation. In accordance with our hypothesis, experimental effects of number of stimuli occurred as well as effects of levels of processing, producing time underestimation with growing depth of processing in a production paradigm. Because of the importance of the effect, an additional experiment with 58 new subjects was run. The results replicated the effect. Thus, an extension of the «levels of processing»-approach to the phenomenon of time illusion can efficiently be demonstrated.

Zeitwahrnehmung und Zeitschätzung unterscheiden sich nach einer gängigen Einteilung von Fraisse (1984) hinsichtlich des Anteils, den Gedächtnisprozesse am Zustandekommen des subjektiven Urteils haben. Während man bei Zeitspannen im Millisekunden-Bereich von Wahrnehmung spricht, handelt es sich bei längeren Zeitstrecken, die Gedächtnisprozesse erforderlich machen, um Schätzungen. Der vorliegende Beitrag versucht, den gedächtnispsychologischen Ansatz der Verarbeitungstiefe («levels of processing»; Craik & Lockhart, 1972) auf das Zustandekommen von Zeittäuschungen, d.h. auf Unter- bzw. Überschätzungen tatsächlicher Zeitintervalle anzuwenden.

Problemstellung

Zunächst wird ein kurzer Überblick über Theorien zur Zeitschätzung gegeben. Eine ebenfalls kurze Darstellung des Modells der Verarbeitungstiefe leitet über zu den Hypothesen, die

aus der Anwendung des «levels of processing» (LOP)-Modells auf den Bereich der Zeitschätzung resultieren.

Modelle zur Zeitschätzung

Block und Reed (1978) sowie Poynter und Homa (1983) unterscheiden vorliegende Theorien zur Zeitschätzung nach der Art der Manipulation, die am Inhalt eines zu schätzenden Zeitintervalls vorgenommen wird: (1) Manipulation an der Anzahl intervenierender Ereignisse, (2) Manipulation an Art bzw. Umfang der geforderten Informationsverarbeitung, sowie (3) Manipulationen an der Komplexität des zu bearbeitenden Reizmaterials.

In einer vorangegangenen Arbeit (Funke, 1988, 1989) konnte gezeigt werden, daß auftretende Zeittäuschungen sowohl von der Verarbeitungsmenge als auch vom Verarbeitungsaufwand abhängen.

Betrachtet man den Aspekt des Verarbeitungsaufwands genauer, wird die Querverbin-

dung dieses Konzepts zum kognitionspsychologischen Konzept der Verarbeitungstiefe deutlich. Eine tiefere Verarbeitung wird ja gerade durch erhöhten Verarbeitungsaufwand erreicht. Diesem Modell wird im nächsten Abschnitt genauer nachgegangen.

Das gedächtnispsychologische Modell der Verarbeitungstiefe

Wippich (1984, p. 25f.) unterscheidet auf einer Metaebene zwischen assoziationalistischen, kognitiven und kontextualistischen Gedächtnismodellen. Während assoziationalistische Modelle in der Tradition von Ebbinghaus (1885/1971) eher einer mechanistischen Annahme folgen, verstehen kognitive Modelle den Menschen als aktiven Informationsverarbeiter. Kontextualistische Modelle folgen der Tradition Bartletts (1932) und betonen zusätzlich die Rolle der Umgebungsfaktoren, in die eine Lernepisode eingebettet ist (vgl. Bransford, 1979).

Hinsichtlich der Bewertung dieser drei verschiedenen Ansätze kommt Wippich zu dem Urteil, kontextualistische Ansätze stellen «lediglich ein Versprechen für die Zukunft» dar, assoziationalistische Ansätze seien wegen der Abkoppelung der Gedächtnisprozesse von anderen kognitiven Prozessen ungeeignet, wohingegen kognitive Modelle eine gute Ausgangsbasis für die integrative Behandlung vielfältiger Phänomene abgäben. Das von Wippich vorgeschlagene «modale» kognitive Gedächtnismodell stellt somit eine überarbeitete Mehrspeicher-Konzeption dar, in der unter der Kontrolle eines zentralen Prozessors sensorische Register, Kurz-, Langzeit- und Arbeitsspeicher sowie ein «response generator» zusammenwirken.

Wie läßt sich in dem modalen Modell der «levels of processing»-Ansatz integrieren, der ja gerade als Kritik gegen diese Konzeption begründet wurde? Wie bereits bei Bredenkamp & Wippich (1977) dargelegt, handelt es sich bei genauere Betrachtung nicht um inkompatible Konzeptionen, sondern vielmehr um Akzentverlagerungen einmal hin zu den Speicherstrukturen, zum anderen hin zu den Verarbeitungsprozessen. Beide Aspekte stehen jedoch in wechselseitiger Beziehung, so daß Wippichs modales Modell durchaus beide Ansätze verbinden kann.

Die von Craik und Lockhart (1972) eingeführte Konzeption der Verarbeitungstiefe besagt (vgl. Kluwe, 1990, pp. 161-165), daß die Intensität der Beschäftigung mit einem Objekt eine wesentliche Determinante der Behaltensleistung sei. Wie Craik und Tulving (1975) zeigen konnten, ist intensive (tiefere) Verarbeitung keineswegs an längere Verarbeitungszeit geknüpft. Die Anzahl der Verarbeitungsschritte muß dagegen nach Ross (1981) als einflußreich angesehen werden, insofern als hierdurch eine Elaboration der Verarbeitungsinhalte im Sinne einer stärkeren Verknüpfung mit schon vorhandenen Gedächtnisinhalten unterstützt wird.

Hypothesen

Die Verbindung zwischen Aussagen des Modells der Verarbeitungstiefe und dem Phänomen «Zeittäuschung» eröffnet folgende interessante Hypothese: Das Ausmaß der Verarbeitungstiefe in bezug auf ein gegebenes Reizmaterial hat einen Einfluß auf die Empfindung eines Zeitintervalls derart, daß mit steigender Verarbeitungstiefe bei konstanter objektiver Zeit eine zunehmende Zeitunterschätzung einhergeht (Hypothese 1). Begründet wird diese Hypothese durch folgende Prozeßannahme: Bei der retrospektiven Schätzung wird auf die im Gedächtnis verfügbaren Ereignisse der zu schätzenden Episode zurückgegriffen; je mehr und je deutlicher derartige Ereignisse verfügbar sind, umso länger erscheint die Episode im Rückblick, wohingegen die Zeit während der Episode wie auch im operativ wiederhergestellten Zeitintervall unterschätzt werden sollte («die Zeit vergeht im Fluge»).

Der Hinweis auf die retrospektive Art der Schätzung - Probanden (Pbn) werden überraschend zur Schätzung eines vorangegangenen Zeitabschnitts aufgefordert - ist insofern wichtig, als gerade unter dieser Bedingung (und im Unterschied zur prospektiven Schätzmethode) die nachträgliche Erinnerung an die Inhalte des Schätzzeitraums besondere Bedeutung erfährt (vgl. Brown, 1985). Während unter prospektiven Bedingungen ein Teil der Aufmerksamkeit für die im vorhinein bekannte Schätzaufgabe reserviert werden kann, spielen retrospektiv die Verarbeitungsinhalte und -prozesse eine größere Rolle (vgl. Hicks, Miller & Kinsbourne, 1976).

Ein zusätzlich interessanter Aspekt ergibt sich aus der Überlegung, daß eine Variation der Verarbeitungstiefe im Zusammenhang mit dem «processing-effort»-Ansatz von Thomas und Weaver (1975) gesehen werden kann, wohingegen eine Variation der «Anzahl der Stimuli» eine Querverbindung zu dem konkurrierenden Konzept der «changes» (Fraisse, 1984) aufweist. Aus diesem Grund wird ein von der Verarbeitungstiefe unabhängiger Effekt der Stimulusmenge postuliert (Hypothese 2). Solche Effekte konnten in vorangegangenen Arbeiten (z.B. Funke, 1988) auf Individuenebene ziemlich konsistent nachgewiesen werden; diese Befundlage gilt allerdings nicht für die Interaktion zwischen Verarbeitungsaufwand und Verarbeitungsmenge. Daher wird keine entsprechende Interaktionshypothese formuliert.

Methode

Versuchsplan

Als *unabhängige Variable* ergibt sich entsprechend den aufgestellten Hypothesen ein Faktor «Verarbeitungstiefe» mit den Ausprägungen «elaboriert» bzw. «oberflächlich». Darüber hinaus soll die «Anzahl der dargebotenen Stimuli» variiert werden (10 bzw. 15). Damit ergibt sich insgesamt ein zweifaktorielles 2x2-Design.

Als *abhängige Variablen* interessieren im aktuellen Zusammenhang:

- (1) Die nach dem Herstellungsverfahren reproduzierte Zeit (RZ). Dieses Verfahren gewährleistet insofern eine subjektive Zeitschätzung, als der Pbn im Rahmen dieser Methode nicht auf abstrakte Einheiten (z.B. gewohnte Zeiteinheiten) Bezug nehmen kann, sondern ein vorgegebenes Zeitintervall operativ reproduzieren muß.
- (2) Die verbal geschätzte Zeit (VS) als eine quantitative Beurteilung der verstrichenen Zeit mittels gebräuchlicher Zeiteinheiten durch den Pbn.
- (3) Die Anzahl richtig bzw. falsch reproduzierter Gedächtnisinhalte, die sich auf das retrospektiv zu schätzende Zeitintervall beziehen, als Indikator der erreichten Verarbeitungstiefe und somit als nachträgliche

Kontrolle, inwieweit eine «elaborierte» bzw. «oberflächliche» Verarbeitungstiefe induziert wurde.

Als *Versuchsmaterial* dienen verschiedene prototypische Geräusche¹, die per Kassettenrecorder standardisiert dargeboten werden. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, daß das zu präsentierende Reizmaterial zu Beginn der Versuchssequenz so gewählt sein muß, daß am Ende dieser Sequenz im Rahmen eines Reproduktionstests eine Überprüfung der Behaltensleistung in bezug auf die dargebotenen Stimuli durchführbar ist. Eine solche Kontrolle erscheint bei akustischem Material im Sinne prototypischer Geräusche möglich.

«Prototypikalität» bezieht sich im Rahmen dieser Untersuchung zum einen auf den gewählten Abstraktheitsgrad (angestrebt wurden Geräusche auf dem «basic level» nach Rosch & Mervis, 1975), zum anderen Repräsentativität des Geräusches für einen bezeichnenden Begriff im Sinne leichter Benennbarkeit. Da für akustisches Material unseres Wissen keine Normen vorliegen, haben wir das Rating der fünf Versuchsleiter (VI) hierfür herangezogen.

Weiteres Hilfsmittel für die Versuchsdurchführung ist eine «Knopfdruck»-Apparatur. Hierbei handelt es sich um die Anlage eines offenen Stromkreises, in den eine Glühlampe integriert ist. Durch Drücken einer Taste wird der Stromkreis geschlossen, die Lampe leuchtet auf. Ferner haben die Pbn eine sog. Schlafbrille aufzusetzen, wodurch vermieden werden soll, daß sie möglicherweise auf ihre Uhr schauen. Außerdem werden zwei Stoppuhren benötigt, eine, um die gesamte verstreichende Zeit des jeweiligen Einzelversuchs mitzustoppen, die andere, um die von den Vpn hergestellte Zeit zu erfassen.

Bei der Bestimmung der notwendigen *Probandenzahl* pro Zelle des Versuchsplans wird -

¹ Die Liste umfaßt folgende Geräusche, die von Geräusche-Schallplatten (Europa-Label 111043.8, 111044.6, 111045.4, 111046.2) aufgenommen wurden: (1) Anlassen eines Autos, (2) Hundebellen, (3) Tür mit Schlüsselbund öffnen, (4) Telefon klingelt, (5) Düsenflugzeug, (6) Schreibmaschine, (7) Sirene, (8) Rasierer, (9) Pferdegeräusch, (10) Polizeiwagen, (11) Hühnergackern, (12) Staubsauger, (13) D-Zug, (14) Zähneputzen, (15) Bienenstimmen.

aus Ökonomiegründen - davon ausgegangen, daß sog. «large effects» im Sinne von Cohen (1977) zu erwarten sind. Bei einem tolerierten α - bzw. β -Fehler von je 0.10 sowie einer erwarteten Effektstärke von $f=0.40$ für die jeweiligen F-Tests ergibt sich ein N von 14 Beobachtungen pro Zelle, so daß insgesamt die Daten von mindestens 56 Pbn zu erheben sind (vgl. Cohen, 1977, Chap. 8.4). Für die Aufdeckung von «medium effects» ($f=0.25$) wären unter sonst gleichen Bedingungen insgesamt 140 Pbn zu untersuchen.

Versuchsdurchführung

Die experimentellen Erhebungen finden in Einzelsitzungen statt, so daß dem Pb möglichst keine Anhaltspunkte für eine zeitliche Orientierung gegeben werden und seine Zeitschätzung nicht einem Gruppendruck unterliegt.

Aufgrund des 2×2 -Designs ergeben sich vier Gruppen von Pbn, die nach dem Zufallsprinzip auf die vier experimentellen Bedingungen verteilt werden. Ebenfalls randomisiert werden jeweils zwei der fünf VI (vier weibliche, ein männlicher) einer experimentellen Sitzung zugeordnet; einer der VI hat dabei die Aufgabe, die beiden Stoppuhren zu betätigen, der andere verliest die Instruktion, bedient den Kassettenspieler und protokolliert die Angaben des Pb bzgl. des Fragebogens sowie des Reproduktionstests.

Zum besseren Verständnis des nachfolgend beschriebenen Versuchsablaufs dient Abbildung 1.

Den Pbn der Gruppen 1 und 3 (tiefe Verarbeitung) wird mitgeteilt, daß sie, nachdem sie verschiedene Geräusche vom Recorder gehört haben, diese in eine Geschichte einbetten sollen. Die Pbn der Gruppen 2 und 4 (oberflächliche Verarbeitung) erhalten hingegen den Auftrag, solange sie ein Geräusch hören, auf den neben ihnen befindlichen Knopf zu drücken. Wenn diese allgemeine Instruktion verstanden worden ist, ertönt per Kassette das Wort «Start» und es folgt die Darbietung der verschiedenen Geräusche, je nach Bedingung 10 (Gruppen 1 und 2) bzw. 15 (Gruppen 3 und 4) Stimuli. Das Zeitintervall der Präsentation akustischen Materials, das für alle Gruppen von gleicher Dauer ist, endet mit dem Wort «Stop», das ebenfalls

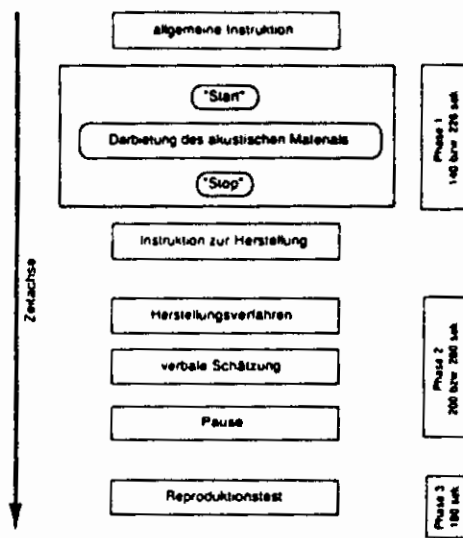


Abbildung 1: Veranschaulichung des Versuchsablaufs mit den verschiedenen Phasen.

per Kassette dargeboten wird. Nun folgt eine weitere Instruktion, die für alle Pbn gleich ist. Diese - wie auch die erste Instruktion - wird möglichst standardisiert vorgegeben; dennoch muß im Interesse des weiteren experimentellen Verlaufs auf etwaige Rückfragen seitens der Pbn eingegangen werden. Diese werden aufgefordert, die zwischen «Start» und «Stop» verstrichene Zeit nach dem Herstellungsverfahren, welches ihnen erläutert wird, zu reproduzieren, indem sie Beginn und Ende des subjektiv geschätzten Zeitintervalls entsprechend durch die Wörter «Start» und «Stop» markieren. Anschließend soll jeder Pb eine verbale Schätzung der während der Darbietung der Geräusche (Phase 1) vergangenen Zeit abgeben. Da das Intervall zwischen Ende der Tonpräsentation und Beginn des Reproduktionstests für alle Pbn gleich lang sein soll, um äquivalente Bedingungen für den Behaltenstest zu erhalten, schließt sich an die verbale Zeitschätzung zunächst ein Pausenintervall an, das sich je nach Person bemißt aus der Differenz zwischen «fixem Intervall (Phase 2)» minus «hergestellter Zeit (Phase 2)». Während dieser Pause sollen die Pbn dem VI einige demographische Fragen mündlich beantworten, so daß sie sich nicht auf die Verarbeitung der dargebotenen Stimuli konzentrie-

ren können, andererseits aber auch keine wesentliche Gedächtniskapazität in Anspruch genommen wird. Die Anzahl der Fragen, die der VI stellt, ist jeweils auf die Länge des individuellen Pausenintervalls abgestimmt. An dieses fixe Intervall (Phase 2) schließt sich dann für jeden Pb der Reproduktionstest (Phase 3) dergestalt an, daß möglichst viele der in Phase 1 präsentierten Geräusche reproduziert werden müssen, wobei nur eine begrenzte, jedoch ausreichende Zeit (180 sek) zur Verfügung steht. Um die angemessene Länge des konstant zu haltenden Zeitintervalls von Beginn der Phase 1 (Ertönen des Start-Signals) bis zum Beginn der Phase 3 (Reproduktionstest) empirisch zu ermitteln, diente ein Pb im Vorversuch als Schätzer. Die reine Präsentationszeit der Bedingung «10 Ereignisse» beträgt 140 sek, die der Bedingung «15 Ereignisse» 226 sek. Dabei ist die Dauer der einzelnen Geräusche ungleich lang gehalten, um ein «Hochrechnen» seitens der Pbn zu erschweren. Folgende empirisch ermittelte Faustregel erwies sich als adäquat und bestätigte sich in 87 der 89 Fälle: Dauer des konstanten Intervalls = $2 \times$ Präsentationszeit (140 bzw. 226 sek) + 60 sek Spielraum für Zeitüberschätzungen seitens der Pbn und für das Vorlesen der Instruktion.

Die genannten Items werden vom VI wörtlich protokolliert; der in Phase 3 verfügbaren Items soll - wie oben erwähnt - der Kontrolle des Grades der induzierten Verarbeitungstiefe dienen.

Probanden

Insgesamt nahmen 89 Pbn an der Untersuchung teil, die im Sommersemester 1988 in den Räumlichkeiten des Psychologischen Institutes durchgeführt wurde. Sie meldeten sich freiwillig auf einen Aushang im Institut oder erklärten nach Ansprechen ihre Bereitschaft zur Teilnahme. Die allesamt studentischen Pbn erhielten für die Teilnahme einen Nachweis in Form einer bescheinigten Versuchspersonen-Stunde.

Die Ergebnisse von fünf Pbn konnten nicht berücksichtigt werden, da sie Angaben bezüglich der hergestellten Zeit machten, die - wie sich in klärenden Gesprächen nach dem Experiment ergab - ihrem tatsächlichen Zeitgefühl nicht entsprachen und somit das Ergebnis verfälscht hätten.

Besonderheiten in der Untersuchungssituation ergaben sich vor allem durch die für die Pbn ungewohnte Methode des Herstellungsverfahrens. Aussagen wie «Ich bin richtig kribblig geworden» bei allen vier Gruppen ließen vermuten, daß es allgemein zu einer Zeitunterschätzung bei diesem Verfahren kommt, auch bei den Gruppen mit oberflächlicher Verarbeitung.

Ergebnisse

Entsprechend dem Versuchsplan wurden zweifaktorielle Varianzanalysen bezüglich der abhängigen Variablen (AVn) «reproduzierte Zeit» (RZ), «verbale Schätzung» (VS), «Anzahl richtig erinnertes Items» (RI) und «Anzahl falsch erinnertes Items» (FA) durchgeführt. Alle Analysen wurden mit dem Statistikpaket SYSTAT (Wilkinson, 1986) berechnet.

Die Varianzanalyse mit der AV RZ (s. Tab. 1) ergibt für beide UVn einen signifikanten Haupteffekt innerhalb des zuvor festgelegten Signifikanzniveaus von $\alpha=0.10$; die Interaktion ist statistisch nicht bedeutsam.

Eine Inspektion der Mittelwerte (vgl. Tab. 2) zeigt zum einen, daß für 10 Stimuli im Mittel 107.4 sek (real: 140 sek) reproduziert werden, für 15 Stimuli 162.2 sek (real: 226 sek). Die Mittelwerte der Variablen RZ unter den Bedingungen unterschiedlicher Verarbeitungstiefe (oberflächlich: 143.8 sek, elaboriert: 125.8 sek) weisen auf die prognostizierte größere Zeitunterschätzung bei elaborierter im Vergleich zur oberflächlichen Verarbeitung hin.

Die Analyse mit der AV VS (s. Tab. 1) weist nur einen starken Effekt der Anzahl der dargebotenen Stimuli nach (147.9 sek für 10 Stimuli, 193.8 sek für 15 Stimuli), liefert aber keinen signifikanten Effekt der Verarbeitungstiefe und erneut keinen Interaktionseffekt. Berechnet man dennoch die Mittelwerte (M) für die AV VS unter der Bedingung «oberflächlich» ($M=168.4$ sek) vs. «elaboriert» ($M=173.3$ sek), deutet sich zumindest auf deskriptiver Ebene eine Tendenz im Sinne der für eine retrospektive Schätzung postulierten Wirkung an. Wie Tabelle 2 ausweist, sind die Streuungen bei dieser AV generell erhöht.

Die Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianz-

Tabelle 1: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den AVn «Reproduzierte Zeit» (RZ) bzw. «Verbale Schätzung» (VS).

Quelle	df	AV «RZ»			AV «VS»		
		MS	F	Eta ²	MS	F	Eta ²
Anzahl (A)	1	62866.7	28.11*	0.253	44160.4	12.36*	0.134
Tiefe (T)	1	6840.0	3.06*	0.027	505.2	0.14	0.001
A x T	1	195.0	0.09	0.000	51.9	0.01	0.000
Fehler	80	2236.2			3572.8		

*p < 0.10

Tabelle 2: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (s) der reproduzierten Zeit (RZ) bzw. verbal geschätzten Zeit (VS; alle Angaben in Sekunden) in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen «Anzahl der Geräusche» und «Tiefe der Verarbeitung».

Anzahl	Tiefe	AV «RZ»		AV «VS»		N
		M	s	M	s	
10	oberfl.	118.0	42.6	144.7	58.6	21
10	elabor.	96.9	36.2	151.2	43.1	21
15	oberfl.	169.7	44.9	192.1	68.1	21
15	elabor.	154.7	61.1	195.5	66.1	21

Tabelle 3: Ergebnisse der zweifaktoriellen Varianzanalyse mit den AVn «richtig reproduzierte Geräusche» (RI) bzw. «falsch reproduzierte Geräusche» (FA).

Quelle	df	AV «RI»			AV «FA»		
		MS	F	Eta ²	MS	F	Eta ²
Anzahl (A)	1	65.2	30.04*	0.091	0.01	0.02	0.000
Tiefe (T)	1	448.0	206.45*	0.627	3.44	7.01*	0.081
A x T	1	27.4	12.64*	0.038	0.01	0.02	0.000
Fehler	80	2.2			0.49		

*p < 0.10

Tabelle 4: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (s) richtig (RI) bzw. falsch erinnertes Geräusche (FA) in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen «Anzahl der Geräusche» und «Tiefe der Verarbeitung».

Anzahl	Tiefe	RI		FA		N
		M	s	M	s	
10	oberfl.	5.52	1.25	0.66	0.97	21
10	elabor.	9.00	0.89	0.24	0.44	21
15	oberfl.	6.14	1.53	0.69	0.74	21
15	elabor.	11.90	1.99	0.24	0.54	21

analyse bei den zu Kontrollzwecken erhobenen Behaltensleistungen (richtig bzw. falsch erinnerte Geräusche) sind in Tabelle 3 dargestellt, Tabelle 4 zeigt Mittelwerte und Streuungen.

Wie man aus den beiden Tabellen entnehmen kann, gibt es bezüglich der AV «Anzahl richtig erinnertes Items» einerseits einen bedeutsamen Haupteffekt der Anzahl der dargebotenen Sti-

muli (7.26 richtig erinnerte von 10 vs. 9.02 von 15 präsentierten Stimuli), andererseits einen starken Effekt der Verarbeitungstiefe (5.83 vs. 10.45 richtig erinnerte Stimuli), der die Wirksamkeit des entsprechenden Treatments dokumentiert. Dies ist ebenfalls an den jeweiligen Anteilen erklärter Varianz (Eta² in Tab. 3) zu erkennen. Auch die Interaktion von Anzahl

und Tiefe ist statistisch bedeutsam, insofern als der Zugewinn an erinnerten Stimuli bei wachsender Itemmenge vor allem für die tiefe Verarbeitung wirksam wird. Abbildung 2 veranschaulicht diesen Interaktionseffekt.

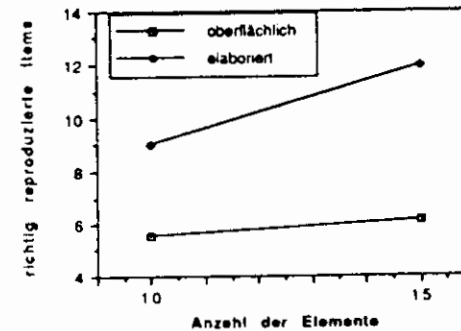


Abbildung 2: Anzahl richtig reproduzierter Items unter den vier Versuchsbedingungen.

Hinsichtlich der Zahl fälschlich erinnertes Stimuli zeigt Tabelle 3 nur einen Haupteffekt der Verarbeitungstiefe: bei oberflächlicher Verarbeitung werden mehr nichtvorhandene Items «erinnert» (0.67 vs. 0.24 bei elaborierter Verarbeitung; vgl. Tab. 4).

Absicherung des Befundes durch weitere Datenerhebungen

Angesichts der Tatsache, daß der theoretisch interessante Effekt der Verarbeitungstiefe bei der AV «reproduzierte Zeit» nur mit kleiner Effektstärke (Eta² = 0.027) auftrat, nahmen wir zur Absicherung dieses Befundes eine ergänzende Datenerhebung nach dem Waldschen Prinzip sequentieller Testverfahren vor (vgl. Wald, 1943; Sachs, 1968, pp. 217-223; Weber, 1972, pp. 412-500). Dies bedeutet: Daten werden sequentiell erhoben und nach jedem einzelnen Pbn wird getestet, ob die zu prüfende Hypothese als angenommen bzw. verworfen gelten muß oder ob noch keine Entscheidung möglich ist und daher ein weiteres Datum zu erheben ist.

Diese Replikationsuntersuchung beschränkte sich auf die Bedingung mit 10 Ereignissen. In einseitigem Test sollte die Hypothese $\mu(RZ_{\text{oberflächlich}}) > \mu(RZ_{\text{elaboriert}})$ streng getestet werden, d.h. für $\alpha = \beta = 0.05$. Die Effekt-

stärke d wurde nach den Ergebnissen der vorangegangenen Untersuchung (Bedingung: 10 Ereignisse) auf etwa 0.5 geschätzt (vgl. Cohen, 1977, p. 20f.) und entspricht somit ziemlich genau einem «medium effect». Der sequentielle t-Test wurde nach dem bei Bauer, Scheiber und Wohlzogen (1986, p. 79f.) angegebenen Verfahren bestimmt. Die Daten der 42 Pbn mit 10 Geräuschen aus der ersten Erhebung wurden als Basis zugrundegelegt.

Die Datenerhebungsprozedur für die zusätzlichen Pbn verlief genau wie im eben beschriebenen Fall. Es sollten solange Daten erhoben werden, bis eine eindeutige Entscheidung über die Mittelwertshypothese möglich war.

Abbildung 3 zeigt den Verlauf der kritischen *fn*-Statistik für insgesamt 50 Pbn-Paare (je ein oberflächlich bzw. elaboriert verarbeitendes Pbn), die die vorher festgelegten Werte für G-Null unterschreiten bzw. G-Eins überschreiten mußte, um den Abbruch des sequentiellen Verfahrens zu bewirken.

Wie zu erkennen ist, wurde nach dem 42. Pbn-Paar *fast* die Grenze überschritten. Wir entschlossen uns daher, nach 58 nacherhobenen Pbn (29 zusätzliche Pbn-Paare zu den 21 Paaren der Erhebung) den Sequentialtest trotz Nichterreichens einer der beiden kritischen Schwellen abbrechen. Die Entscheidung zugunsten unserer H₁ wurde nur knapp verfehlt, ein klassischer t-Test zeigt bei einer Mittelwertsdifferenz von ca. 20 sek (115.3 sek flach, 95.9 sek tief) einen bedeutsamen Unterschied an ($t_{(49)} = 2.60$). Dies bestätigt uns in der Annahme von H₁.

Diskussion

Das geschilderte Experiment wie auch die Nacherhebung belegen deutlich den zwischen subjektiver Zeitempfindung und Gedächtnisprozessen postulierten Zusammenhang (Hypothesen 1 und 2). Die empfundene Zeit wird im Mittel knapp 20 sek kürzer operativ hergestellt, wenn die präsentierten Stimuli elaboriert statt oberflächlich verarbeitet wurden. Diesen Effekt halten wir für verlässlich, da er sowohl in der Erst- als auch in der Nacherhebung etwa gleichgroß ausfiel. Ferner ergibt sich unabhängig von Verarbeitungstiefe und Zeitschätzpara-

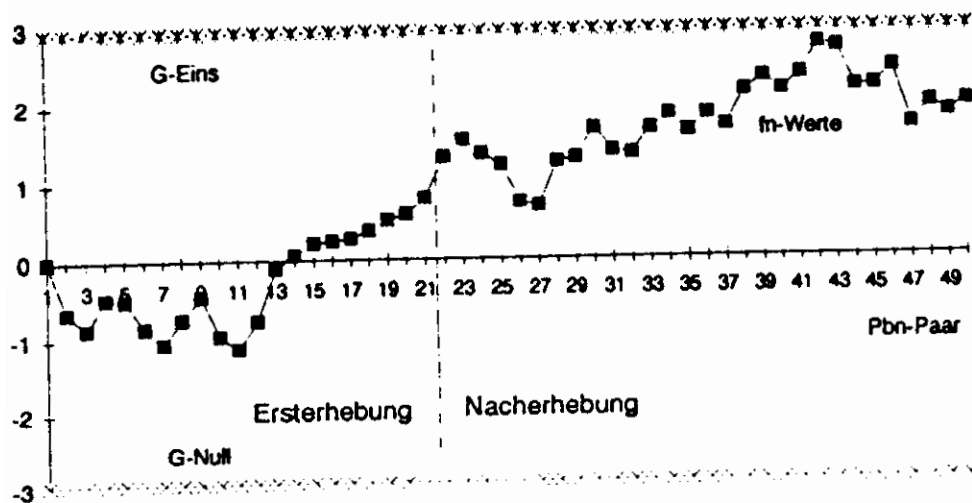


Abbildung 3: Verlauf der f-Werte in der Nacherhebung.

digma ein (trivialer) Haupteffekt der Anzahl der dargebotenen Stimuli.

Bei der Berechnung der Korrelation von RZ und VS zeigt sich nur ein sehr geringer Zusammenhang ($r=0.38$). Dies läßt sich u.E. ebenfalls darauf zurückführen, daß bei dem verwendeten Herstellungsverfahren Gedächtnisprozesse eine wichtige Rolle spielen, wohingegen sich die verbale Schätzung (vgl. die erhöhten Streuungen!) eher an undifferenzierten Standardzeiten orientiert. Dafür spricht auch der Befund, daß 77 der 84 Pbn der Ersterhebung sowie 53 der 58 Pbn der Nacherhebung eine Verbalschätzung durch eine auf Null endende Zahl angaben, bei 68 dieser 77 Pbn bzw. bei 47 dieser 53 Pbn ließ sich die verbale Angabe sogar ohne Rest durch 30 teilen. In diesem Zusammenhang ist auch auf die erhöhten Streuungen der AV VS hinzuweisen.

Das Ausbleiben eines Interaktionseffekts zwischen Verarbeitungstiefe und Stimulusmenge bezüglich der AVn RZ und VS ist nicht überraschend: bereits in der Arbeit von Funke (1988) war – bis auf eine Ausnahme – keine Interaktion zwischen den vergleichbaren Faktoren «changes» und «processing effort» aufgetreten. Die Additivität von Menge und Verarbeitungstiefe scheint auch plausibel: der Verarbeitungsaufwand bezieht sich ja auf das einzelne Item, während die Anzahl sich auf einen

bestimmten Zeitraum bezieht. Somit liegen unterschiedliche Analyseeinheiten vor (vgl. hierzu Funke, 1989, p. 387).

Ein weiterer interessanter Aspekt eröffnete sich in stichprobenartigen Befragungen der Pbn im Anschluß an das Experiment: einige Pbn verwendeten beim Herstellungsverfahren wie beim verbalen Schätzen naive Rechenformeln, bei denen die Anzahl der erinnerten Geräusche als Bezugsgröße diente. Dies ließe sich als Hinweis auf die Bedeutung der «changes» im Sinne von Fraisse (1984) deuten. Die geschätzte Zeit könnte etwa, folgt man Pbn-Aussagen, nach der folgenden Heuristik ermittelt werden: «Geschätzte Zeit» = «erinnerte Anzahl Geräusche» × «geschätzte Dauer eines Geräusches» + «Korrekturkomponente». Die zuletzt genannte additive Komponente weist auf einen metakognitiven Kontrollprozeß, nämlich die (meist korrekte) Annahme der Pbn, nicht alle dargebotenen Geräusche erinnern zu können und daher noch etwas Zeit aufzuschlagen. Darüber kann jedoch an dieser Stelle nur spekuliert werden.

Arlin (1986, 1989) hat in entwicklungspsychologischem Kontext unter anderem untersucht, wie sich «attentional demand» (experimentell in zwei Stufen manipuliert) auf die Zeitschätzung bei 6-, 9- und 12jährigen Kindern auswirkt. Es zeigte sich, daß unter hoher Auf-

merksamkeitsanforderung kürzere Zeiten reproduziert wurden. Höhere Aufmerksamkeit ist eine Voraussetzung vertiefter Elaboration; daher deuten die von Arlin berichteten Befunde ebenfalls in die von uns vermutete Richtung, obwohl natürlich Zeitschätzungen von Kindern insgesamt weniger verlässlich sein dürften.

Nicht ohne weiteres vereinbar mit unserer Hypothese erscheinen Daten von Fortin und Rousseau (1987), die eine Aufgabe zur Zeitschätzung mit dem klassischen Experiment von S. Sternberg über Gedächtnisuche verbanden. Dort zeigte sich ein unklares Bild, was das Verhältnis der reproduzierten Zeit zur Set-Größe des Gedächtnisexperimentes betraf. Dies kann aber mit den dort relativ kurzen Zeitspannen (im Sekundenbereich) zu tun haben. Die genannten Autoren räumen ein, daß die Größe des Arbeitsgedächtnisses für Aufgaben der Zeitschätzung kritisch sein dürfte. Diese eher strukturbezogene Aussage steht allerdings mit unseren stärker am Verarbeitungsprozeß orientierten Annahmen nicht in Widerspruch.

Sieht man einmal von der eingeschränkten Generalisierbarkeit des Experiments ab, die sich vor allem aufgrund der speziellen Stichprobe von fast ausschließlich Psychologie-Studenten ergibt, konnte unseres Erachtens eine Gegenstandserweiterung des «levels of processing»-Ansatzes auf den Bereich der subjektiven Zeitempfindung im dargestellten Sinne mit Gewinn vollzogen werden. Die Ergebnisse der Replikationsuntersuchung haben die Stabilität des Effekts demonstriert. Es bleibt zu konstatieren, daß es auch für andere Teilgebiete der Psychologie ein gewinnbringendes Verfahren sein könnte, Konzeptionen aus unterschiedlichen Gebieten zusammenzuführen. Insbesondere der Gedächtnispsychologie dürfte dabei wegen ihrer universellen Bedeutung eine vielversprechende Rolle zufallen.

Autorenhinweis

Wir danken Regina Diedrichs, Anke Hagen, Muriel Lamm und Marcus Stobbe für ihre Hilfe bei der Datenerhebung. Jürgen Bredenkamp, Axel Buchner, Edgar Erdfelder, Horst Müller (alle Bonn) und Walter Perrig (Basel) haben wertvolle Hinweise zu einer Erstfassung der Arbeit gegeben.

Literatur

- Arlin, M. (1986). The effects of quantity, complexity, and attentional demand on children's time perception. *Perception & Psychophysics*, 40, 177-182.
- Arlin, M. (1989). The effects of physical work, mental work, and quantity on children's time perception. *Perception & Psychophysics*, 45, 209-214.
- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bauer, P., Scheiber, V. & Wohlzogen, F.X. (1986). *Sequentielle statistische Verfahren*. Stuttgart: Gustav Fischer.
- Block, R.A. & Reed, M.A. (1978). Remembered duration: Evidence for a contextual-change hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 656-665.
- Bransford, J.D. (1979). *Human cognition*. Belmont: Wadsworth.
- Bredenkamp, J. & Wippich, W. (1977). *Lern- und Gedächtnispsychologie. Band 2*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Brown, S.W. (1985). Time perception and attention: The effects of prospective versus retrospective paradigms and task demands on perceived duration. *Perception & Psychophysics*, 38, 115-124.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences. Second edition*. New York: Academic Press.
- Craik, F.I.M. & Lockhart, R.S. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Craik, F.I.M. & Tulving, E. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 268-294.
- Ebbinghaus, H. (1971). *Über das Gedächtnis, Untersuchungen zur experimentellen Psychologie*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft (Original erschienen in Leipzig: Dunker, 1885).
- Fortin, C. & Rousseau, R. (1987). Time estimation as an index of processing demand in memory search. *Perception & Psychophysics*, 42, 377-382.
- Fraisse, P. (1984). Perception and estimation of time. *Annual Review of Psychology*, 35, 1-36.
- Funke, J. (1988). «Changes» oder «Effort»? Eine Überprüfung von zwei Theorien zur Zeitschätzung. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 35, 218-241.
- Funke, J. (1989). Ein Modell zum Einfluß von Verarbeitungsaufwand und Veränderungsmenge auf das subjektive Zeitempfinden. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 36, 386-392.
- Hicks, R.E., Miller, G.W. & Kinsbourne, M. (1976). Prospective and retrospective judgments of time as a function of amount of information processed. *American Journal of Psychology*, 89, 719-730.
- Kluwe, R.H. (1990). Gedächtnis und Wissen. In H. Spada (Hrsg.), *Lehrbuch Allgemeine Psychologie* (pp. 115-187). Bern: Huber.
- Poynter, W.D. & Homa, C. (1983). Duration judgment and the experience of change. *Perception & Psychophysics*, 33, 548-560.
- Rosch, E. & Mervis, C.B. (1975). Family resemblances: Studies in the internal structure of categories. *Cognitive Psychology*, 7, 573-605.
- Ross, B.H. (1981). The more, the better? Number of decisions as a determinant of memorability. *Memory & Cognition*, 9, 23-33.

- Sachs, L. (1968). *Statistische Auswertungsmethoden*. Heidelberg: Springer.
- Thomas, E. A. C. & Weaver, W. B. (1975). Cognitive processing and time perception. *Perception & Psychophysics*, 17, 363-367.
- Wald, A. (1943). *Sequential analysis of statistical data: Theory. A report submitted by the Statistical Research Group, Columbia University, to the Applied Mathematics Panel*. New York: Columbia University Press (zit. nach E. Weber, 1972, p. 610).
- Weber, E. (1972). *Grundriß der biologischen Statistik. Anwendungen der mathematischen Statistik in Naturwissenschaft und Technik*. Jena: Gustav Fischer Verlag.
- Wilkinson, L. (1986). *SYSTAT: The system for statistics*. Evanston, Ill.: SYSTAT Inc.
- Wippich, W. (1984). *Lehrbuch der angewandten Gedächtnispsychologie. Band 1*. Stuttgart: Kohlhammer.

Korrespondenzadresse:

Joachim Funke, Stefanie Grube-Unglaub, Psychologisches Institut, Universität Bonn, Römerstr. 164, D-5300 Bonn 1