# Alfred Lang

Psychologisches Institut der Universität Bern

DIE INNERE UHR ALS MULTIPLES SYSTEM:

BEITRAG ZUR PSYCHOLOGIE DER ZEITWAHRNEHMUNG UND DES ZEITVERHALTENS

Im Frühling 1971 als Habilitationsschrift angenommen von der philosophisch-historischen Fakultät der Universität Bern

Mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Projekt Nr. 5247.1

## INHALT

| Einleitung   | 5          |
|--|------------|
| Literaturübersicht                                   | 9          |
| Terminologische Vorbemerkungen                       | 9          |
| Diskrimination von Dauer                             | 14         |
| Unterschiedsempfindlichkeit für Dauer                | 14         |
| Dauer als diskrete Dimension (Momenttheorie)         | 19         |
| Ein stochastisches Modell (POISSON-Zähler)           | 26         |
| Die psychophysische Relation                         | 29         |
| Dauer als Funktion der Zeit                          | 32         |
| Zeit-Ordnungs-Fehler                                 | 36         |
| Verblassen der Erinnerungsspur<br>Kumulative Effekte | 37<br>38   |
| Zeitabhängige Dauerdilatation                        | <b>3</b> 9 |
| Dauer als Funktion eines Bezugssystems               | 42         |
| Die Wirkung von Feedback                             | 43         |
| Dauerkonstanz<br>Singuläre vs. komplexe Prozesse als | 47         |
| Grundlage der Dauerdimension                         | 50         |
| Der Aufbau der inneren Uhr                           | 53         |
| Das Prinzip des Einheitenzählens                     | 55         |
| Schwierigkeiten de <b>s</b> Einheitenzählprinzips    | 60         |
| Die multiple Uhr                                     | 63         |
| Experimenteller Teil                                 | 71         |
| Experiment I   |            |
| Methode  | 72         |
| Ergebnisse und Interpretation                        | 75         |
| Experiment II  | 86         |
| Methode  | 86         |
| Ergebnisse und Interpretation                        | 90         |
| Experiment III (zur multiplen Uhr)                   | 94         |
| Experimentelle Strategie                             | 94         |
| Ablauf des Grundversuchs                             | 97         |

|                      | Reizvorlagen des Grundversuchs (Lichtpunktdichte)   | 100               |
|----------------------|---|-------------------|
|                      | - · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·   | 102               |
|                      | Messung des Zeitverhaltens  | 106               |
| İ                    | Ergebnisse von Vorversuchen   | 110               |
|                      | Ergebnisse des Grundversuchs  | 111               |
|                      | A) R <b>eizangebot</b> aa, bb, ab und <b>ba</b><br>B) Reizangebot cd, fg, cf und df   | 111<br>124        |
| i                    | Anzahl betrachteter Bilder und längere Produktion   | 132               |
| ;                    | Spontane Oszillatorvariationen und längere Produktion   | 136               |
| Ехр                  | eriment IV (Knotenschnüre)  | 139               |
| 1                    | Ergebnisse und Diskussion: Vorbemerkungen   | 146               |
| i                    | Replikation von Reizverteilungen des Grundversuchs  | 148               |
| 1                    | Vergleich von ein, zwei und drei<br>Betrachtungsintervall-Klassen   | 153               |
| 2                    | Zeitverhalten in zwei Betrachtungsintervall-Klassen   | 157               |
| 7                    | Zeitverhalten in drei Betrachtungsintervall-Klassen   | 166               |
|                      | Variation der kurzen Betrachtungsdauern<br>Variation der mittellangen Betrachtungsdauern<br>Variation der längeren Betrachtungsdauern | 166<br>166<br>171 |
| Schlussbemerkung     |   | 175               |
| Literaturverzeichnis |   | 176               |
|                      |   |                   |

### Einleitung

Zeit ist stets mit Ereignissen verbunden. Jedes Ereignis hat eine endliche Dauer; zwei oder mehr Ereignisse sind entweder gleichzeitig oder sie folgen einander. Unter dem Gesichtspunkt der Psychologie ist Zeit nicht unabhängig von einem Agenten (Individuum, Person) denkbar. Zeit bezieht sich dann auf die Beziehung zwischen Ereignissen und dem Agenten. Der Agent löst Ereignisse aus, gleichzeitig oder in Abfolge, oder der Agent wird durch Ereignisse betroffen. Da der Agent in der Abfolge von Ereignissen mit sich selbst identisch bleibt, ist er ein "Ort" von aufeinander bezogenen Ereignissen oder ein Zeitort. Sind Ereignisse durch einen gemeinsamen Zeitort aufeinander bezogen, so sind ihre Dauer und Gleichzeitigkeit oder Sukzession wechselweise ineinander überführbar. Denn die Repräsentation eines Ereignisses im Agenten setzt eine Zustandsänderung des Agenten voraus, welche ihrerseits ein Ereignis ist und also dauert. Wenn zwei solche Zustandsänderungen des Agenten zusammenfallen, dann sind die durch sie repräsentierten Ereignisse gleichzeitig. Wenn der Agent hingegen zuverlässig angeben kann, welches Ereignis vor oder nach dem andern stattfindet, so setzt dies voraus, dass die das erste Ereignis repräsentierende Zustandsänderung abgeschlossen ist, wenn die zweite einsetzt. Damit ist als Grenze zwischen Gleichzeitigkeit und Sukzession die Dauer der Zustandsänderung des Agenten erkannt. Kraft ihres gemeinsamen Zeitortes bilden alle Zustandsänderungen eines Agenten eine durch Inklusion (Gleichzeitigkeit) und Exklusion (Sukzession) eindeutig beschreibbare Zeitreihe. Die Zeitreihe eines Organismus ist transitiv und nicht umkehrbar. Sie hat zumindest den Skalencharakter einer Ordnungsreihe.

In der Physik werden periodische Ereignisse zur Herstellung von Zeitreihen (Uhren) ausgenützt, welche Intervalleigenschaften aufweisen. Das physikalische Konstruktum der Zeit beherrscht unser direktes Erleben so sehr, dass wir uns die Zeit des Agenten (die sog. subjektive Zeit oder Dauer) kaum anders als mit Intervalleigenschaften vorstellen können. Die Infinitesimalrechnung und die Möglichkeit der Physik, sehr viele kürzere-

allerdings stets endlich lange - Zustandsänderungen als diejenigen des Agenten zur Konstruktion von Uhren zu benützen. bekräftigten wohl die Selbstverständlichkeit, mit der wir Dauer als ein kontinuierliches Phänomen haben. So wurden in der Psychologie der Zeit die Voraussetzung der Additivität der Dauer und damit die Intervalleigenschaften einer Dauerskala bisher nie bezweifelt. Das kommt deutlich in den verschiedenen Versuchen zur Skalierung der Dauerdimension zum Ausdruck. Auch die Modellvorstellungen der inneren Uhr, die vorgebracht worden sind, stehen mit dieser Voraussetzung in Einklang. Die Intervalleigenschaften der Dauerskala des Agenten sind nämlich dann gesichert, wenn alle Zustandsänderungen des Agenten, welche für die zeitlichen Aspekte seines Erlebens und Verhaltens relevant sind, ein- und demselben Typus angehören. Die Aneinanderreihung von Zustandsänderungen der gleichen Art ergibt eine periodische Zeitreihe und - ergänzt durch ein additives Zählwerk ist die innere Uhr den physikalischen Uhren nachmodelliert. Diese Vorstellung ist im vorigen Jahrhundert schon deutlich bei WUNDT und bei MÜNSTERBERG ausgesprochen und hat stets mehr oder weniger explizit die Forscher des Gebietes geleitet. Neuerdings ist es durch die Entwicklung der Kybernetik zu sehr detaillierten Formulierungen dieses Einheiten-Zähl-Modelles der inneren Uhr gekommen (besonders TREISMAN, 1963; MICHON, 1967). Insbesondere ist die Idee eines psychologischen "Moments" als Einheitsdauer schon von philosophischer (COLERIDGE, 1817; von BAER, 1864; BERGSON, 1908) und biologischer Seite (von UEXKÜLL, 1928: BRE-CHER, 1932) postuliert worden und spielt in der neuen experimentellen Forschung zum Problem eine wichtige Rolle (Gleichzeitigkeitsschwelle und central intermittency). Das Einheitenzählmodell der "inneren Uhr" bedeutet gegenüber der Annahme einer kontinuierlichen, beliebig teilbaren Dauerdimension zweifellos einen wichtigen Fortschritt, insofern es die diskrete Natur der Dauerdimension entsprechend der endlichen Dauer jeder Zustandsänderung des Agenten anerkennt.

Anderseits stehen aber, wie zu zeigen sein wird, eine ganze Reihe von Befunden mit dem Einheitenzählmodell in Widerspruch. Es sind verschiedene zusätzliche Mechanismen zum Einheitenzählmodell vorgeschlagen worden (z.B. FRANKENHAEUSER, 1959; TREISMAN, 1963; COHEN, 1967), welche vorwiegend Variationen der Einheits-

dauer sowie Besonderheiten des Zählwerks und der Retention der Zählerwerte zum Gegenstand haben. Solche Zusatzmechanismen haben wohl die Anpassung der Vorhersage des Modells an bestimmte Datensätze verbessert; ihr Erklärungswert ist aber von geringem Allgemeinheitsgrad geblieben. Trotz einer grossen Zahl von entsprechenden Vorschlägen (vgl. MICHON, 1967) ist ferner bisher eine situationsunabhängige Operationalisierung des (oder eines) Momentes nicht gelungen, und um den Nachweis seiner Relevanz für das Zeitverhalten ist es noch ärger bestellt.

Aus der Literatur und aus theoretischen Erwägungen ergeben sich ferner Hinweise, welche die Berechtigung der Annahme von Intervalleigenschaften der Dauerdimension und die Brauchbarkeit des Einheitenzählmodells in Frage stellen. Zweifellos hat die Variable "Dauer" mehr als Ordinalcharakter. Wie die widersprüchliche Fülle der publizierten Daten zeigt, ist sie aber durch eine Vielzahl bekannter und unbekannter Einflüsse allerhand Schrumpfungen und Dehnungen unterworfen, und insbesondere scheint das Tempo der inneren Uhr von der Länge des zu verarbeitenden Intervalls selbst abhängig zu sein (nicht-lineare Relation zwischen der Uhrzeit und der sog. subjektiven Dauer sowie kumulative Effekte, vgl. unten). Die Frage stellt sich, ob es aussichtsreicher ist, von einem Modell mit einfachen Eigenschaften (Homogenität, Additivität, Gleichabständigkeit) auszugehen und die nötigen Korrekturen zur Annäherung an die empirischen Befunde zusätzlich einzubauen, oder ob nicht besser zum vornherein ein Modell konzipiert werden soll, welches dem besondern Sachverhalt Rechnung trägt. Angesichts der Verwirrung. die im Bereich der Psychologie der Zeit trotz einhundert Jahren beträchtlicher Anstrengungen unter dem erstgenannten Ansatz immer noch herrscht, ist wohl ein Versuch mit dem zweiten Ansatz einmal angezeigt.

Es wird also im Folgenden der Versuch unternommen, zunächst einmal die neuere Literatur der Zeitpsychologie in Übersicht darzustellen, und zwar unter besonderer Berücksichtigung von solchen Aspekten, welche im Hinblick auf eine konstruktive Alternative zur Einheitenzähltheorie von Interesse sein könnten. Ein solches gezieltes Ausforschen der Literatur, welches häufig

darauf angewiesen ist, Befunde in einem andern Zusammenhang als sie erhoben worden sind, wenigstens versuchsweise neu zu interpretieren, bedarf vielleicht einer Rechtfertigung, wenn man nicht zum vornherein bezweifelt, dass eine völlig unvoreingenommene Bestandesaufnahme ohne Leitidee fruchtbar und überhaupt möglich ist. Der Verfasser hatte zunächst eine theorieunabhängige Sichtung versucht, indem er die hinreichend detailliert verfügbaren Daten in eine gemeinsame Form transformierte und synoptisch darstellte. Wie zu zeigen sein wird, ist das Ergebnis wenig ermutigend. Danach waren die Befunde unter dem Gesichtspunkt des Einheitenzählmodells analysiert worden, wobei sich eine Reihe von Unstimmigkeiten ergaben, welche neben theoretischen Überlegungen – zur Herausarbeitung der neuen Theorie der multiplen Uhr wesentlich beigetragen haben.

Im zweiten, theoretischen Teil wird anschliessend versucht, Aussagen über den Aufbau der inneren Uhr auf Grund von allgemeinen Prinzipien zu machen. Der Verfasser möchte diesen Überlegungen bei ihrem gegenwärtigen Stand im Wesentlichen einen heuristischen Charakter zugeschrieben wissen. Bevor die Theorie weitergeführt wird, bedarf sie einer Bindung an die Erfahrungswelt.

Zu diesem Zweck werden im dritten, experimentellen Teil Methodik und Ergebnisse von empirischen Untersuchungen beschrieben, welche einerseits geeignet sind, die Vorstellung vom Einheitenzählen als wenig fruchtbar zurückzuweisen, und welche anderseits dazu dienen, die Idee der multiplen Uhr in ein etwas präziseres Modell überzuführen.

Es muss späteren Arbeiten vorbehalten bleiben, dieses Modell auf Grund weiterer Untersuchungsbefunde sowie mittels einer angemessenen Formalisierung in eine Form überzuführen, welche als falsifizierbare Theorie (POPPER, 1966) bezeichnet werden kann.

#### Literaturübersicht

### Terminologische Vorbemerkungen

Die Kenntnis der psychologischen Zeitdimension ist für den Fortschritt der Psychologie als Ganzes entscheidend. Denn ohne Berücksichtigung der Zeitdimension können psychologische Ereignisse nie umfassend repräsentiert werden. Die Voraussage von Verhalten erfolgt notwendig auf dem Hintergrund von vergangenem und gegenwärtigem Verhalten und bezieht sich auf künftiges Verhalten. Psychologische Erklärung ist ohne zeitlichen Aspekt nicht möglich. Doch kann sich die Vorhersage des Verhaltens entweder auf die Zeitdimension der Physik oder auf die Zeitdimension des handelnden Individuums beziehen.

Zwischen dem physikalischen und dem phänomenal-psychologischen Aspekt des Zeitbegriffs sollte stets auch terminologisch ein Unterschied gemacht werden. Man wird nicht umhin können, den Ausdruck "Zeit" als Universalbegriff für beide Bedeutungen zu verwenden. Spezifisch soll aber im folgenden "Zeit" in der Bedeutung der Physik bzw. der entsprechenden Alltagssprache benutzt werden: Zeit ist demnach ein kontinuierliches und nichtreversibles Merkmal eines Ereignisses oder der Existenz eines Gegenstandes. Als Zeitstrecken oder -perioden werden Abschnitte der Zeitdimension bezeichnet, welche durch Beginn und Ende eines distinkten (steten oder wechselnden) Signals begrenzt werden, z.B. die Anzahl der Sekunden oder Minuten, während eine Lampe brennt oder während jemand spricht. Als Zeitintervalle gelten Abschnitte der Zeitdimension welche durch zwei aufeinander bezogene transiente Signale begrenzt werden, z.B. die Anzahl Sekunden zwischen zwei Klicks. Den Ausdrücken "Zeitstrecke" und "Zeitintervall" entsprechen die Bezeichnungen "volle" und "leere" Zeit.

Im Gegensatz dazu soll der Ausdruck "Dauer" für jeden Abschnitt von wahrgenommener, vorgestellter, geschätzter oder handelnd hergestellter Zeit, d.h. psychologischer Zeit, vorbehalten bleiben, was immer die spezifischen physikalischen Operationen seien, welche zur eindeutigen Kommunikation zwi-

schen Individuen, Versuchspersonen und Experimentatoren, bezüglich des Betrages einer gegebenen Dauer eingesetzt werden. Dementsprechend ist in einer psychophysischen Relation die "Dauer" der "Zeit" in analoger Weise zugeordnet wie etwa die Helligkeit der Intensität oder die Tonhöhe der Frequenz. Obschon bereits John LOCKE im Jahre 1690 (im 14. Kapitel des zweiten Buchs des Essay Concerning Human Understanding) dieselbe Unterscheidung vorgeschlagen hatte, ist der Sprachgebrauch in der psychologischen Literatur wenig einheitlich.

Im bezug auf die Operationen, mit denen Abschnitte der Zeitdimension definiert werden, soll der Ausdruck "Zeitmessung" in der Regel für das physikalische Zeitkontinuum reserviert bleiben. "Zeitwahrnehmung", "Zeitschätzung", "Zeitverhalten" sind allgemeine Ausdrücke für die Operationalisierung von psychologischen Dauerabschnitten. Besonders durch die universelle Verwendung der Begriffe Über- und Unterschätzung sind in der Literatur viele Missverständnisse entstanden. Da die verschiedenen psychophysischen Methoden z.T. disparate Ergebnisse zeigen (KRUUP, 1961; HAWKES et al., 1961; FRAISSE et al., 1962; SIEGMAN, 1962a; HORNSTEIN & ROTTER, 1969) wäre es angezeigt, solche Angaben stets in Verbindung mit dem verwendeten Verfahren zu machen.

Im (verbaken) Schätzverfahren wird der Vp eine Zeitperiode oder ein Zeitintervall dargeboten mit dem Auftrag, seine Dauer in Sekunden oder Minuten anzugeben. Umgekehrt wird beim Produktionsverfahren eine physikalische Messung jenes Intervalls vorgenommen, welches die Vp als eine Dauer von so und so vielen Sekunden oder Minuten herstellt. Beim Reproduktionsverfahren muss die Vp zunächst ähnlich wie beim Schätzverfahren eine dargebotene Zeitstrecke wahrnehmen und dessen Dauer hernach ähnlich wie beim Produktionsverfahren zwecks Messung in physikalischen Einheiten wiederholen; es bleibt offen, inwieweit die Vp von verbaler oder anderweitigen Mediationshilfen Gebrauch macht. Beim Vergleichsverfahren werden zwei Zeitstrekken, ein Standard und ein Vergleichsreiz, nacheinander dargeboten, und die Vp wird um ein Vergleichsurteil über deren Dauer gebeten. Infolge der sukzessiven Verfahrensweise sind

Reproduktions- und Vergleichsmethode dem Zeit-Ordnungs-Fehler unterworfen. Eine eingehendere Darstellung dieser klassischen Methoden der Zeitpsychologie findet sich bei BINDRA and WAKS-BERG (1956).

Eine gewisse Schwierigkeit der Kommunikation in diesem Gebiet scheint mit dem weitverbreiteten (im Alltag sicher sehr nützlichen) Usus zusammenzuhängen, die physikalischen Einheiten (Sekunden, Minuten, usf.) auch zur Bezeichnung der psychologischen Dauer zu verwenden. Die Verwendung von subjektiven Metern oder subjektiven Dezibels usf. ist allerdings vor der Systematisierung der Skalierungsmethoden in andern Bereichen recht viel seltener gewesen und ist es noch, obschon dem Nichts entgegenstünde. Aber die Dauer unterscheidet sich von den anderen Wahrnehmungsdimensionen durch ihre gerichtete Nichtumkehrbarkeit. Diese hat zur Folge, dass kürzere Dauer nicht durch Subtraktion von längerer Dauer hergestellt werden kann, sondern dass für jede Operationalisierung einer Dauer von einem neuen Nullpunkt ausgegangen werden muss. Die Bevorzugung der verbalen Schätzmethoden im Bereich der Zeitpsychologie mag damit zusammenhangen. Nun ist aber das subjektive Kontinuum der Sekunden und Minuten eine intervenierende Konstruktion jeder einzelnen Vp und als solche beeinflusst sowohl von der wahrgenommenen oder vorgestellten Dauer wie auch vom Zeitbegriff der Physik; darüberhinaus reflektiert sie den Aufbau des Zahlenkontinuums. Der Vorteil leichteren Experimentierens mit den verbalen Methoden muss also durch die Konfusion verschiedener Aspekte des Forschungsgegenstandes bezahlt werden.

Von praktischen Erwägungen abgesehen gibt es aber keine Gründe, für den Bereich der Zeitpsychologie besondere methodologische Grundsätze im Unterschied zu denjenigen für die Erforschung anderer subjektiver Dimensionen und ihrer Beziehung zu physischen Korrelaten zu fordern. Denn psychische Zeit ist stets an Ereignisse gebunden, welche einem handelnden Individuum erscheinen (Zeitwahrnehmung), welche es herstellt oder beeinflusst (Zeitverhalten) oder in bezug auf welche es sich orientiert (Zeitperspektive, Zeitbegriff). Von wenigen Ausnahmen abgesehen sind dieselben Ereignisse stets auch der

physikalischen Registrierung und Messung zugänglich oder durch Koppelung an andere Ereignisse zugänglich zu machen. Das allgemeine Verfahren der Zeitpsychologie ist daher immer, wenn es sich nicht der Gefahr des Zirkelschliessens aussetzen will, ein psychophysisches, nämlich die vergleichende Gegenüberstellung der sog. "objektiven" Uhrzeit und der auf mannigfaltige Weise erfassten "subjektiven" Zeit. Allerdings muss man sich. wie bei andern subjektiven Dimensionen, fragen, ob die Domänen der psychischen und der physikalischen Ereignisse an welche die Zeit gebunden ist, einander decken, d.h. ob Aspekte der physischen Welt, welche physikalischen Zeitcharakter haben. stets und ausschliesslich zu zeitlichen Phänomenen und Funktionen führen und ob es nicht subjektive zeitliche Phänomene und Funktionen gibt, welche durch nichtzeitliche Aspekte der physischen Welt determiniert sind. Die Frage ist ausserordentlich schwierig zu beantworten, weil der Zeitbegriff eben so sehr von den unmittelbaren Erfahrungen wie von den letztlich auf sie abstellenden wissenschaftlichen Elaborationen her beeinflusst ist. Die Verwendung der psychophysischen Methodik darf also nie davon ablenken, dass auch diese Wahrnehmungsdimension primär ein subjektives Organisationsprinzip ist, welches die wahrnehmenden Systeme den Reizverteilungen an den Rezeptoren auferlegen (vgl. LANG, 1970). Im Vordergrund des methodischen Bemühens sollte demgemäss stets das "Umgehen mit Ereignissen" stehen.

Die psychische Zeit bezeichnet das Insgesamt der Vorher-Nachher-Relationen zwischen dem Individuum und Ereignissen, die es wahrnimmt, sich vorstellt, herstellt, beeinflusst oder in bezug auf welche es sich orientiert. Solche Ereignisse treten auf als vorausgesehen oder geplant (Zukunft), als wahrgenommen oder getan (Gegenwart) bzw. als behalten oder gespeichert (Vergangenheit). Sie können ihren Ursprung sowohl im Organismus wie in der umgebenden Welt haben. Ob sie bewusst oder unbemerkt ablaufen ist, solange sie psychisch "real" sind (LEWIN, 1963), von sekundärer Bedeutung. Unter ihrem zeitlichen Aspekt treten alle diese Ereignisse eines Individuums in einer Ordnungsreihe auf, deren wesentliche Kennzeichen die

Gerichtetheit und Nichtumkehrbarkeit sind. Demnach kann ein gegebenes Ereignis nur einmal innerhalb dieser Ordnungsreihe vorkommen und sich darin mehr oder weniger weit erstrecken (Dauer) sowie zu andern Ereignissen in einem bestimmten Ordnungsverhältnis stehen (Gleichzeitigkeit oder Sukzession).Die Ereignisreihe insgesamt – einschliesslich ihrer sozio-kulturell bedingten Artikulation – erlaubt die zeitliche Orientierung des Individuums in Welt und Gesellschaft.

Die nachfolgende Übersicht über die neuere Literatur schliesst willkürlich die Fragen betreffend die Orientierung in der Zeit (Zeitperspektive, Zeitbegriff, vgl. dazu das Sammelreferat von MÖNKS, 1967, sowie einzelne Aufsätze in FRASER, 1966 und FISCHER, 1967) von der Betrachtung aus, da die bisher hier verwendeten methodologischen Ansätze sich allzusehr von denjenigen unterscheiden, welche bezüglich den Problemen der Dauer und der Gleichzeitigkeit und Folge eingesetzt worden sind. Das Schwergewicht liegt auf den seit 1960 veröffentlichten Forschungsergebnissen. Über die Problemgeschichte haben BORING (1942) und FRAISSE (1963/66, 1967) geschrieben; Sammelreferate gibt es von GILLILAND et al. (1946), WOODROW (1951), WALLACE & RABIN (1960) und ORME (1962 a).

Die Übersicht geht aus von der Frage der Dauer-Diskrimination und den damit verbundenen Fragen der Gleichzeitigkeit und Sukzession. Im zweiten Abschnitt werden die psychophysische Relation zwischen Dauer und Zeit und damit zusammenhängende Probleme besprochen.

#### Diskrimination von Dauer

Drei verschiedene theoretische und methodische Ansätze zum Problem der Diskrimination von Dauer lassen sich unterschieden. Der erste folgt der klassischen psychophysischen Fragestellung nach den Unterschiedsschwellen. Beim zweiten Ansatz wird Dauer als diskrete Dimension vorausgesetzt und nach der Natur und Grösse der kleinsten differenzierbaren Einheit, dem sog. Moment, gefragt. In dritter Linie sind einige wenige Arbeiten im Rahmen eines stochastischen Modells des Dauerkontinuums zu berücksichtigen.

## Unterschiedsempfindlichkeit für Dauer

Die Bestimmung der relativen Unterschiedsschwellen für Dauer ist eines der frühesten Themata der experimentellen Psychologie gewesen (FECHNER, MACH, VIERORDT, HÖRING u.a.). Da das WEBERsche Gesetz von der Proportionalität der Unterschiedsempfindlichkeit zur Reizgrösse für die Dimension der Dauer nicht gültig ist, wandte sich das Interesse der Bestimmung der Form dieser Beziehung (der Weber-Funktion) zu. In Abbildung ∣ sind die wichtigsten älteren und neuere Daten zusammengestellt. Die absolute Grösse der aufgenommenen Werte kann nur bedingt verglichen werden, da die Autoren je nach verwendeter Methode verschiedene Masszahlen benützen (Variationskoeffizient, wahrscheinlicher Fehler, 75% richtige Urteile. bzw. Rückrechnung des Weber-Bruchs aus forced-choice-Experimenten bei CREELMAN; bei den Daten von Creelman repräentiert die untere Kurve typische Werte, die obere verwendet extremere Parameter im erhaltenen Bereich).

Betrachtet man zunächst nur den oberen Bereich der Darstellung, so ist eine u-förmige Weber-Funktion erkennbar. Allerdings deckt sie infolge der Verfahrensunterschiede ein recht breites Band. Die Unterschiedsempfindlichkeit ist eher gering bei ganz kurzen Intervallen, erreicht ein Minimum in der Grössenordnung von 8 bis 11% im Bereich zwischen  $\frac{1}{2}$  und 1 sec und steigt dann mit zunehmender Dauer des Reizes deutlich an. Die Daten von DOEHRING (1961) geben die extremen Werte von vier verschiedenen Varianten der Reproduktionsmethode wieder.

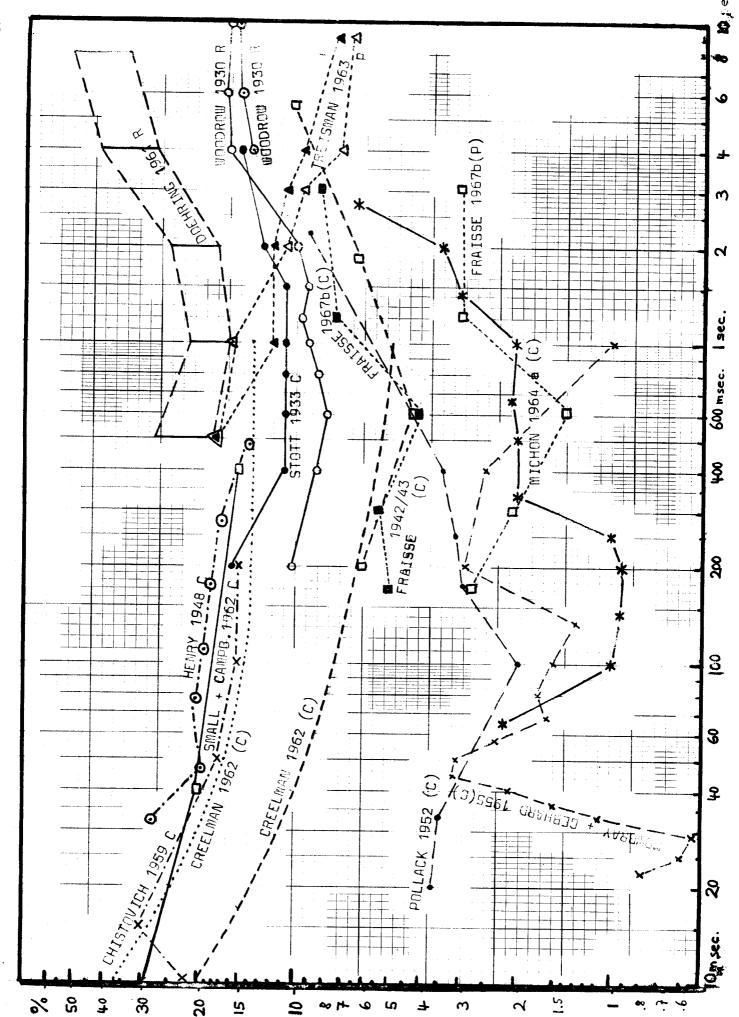


Abbildung 1
Unterschiedsempfindlichkeit für Dauer. Methoden: C = Comparison, R = Reproduktion, P = Produktion; Varianten in Klammer.

Eine Ausnahme von dieser Regel stellen die Daten von TREISMAN (1963) dar, welcher in einer Reihe von ähnlich aufgebauten Experimenten mit der Produktions- und der Reproduktionsmethode linear fallende Weber-Funktionen im Bereich zwischen 1/4 und 9 sec gefunden hat. Ähnliche Ergebnisse ergaben auch Versuche mit zwei Varianten der Vergleichsmethode. Treisman möchte den Widerspruch zu den u-förmigen Befunden aus dem Umstand erklären, dass üblicherweise ein Maximum der Unterschiedsempfindlichkeit bei eher kürzeren Dauern durch die leichter mögliche rhythmische Verbindung von Anfangs- und Schlussignal zustandekommt, während die beiden Signale bei längeren Intervallen separat erscheinen. Dieser Erklärung widerspricht allerdings die Tatsache, dass die negative Neigung der Weber-Funktionen in den Treismanschen Versuchen mit vermehrter Übung zunimmt, m.a.W. die Vpn gewinnen durch Training am meisten bei den längeren Intervallen. Da Treisman seine Vpn nicht vom inneren Zählen u.dgl. abhielt, ist es sehr wohl möglich, dass gerade sein Befund grösserer Unterschiedsempfindlichkeit bei längerer Dauer auf rhythmische Hilfen zurückzuführen ist. Denn ein Gewinn an Genauigkeit der Schätzung ist ja durch solche Hilfen nur dann zu erwarten, wenn die zu schätzende Zeitstrecke ein ganzzahliges Vielfaches der Rhythmusperiode beträgt; dafür ist aber die Wahrscheinlichkeit bei kurzen Dauern kleiner. Jedenfalls ergaben DOEHRINGs (1961) Variationen der Reaktionsweisen (gleichartiges, bzw. verschiedenartiges Anfangs- und Schlussignal) bei der Reproduktionsmethode keine der Treisman'schen These entsprechenden Ergebnisse, während HARE (1963 b) zeigen konnte, dass Schätzungen von 5 und 20 sec unter rhythmischem Zählen geringere Variabilität aufweisen. Schliesslich hat DAVIS (1962 a und b) nachgewiesen, dass Produktionen von 4 sec mit einem günstigen Zählrhythmur absolut genauer ausfallen als Produktionen von 2 sec mit einem ungünstigen, aufgezwungenen Rhythmus. Treismans Vpn konnten besonders leicht von der Verwendung eines günstigen Zählrhythmus profitieren. weil sie dasselbe Intervall viele Male nacheinander schätzen oder produzieren mussten.

Auch wenn deutlich die Mehrzahl der empirischen Befunde für eine nicht-monotone Abhängigkeit der Unterschiedsschwelle von der Reizgrösse spricht, so geben doch TREISMANs Befunde aus sorgfältig durchgeführten Experimenten Anlass, diese Regel nicht für endgültig zu erklären. Welcher Art auch immer die genauen Bedingungen sind, welche zu grösserer Unterschiedsempfindlichkeit bei relativ längerer Dauer geführt haben, so ist zunächst einmal festzustellen, dass die Daten einzelner Vpn, die Treisman mitteilt, durchaus nicht in jedem Fall lineare Weber-Funktionen, sondern teilweise geknickte Funktionen aufweisen, welche auf die Wirksamkeit unterschiedlicher Prozesse bei kürzeren und bei längeren Dauern hinweisen. Daraus wäre abzuleiten, dass die Gestalt der Weber-Funktion, betrachtete man sie über einen genügend grossen Bereich Dauerkontinuums, durch mehrere Bereiche grösserer und geringerer Unterschiedsempfindlichkeit charakterisiert sein könnte.

Diese Überlegung trifft sich mit den frühen Versuchsergebnissen von ESTEL (1884), MEHNER (1884) und GLASS (1887), welche mehr als einen Indifferenzpunkt gefunden hatten (vgl. auch
NICHOLS, 1890). Allerdings hatten diese Autoren nach einfachen
ganzzahligen Verhältnissen zwischen den einzelnen Stellen grösster Unterschiedsempfindlichkeit gesucht; und da die Befunde
verschiedener Vpn zu unterschiedlichen Werten geführt hatten,
war der Ansatz als in sich widersprüchlich aufgegeben worden
(FRAISSE, 1967).

RICHARDS (1964) hat dennoch in ausgedehnten Untersuchungen an 4 einzelnen Vpn gefunden, dass die Variabilität von Reproduktionen im Bereich zwischen 2 und 1000 sec mehr als ein Minimum aufweist. Diese Tatsache steht unabhängig von seinem Versuch, die Daten durch eine Familie von psychophysischen Exponentialfunktionen zu beschreiben, wobei ebenfalls ein Bezugsintervall periodischer Natur postuliert wird.

Betrachtet man nun in Abbildung 1 auch den unteren Bereich der Darstellung, so scheint es in der Tat Bedingungen zu geben, unter denen einerseits das Maximum der Unterschiedsempfindlichkeit bei rund 600 msec erheblich gesteigert sein kann.

nämlich auf rund 4,2% in Vergleichsversuchen (FRAISSE, 1942/43, 1967 b), und in einem Herstellungsverfahren (auto-réglage) auf 1,4% (FRAISSE, 1967 b). Anderseits hat MICHON (1964 a) Bedingungen gefunden, welche die Unterscheidung von Zeitstrecken im Bereich zwischen 100 und 200 msec sogar mit einer Genauigkeit von rund 1% erlaubt. Der Unterschied zu den klassischen Versuchsverfahren liegt bei beiden Autoren darin, dass die Vp in von ihr selbst geschaltetem Wechsel beliebig oft nacheinander Standard und Vergleichsreiz wahrnehmen kann. Damit ist die Reizsituation der Darbietung von raschen Impulsfolgen angenähert. Hinzu kommt, dass, besonders bei Michon, die ausgewerteten Daten erst nach langem Training der Vpn erhoben worden sind. Die Weber-Funktion nach Michon zeigt deutlich zwei Plateaus maximaler Unterschiedsempfindlichkeit, "suggesting the operation of two different mechanisms, which supersede each other at an interval length between 200 and 300 msec" (MICHON, 1964 a, S. 446).

Zu Vergleichszwecken sind Daten für "auditory flutter" von POLLACK (1952) und für "visual flicker" von MOWBRAY & GEBHARD (1955) aufgenommen worden, wo nun der dargebotene Reiz zwar physikalisch durchaus einen zeitlichen Charakter aufweist (Frequenz eines Rechteck-Signals), das wahrgenommene und bezüglich Unterschied beurteilte Phänomen aber einer anderen Qualität, nämlich Flattern oder Flackern, angehört.

Es ist wohl verfrüht, endgültige Schlussfolgerungen über die Form der Weber-Funktion zu treffen. Immerhin ist nicht auszuschliessen, dass die Diskrimination von Dauer mehrere Bereiche grösserer und geringerer Genauigkeit durchläuft, wenn man von kurzen zu längeren Dauern übergeht. Dies mag zum Teil mit Wechseln in der erlebten Qualität des Phänomens zusammenhängen, wie ja FRAISSE (1968) nach wie vor an der Unterscheidung zwischen Zeitwahrnehmung von kurzen und Zeitschätzung von langen Dauern festhält, ohne dafür ein eindeutiges funktionelles Kriterium angeben zu können. Wichtiger ist aber die Möglichkeit, dass Zu- und Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit ein Ausdruck von unterschiedlichen Prozessen darstellen, welche dem Umgang mit kürzeren und längeren Ereignissen zugrundelie-

gen. Die Befunde über das Unterscheidungsvermögen von Dauer weisen darauf hin, dass Dauer möglicherweise nicht eine funktionell einheitliche und homogene Dimension ist, wie wir sie als Phänomen erleben.

## Dauer als diskrete Dimension (Momenttheorie).

Auch der zweite Ansatz zum Problem der Diskrimination geht auf Pioniere des 19. Jahrhunderts zurück. Die Annahme, dass Dauer auf natürlichen diskreten Einheiten beruhe, hat philosophische Wurzeln (COLERIDGE, 1817; BERGSON, 1908) und biologische (von BAER, 1860; von UEXKÜLL, 1928) und ist ein frühes Beispiel für die technische Simulation einer psychologischen Theorie (Kinematograph, Bergson). Zu einer zunächst nicht weniger spekulativen Erneuerung dieser Ansätze kam es in den 50er Jahren im Gefolge des Aufschwungs der Kybernetik und der Neurophysiologie (N. WIENER, 1955; W.G. WALTER, 1959).

Die differenzierteste psychologische Ausarbeitung dieser Annahme stammt von STROUD (1955, 1966), welcher die psychologische Zeit als das Ergebnis eines Abtastens (scanning) der physischen Zeit auffasst. Jeder Abtastungsvorgang - unabhängig davon ob er integriert oder Stichprobenwerte erhebt - bedeutet eine Reduktion der Dimensionalität des Abtastgegenstands derart, dass dieser gerade jener Dimension (en) verlustig geht, in der (denen) er abgetastet wird. Demzufolge erhält sich in der psychologischen Zeit nur die Information über die Ordnung zwischen den Elementen, nicht aber die Information über die Ordnung innerhalb der Elemente (Integrationsperioden). M.a.W. das physikalische Zeitkontinuum wird im sensorisch-perzeptiven Prozess auf die diskrete Dauerdimension reduziert, und die resultierende sujektive Dimension ist nicht mehr die Zeitdimension des Abtastgegenstandes, sondern die Dauerdimension des Abtastprozesses oder -mechanismus. Dabei ist nicht zwingend, dass die physikalische Erstreckung aller Elemente die gleiche sei, da die Charakteristika der Abtastperiode

vom jeweiligen Abtastmechanismus abhangen. Mithin ist psychologische Zeit "an iterated definite integral over physical time" (STROUD, 1955). Ohne Erwähnung der Arbeiten von BAERs und von UEXKÜLLs erneuerte Stroud für die Basiseinheit der Dauerdimension die Bezeichnung "Moment".

Durch Neuinterpretation einer Reihe verschiedenartiger Experimente über sensorische und perzeptive Prozesse sowie in eigenen Untersuchungen kam STROUD (1955) zum Schluss, dass das physikalische Äquivalent des Moments (d.h. also die zeitliche Erstreckung der Abtastperiode) in die Grössenordnung zwischen 50 und 200 msec fallen müsse; der am häufigsten gefundene Wert lag bei ungefähr 100msec.

Auf Grund der Momenttheorie untersuchte AUGENSTINE (1955) spektralanalytisch die Verteilung der Reaktionszeiten unter speziellen Bedingungen. Wenn die Vp veranlasst wird, eine spezifierte Anzahl von Handlungseinheiten in einer genau messbaren Zeit zu vollbringen – z.B. eine Liste von Buchstaben durchgehen und das Licht auslöschen, sobald ein bestimmter Buchstabe erkannt wird – so wäre nach der Momenttheorie

$$T = T_0 + \beta t_1 + \delta$$

wobei T die gemessene Reaktionszeit bedeutet, T $_{0}$  eine Konstante als Ausdruck der Besonderheiten der betreffenden perzeptiv-motorischen Funktionen,  $\beta$  eine ganze Zahl, welche mit

Ausgehend von verwandten Überlegungen LEWINs (1922) hat der Verfasser (LANG, 1964, S.19ff) darauf hingewiesen, dass es der Biologe und der Psychologe, im Gegensatz zum einen Universum der Physik, mit sovielen Universa zu tun hat, wie es lebende Organismen bzw. Agenten gibt, weil jeder Organismus seine eigene Zeitreihe hat. Wahrscheinlich beruhen diese Zeitreihen auf je verschiedenen und veränderlichen Basiseinheiten, so dass für jedes Individuum eine idiosynkratische Dauerskala mit Eigenschaften irgendwo zwischen einer Ordnungsskala und einer Intervallskala gilt. Die vielen individuellen Dauerdimensionen koinzidieren mit dem einen physikalischen Zeitkontinuum nur in jedem gegenwärtigen Augenblick. Diese Überlegung birgt weitreichende Konsequenzen für die Untersuchung der Psychophysik der Dauer wie auch für die Untersuchung anderer psychophysischer Relationen (vgl. auch GIBSON, 1966; und LANG 1970).

der Anzahl der Handlungseinheiten (Anzahl der geprüften Buchstaben vor dem Erkennen des kritischen) zu tun hat, t<sub>1</sub> das physikalische Äquivalent der Dauer der Basiseinheit und deine Zufallskomponente. Der Wert von ß ist aus der Konstruktion der Buchstabenliste bekannt und kann leicht variiert werden. Das Experiment ergab Reaktionszeiten, welche durch die angegebene Gleichung nicht adäquat beschrieben werden konnten. Anstelle des erwarteten einen Wertes für t<sub>1</sub> ergaben sich mehrere Abtastperioden in der Grössenordnung von 50, 100 und 265 msec, was AUGENSTINE zu einer Revision des Modells im Sinne eines multiplen Momentes veranlasste:

$$T = T_0 + (\beta_1 t_1 + \beta_1) + (\beta_2 t_2 + \beta_2) + \dots$$

Es ist bedauerlich, dass dieser Ansatz m.W. nicht weiter bearbeitet worden ist.

Eine unmittelbare Folge der Momenttheorie ist der Satz, dass zwei oder mehr physikalisch separate Reize zu nur einer Wahrnehmung führen, wenn sie innerhalb eines Momentes vorkommen. Damit wird es möglich, die Ergebnisse von Untersuchungen zur Gleichzeitigkeitsschwelle und zur Wahrnehmung von Ereignisfrequenzen für Aussagen über den Moment auszuwerten.

WHITE (1963) ist in einer sorgfältigen Analyse der Literatur und eigener Experimente zum Schluss gekommen, dass ein zyklischer Prozess zentraler Natur existiert, welcher einerseits die Gleichzeitigkeits-Sukzessionsschwelle bestimmt und anderseits mit afferenten Signalen in einer Weise interagiert, dass eine Maximalrate der Wahrnehmung von Ereignisfrequenzen zustandekommt, welche z.T. weit unter dem Auflösungsvermögen der peripheren Rezeptororgane liegt. Es ist seit langem bekannt, dass die wahrgenommene Anzahl von Impulsen einer raschen Folge (flatternder Ton, flackerndes Licht oder Vibration) stets geringer ist als die Anzahl der dargebotenen Impulse. Werden beispielsweise 10 Lichtblitze mit einer Frequenz von 30 Hz dargeboten, so nehmen die meisten Beobachter mit hoher Wahrscheinlichkeit nur 5 wahr: 7 oder 8 Blitze werden als 4 gesehen, 5 oder 6 erscheinen als 3 usf. WHITE (1963, u.a. ) hat in einer grossen Zahl von Experimenten unter mannigfaltigen Variationen der äusseren Bedingungen nachgewiesen, dass die Maximalrate der Wahrnehmung während

der ersten 250 bis 300 msec nach Einsetzen der Reizung fast doppelt so gross ist als nachher. In der ersten Phase können 12 bis 13 Ereignisse pro Sekunde unterschieden werden, was einer Gleichzeitigkeitsschwelle von rund 80 msec entspricht; nachher sinkt die Maximalrate auf 6 bis 7 Ereignisse pro Sekunde, entsprechend einer Momentlänge von rund 150 msec. In der ersten Phase sind spezifische Einflüsse des Wahrnehmungsmodus sowie der Reizbedingungen (Intensität, Retinaort usf.) festzustellen, während der Wert der zweiten Phase ausschliesslich kortikal bestimmt scheint. White zitiert auch eine Reihe von physiologischen Fakten, welche mit seinen Ergebnissen übereinstimmen (vgl. auch WHITE & EASON, 1966).

Eine andere Bestimmung der Gleichzeitigkeitsschwelle versuchten WHITE und LICHTENSTEIN (1963) mit Hilfe eines Verfahrens, bei welchem die Vp eine Folge von Reizpaaren (Klicks oder Lichtblitze) mit einem konstanten Intervall innerhalb ( $t_i$ ) und einem variablen Intervall zwischen ( $t_z$ ) den Paaren so einstellen muss, dass der unregelmässige Takt in einem Auf- und Ab-Verfahren gerade erscheint oder verschwindet. Stellt man die Differenz zwischen dem eingestellten variablen Intervall und dem fixen Intervall ( $t_z$  -  $t_i$ ) als eine Funktion von  $t_i$ dar, so ergibt sich eine u-förmige Beziehung, deren Minimum bei 100 msec für auditive und bei 140 msec für visuelle Signale liegt.

Teilt man eine visuelle Konfiguration, z.B. einen Kreis, in Segmente auf, von denen reihum eines nach dem andern in nicht zu rascher Folge dargeboten wird, so nimmt man zunächst eines der Segmente nach dem andern wahr. Erhöht man allmählich die Folge der Darbietung, so geht die Wahrnehmung in stroboskopische Kreiselbewegung und schliesslich zu einem kontinuierlich erscheinenden Kreis über. Mit dieser Technik fand MURPHREE (1954) eine Gleichzeitigkeitsschwelle von rund 95 msec. Einen Wert von 125 msec erhielt LICHTENSTEIN (1961) mit einer Vierpunktefigur. Allerdings können diese Schätzwerte des Moments durch Eigenheiten der sensorischen Prozesse verzerrt erscheinen (z.B. sind für die periphere Retina gefundene Werte höher als in der Fovea).

Es mutet merkwürdig an, dass alle diese neueren Untersuchungen ohne Bezug auf die durch von UEXKÜLL (1928) angeregten Bestimmungsversuche der Momentdauer unternommen worden sind. Dessen Schüler BRECHER (1932, 1937) formulierte explizit eine Theorie des Moments als einer zentralen, artspezifischen Charakteristik des Organismus, welche auf der Rezeptionsträgheit des Nervensystems beruhe. Aus Versuchen mit optischen, haptischen und akustischen Reizen schätze er das physikalische. Äguivalent des menschlichen Moments auf 1/18 sec oder 55 msec; unter dem Einfluss von sedativen und stimulierenden Drogen stieg sie bis zu 80 msec. Brecher realisierte, dass der Moment eine notwendige Voraussetzung der Wahrnehmungsqualitäten Vibration und Ton darstelles denn ohne ein solches "Zeitgefäss" könnten nur getrennte, einander nachfolgende Ereignisse wahrgenommen werden, welche aber paradoxerweise als qleichzeitig erlebt würden.

In ausgedehnten Untersuchungen unter Mitarbeit von von UEX-KÜLLs Sohn (ILLIG et al., 1953) wurden allerdings mit einer anderen Methode durchschnittliche Momentlängen von 103 msec (Bereich zwischen 80 und 125 msec bei durchschnittlicher intraindividueller Streuung von 4 msec) gefunden. Da bei der verwendeten rhythmo-kinetischen Methode (Grenze zum Stillstand einer stroboskopischen Bewegung, ähnlich dem Verfahren von MURPHREE 1954) verschiedene Rezeptorbereiche erregt werden, genügt die Brechersche Erklärung des Moments durch Refraktärzeiten nicht. Wohl ist die Momentdauer unabhängig von Sehwinkel, Distanz, Hell-Dunkel-Verhältnis, Adaption des Auges und Intensität; aber bei grossen Reizintensitäten verlängert sich der Moment progressiv im Verlauf mehrerer Messungen um bis zu 20 msec. Durch Hyperventilation wurde eine ähnlich grosse Verlängerung erreicht. Verschiedene Psychopharmaka vermochten ebenfalls die Momentlänge zu verändern (von BOSE et al., 1953).

Bei den direkten Vergleichsverfahren zur Gleichzeitigkeitsschwelle muss unterschieden werden zwischen einfacher Nicht-Gleichzeitigkeit und geordneter Sukzession (HIRSH & SHERRICK, 1961). Bei der Feststellung der einfachen Nicht-Gleichzeitigkeit mit zwei gleichen Reizen (was identisch ist mit einer kurz unterbrochenen einfachen Reizvorgabe) ist die Trennung der peripheren von den zentralen Einflüssen nicht unproblematisch. Anderseits kann man auch hier, wie es bei der Operationalisierung der geordneten Sukzession zwingend ist, zwei
verschiedene Reize darbieten, von denen wahrscheinlich ist,
dass ihre Verarbeitungsprozesse erst zentral interagieren. Am
einfachsten ist dementsprechend, Schätzungen der Gleichzeitigkeitsschwelle auf intermodale Vergleichsurteile abzustellen.

Für einfache Nichtgleichzeitigkeit ergeben sich Schätzungen zwischen 40 und 80 msec, im Durchschnitt von drei verschiedenen Methoden mit Zwangswahl-Antworten 50 msec (SCHMIDT & KRISTOF-FERSON, 1963; KRISTOFFERSON 1967). Für geordnete Sukzession erhielten HIRSH & FRAISSE (1964) Schwellenwerte zwischen 60 und 120 msec bei Versuchen mit Licht-Ton-Signalen. Bei hochgeübten Vpn sind diese Werte ganz beträchtlich niedriger anzusetzen: so erhielten HIRSH und SHERRICK (1961) für einfache Nicht-Gleichzeitigkeit Minimalwerte von 2 msec und für geordnete Sukzession Durchschnittswerte von rund 20 msec. Dabei spielt es keine Rolle ob intra- oder intermodal visuelle, akustische und/ oder taktile Reize dargeboten werden. Auch in einer Untersuchung von BROADBENT & LADEFOGED (1959) mussten zwei verschiedene Töne in einem Abstand von mindestens 100 msec dargeboten werden. damit ihre Reihenfolge überzufällig richtig erkannt wurde: aber gegen Ende des Versuchs sank dieser Wert auf die Grössenordnung von 30 msec. GENGEL & HIRSH (1970) demonstrierten die Abhängigkeit der Sukzessionsurteile von mehrfacher Darbietung, Übung und geeigneten Rückmeldungsverfahren. EFRON (1967) hat die Ergebnisse einer Reihe weiterer Untersuchungen zusammengestellt, aus denen direkte und indirekte Schätzwerte für die Momentdauer in der Grössenordnung von 60 bis 70 msec hervorgehen.

Wenn man diese und andere Untersuchungen insgesamt zu beurteilen versucht, dann ist man, anstatt einen allgemeingültigen Wert für die Dauer des Momentes zu finden, zum Schluss gezwungen, dass dessen eindeutige Bestimmung nicht gelungen, bzw. mit den bisher verwendeten Methoden nicht möglich ist. Zu einem ähnlichen Schluss kommt UTTAL (1970) auf Grund weiterer indirekter Bestimmungsversuche. Er unterscheidet zwischen einem weiten

und einem engen Gleichzeitigkeitsbegriff. Fordert man Vpn zu Urteilen darüber auf, ob zwei Signale gleichzeitig sind oder nicht (weiter Sinn), so sind in der Tat gewisse Schwellenwerte festzustellen; wie aber die oben dargestellten Befunde zeigen, schwanken diese in einem weiten Bereich, und ohne Kenntnis der genauen Bedingungen ist der Begriff wertlos. Verhaltenskonsequenzen (enger Sinn) lassen sich jedoch indirekt bei weit kleineren Intervallen nachweisen. So werden ja zur Lokalisation von Geräuschen im Raum Zeitunterschiede in der Grössenordnung von einigen Mikrosekunden ausgewertet, und auch die eindeutige Tiefenlokalisation im Sehraum berücksichtigt eine Zeitdifferenz in der Grössenordnung von 1.5 msec zwischen der nasalen und der temporalen Retina-Information (BOWER, 1966). Unter besonderen Bedingungen sehr rascher Impulsfolgen werden sogar Lücken in der Grössenordnung von Nanosekunden entdeckt (POLLACK, 1967, 1968).

Wir haben nur eine Auswahl der neuerdings verfügbaren Fakten zusammenstellen können, welche aber deutlich genug beweisen. dass sich die Momenttheorie im klassischen Sinn einer diskreten Dauereinheit, wie sie dem Einheitenzähl-Modellen der inneren Uhr zugrundliegt, nicht halten lässt. Weitere Hinweise in dies sem Sinn ergeben sich aus den in den letzten Bahren intensiv betriebenen Forschung zum Refraktärphänomen in Reaktionsversuchen, (BERTELSON, 1966; SMITH, 1967; HERMAN & KANTOWITZ, 1970) zum Problem der Vorwärts- und Rückwärtsmaskierung (BLANC-GARIN, 1967; KAHNEMANN, 1968; WEISSTEIN, 1966) u.a.m. Es könnte sehr wohl sein, dass manche Phänomene, die als Manifestation des Moments imponiert haben, nicht viel mehr sind als Artefakte von kurzzeitiger Speicherung. Merkwürdigerweise haben nämlich die meisten Autoren, wie kürzlich ALLPORT (1968) betont hat, n nicht unterschieden zwischen der Möglichkeit, dass der Momentbeginn gewissermassen vom Reizbeginn ausgelöst werden, bzw. dass die Momentreihe, wie es die klassische Ansicht stillschweigend voraussetzt, ein von der aktuellen Reizung unabhängiger. autonomer Prozess darstellen könnte.

Einen konstruktiven Schluss lassen aber die dargestellten Befunde immerhin zu: Die Diskrimination von Dauer ist nicht ein einheitlicher Prozess. In den verschiedensten Informationsverarbeitungsprozessen sind sehr wohl eine ganze Reihe von Zeitkonstanten unterschiedlicher Dauer aufzufinden. Wenn man aber über Diskrimination von Dauer als einer einheitlichen Wahrnehmungsdimension sprechen will, dann ist man, zumindest auf Grund der bisher verwendeten Methodik, auf diese einzelnen Prozesse zurückverwiesen, weil eine einheitliche Basis einer solchen phänomenal einheitlichen Dimension nicht identifiziert werden kann. Es bleibt die Möglichkeit, das phänomenal Einheitliche als eine Resultante einer komplexen Grundlage zu verstehen.

# <u>Ein stochastisches Modell (POISSON-Zähler)</u>.

CREELMANs (1962) Anwendung der Detektionstheorie auf die Diskrimination von Dauer basiert auf der Voraussetzung, dass Dauer durch ein Zählwerk konstituiert ist, welches voneinander unabhängige und zu zufälligen Zeitpunkten vorkommende Ereignisse registriert. Nimmt man einen grossen Vorrat solcher Ereignisse an, von denen jedes zu einem gegebenen Zeitpunkt eine bestimmte Vorkommenswahrscheinlichkeit aufweist, so lassen sich die statistischen Eigenschaften solcher Zählergebnisse ableiten. Die möglichen Zählergebnisse für ein gegebenes Intervall sind poisson-, bzw. normalverteilt (bei genügend grossen Werten), und Mittelwert und Streuung ihrer Verteilung sind von der Intervallänge abhängig. Ein allfälliger Unterschied zwischen mehreren solchen Verteilungen ist nur von der Intervalldauer abhängig, da die übrigen Parameter als Konstanten des Zählmechanismus sich bei allen Intervallen in gleicher Weise auswirken. Der Vergleich zweier Intervalle, falls er auf solchen Zählergebnissen beruht, ist damit in eine Entscheidung übergeführt, ob die beiden Zählergebnisse ein und derselben oder verschiedenen Verteilungen angehören. Sind die beiden Urteile (a ist länger als b und b ist länger als a) in einem Zwangswahl-Verfahren gleich häufig, so kann geschlossen werden. dass die beiden Verteilungen zusammenfallen, bzw. dass nur ein zufälliger Abstand zwischen den beiden Mittelwerten besteht

(d' = 0). Der Wert von d' mimmt mit zunehmender Häufigkeit richtiger Diskriminationsurteile zu. Damit können unter In-kaufnahme von etwas artifiziellen Versuchsbedingungen Aufschlüsse über den Diskriminationsvorgang gewonnen werden, welche von der Willkür bei der Operationalisierung der Urteilskriterien (vgl. oben: weiter und enger Gleichzeitigkeitsbegriff) unbeeinträchtigt sind (vgl. auch GREEN & SWETS, 1966).

Um das Modell den Daten besser anzupassen, sind mindestens zwei Zusätze zu berücksichtigen. Da die Registrierung von Anfang und Ende der zu beurteilenden Signale mit Unsicherheit behaftet ist, muss eine Erhöhung der Varianz der Zählergebnisse erwartet werden. Ferner ist eine Konstante zu postulieren. die mit der absoluten Länge des zu beurteilenden Intervalls zusammenhängt, und die man als Gedächtnisunsicherheit bezüglich des ersten Zählergebnis (also Zeit-Ordnungs-Fehler) interpretieren kann. Diese beiden Parameter zusammen mit dem Hauptparameter des Zählmechanismus hat CREELMAN (1962) für jede Vp individuell aus einem Teil der Versuchsergebnisse geschätzt und hernach die übrigen Ergebnisse in einem recht weiten Bereich von Bedingungsvariationen erfolgreich vorausgesagt (vgl. die Transformation seiner Befunde in Abb. 1). Während allerdings Creelman entsprechend seinen theoretischen Formulierungen die Unabhängigkeit der Dauerdiskrimination von der Intensität der Reize postuliert und empirisch bestätigt hat, fanden TANNER et al. (1966) dass gleichlaute Töne besser diskriminiert werden können als verschieden laute, und dass überhaupt lautere Töne zu besseren Leistungen führen als leisere (106 vs. 86 db). Die Dauerdiskriminationsleistungen sind auch generell besser in intramodalen Vergleichen als in intermodalen, und bei akustischen Reizen besser als bei optischen (TANNER et al., 1965). Damit ist in Frage gestellt, dass das POISSON-Zähler-Modell einen von den spezifischen Prozessen unabhängigen, allgemeinen Mechanismus für den Umgang mit Dauer darstellt, wie es CREELMAN offenbar angenommen hatte.

CREELMAN weist darauf hin, dass sein Modell, welches ja primär eine mathematische Konstruktion darstellt und psychologisch und physiologisch auf unterschiedliche Weise spezifiziert werden könnte, mit dem STROUDschen (1955) Ansatz des diskreten Moments nicht grundsätzlich unvereinbar ist. Allerdings müsste entweder die Unabhängigkeit der konsekutiven Momente voneinander gefordert werden (was mit der Idee der Momentreihe, auf die alle Ereignisse von Zeitwahrnehmung und Zeitverhalten abgebildet werden können, unvereinbar ist, A.L.) oder das Zeitäquivalent des Moments müsste ganz beträchtlich kürzer (Grössenordnung Mikrosekunden) angesetzt werden.

Verlockend ist auch die Möglichkeit, das Poisson-Zähler-Modell der inneren Uhr als eine spezifische Formalisierung der These von FRAISSE (vql. 1967) zu betrachten, wonach Dauer auf der Anzahl der wahrgenommenen Ereignisse beruhe. Allerdings scheint es, dass Fraisse primär an makroskopische Ereignisse in- und ausserhalb des Organismus denkt (eine typische Operationalisierung dieser Variablen ist die Anzahl Bilder, die pro Zeiteinheit betrachtet werden, z.B. FRAISSE & ZUILI, 1966 u.a.), während Creelman höherfrequente nervöse Ereignisse als eine mögliche inhaltliche Spezifikation erwähnt. Die Theorie von Fraisse setzt: nun freilich die Existenz eines primären Zeitrasters schon voraus; denn die Dichte von Ereignissen. d.h. die Anzahl von Ereignissen pro Zeiteinheit, kann nicht auf Grund derselben Ereignisse selbst, sondern nur in einem überdauernden Bezugssystem festgestellt werden (vgl. LANG, 1970). Mit Creelman Dauer durch Ereignisse konstituiert sein zu lassen. welchenein immanentes Zeitverhalten eigen ist, würde diese Schwierigkeit aus dem Wege räumen.

## Die psychophysische Relation

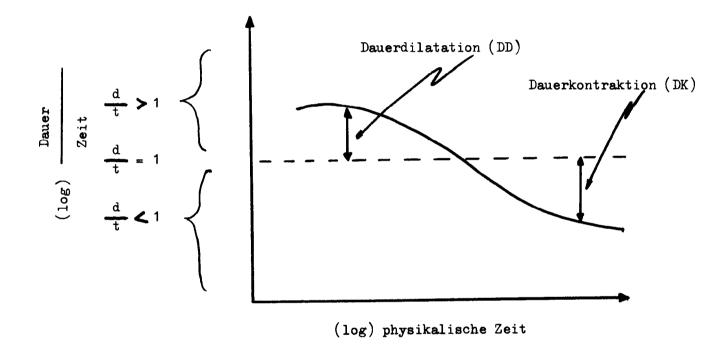
Die Frage nach der Beziehung zwischen Dauer oder der Zeit des Agenten (auf irgendeine Weise transformiert zwecks Messung in physikalischen Äquivalenten) und Zeit oder der Zeit der Welt wird in den Lehrbüchern gewöhnlich durch VIERORDTs (1868) Satz von der Überschätzung kurzer und der Unterschätzung langer Intervalle beantwortet. Dazwischen liegt das sog. Indifferenzintervall, also Zeitstrecken, in deren Messung physikalische und innere Uhren übereinstimmen.

Wie WOODROW (1951) deutlich gemacht hat, sind diese Begriffe nur sinnvoll, wenn sie in bezug auf die Methode spezifisch verwendet werden. Leicht einsichtig ist dies, wenn man verbale Schätzungen und Produktionen unter der Voraussetzung vergleicht, dass eine Einheitenzähl-Theorie der inneren Uhr mit einem Zählwerk ohne Unsicherheit gültig sei. Eine "schnelle" innere Uhr würde dann mit einer relativ kurzen, eine "langsame" Uhr mit einer relativ langen Einheitsdauer operieren. Die verbale Schätzung eines gegebenen Intervalls mit einer schnellen Uhr ergäbe mithin einen hohen, mit einer langsamen Uhr jedoch einen niedrigen Zählerwert; genau umgekehrt resultierte eine Produktion unter der Voraussetzung eines konstanten Zählerwertes mit einer schnellen Uhr in einem kurzen, mit einer langsamen Uhr in einem langen gemessenen Intervall.

Problematisch an der weiteren Kolportation von Vierordts Satz ist ferner der Umstand, dass in einem ganzen Jahrhundert einschlägiger Korschung die Bestimmung des Indifferenzinter-valls nicht gelungen ist (WOODROW, 1951). Nicht nur wechseln die gefundenen Werte je nach Methode und weiteren Versuchsumständen; ein entscheidender Einfluss beruht auf einer Bezugssystembildung der Zeitwahrnehmung oder -schätzung auf Grund des Bereichs und der Vorkommenshäufigkeit der zu beurteilenden Intervalle (HELSON, 1964).

Nun ist es aber wenig sinnvoll, eine allgemeine Psychologie der Zeit aufzustellen zu wollen, wenn diese nicht methodenunabhängige Gültigkeit hat. Trotz der schon erwähnten meist geringen Korrelationen zwischen den Ergebnissen von ZeitwahrAbbildung 2

Paradigma der Darstellung der psychophysischen Relation zwischen Dauer und Zeit.



nehmungsversuchen mit den hauptsächlichen Verfahren muss der Versuch unternommen werden, die Ergebnisse der verschiedenen Methoden in eine gemeinsame Sprache überzuführen. In allen hauptsächlichen Methoden – Schätzung, Produktion, Reproduktion und bei der Vergleichsmethode auf dem Umweg über die psychometrische Funktion – wird Dauer als Äquivalent der Uhrzeit ausgedrückt. Wären innere Uhr und Weltzeit vollkommen koordiniert, so ergäbe sich in einem Dauer = f (Zeit)-Koordinatensystem eine Gerade mit  $45^{\circ}$  Steigung. Die Abweichung der tatsächlich gefundenen Dauerwerte von der Uhrzeit lassen sich leichter miteinander vergleichen, wenn das gemessene Daueräquivalent jeweils durch den vorgegebenen Zeitstandard dividiert wird. Im Falle der vollkommenen Übereinstimmung zwischen Dauer und Zeit erhielte man so eine Gerade parallel zur Zeitachse (vgl. Abbildung  $\lambda$ ).

Jeder Punkt oberhalb dieser Geraden d/t = 1 würde dementsprechend Ausdruck einer Dilatation der Dauerdimension im Vergleich zur Zeit repräsentieren (d/t > 1), während umgekehrt jeder Punkt unterhalb der Geraden Ausdruck einer Dauerkontraktion ist (d/t < 1). Da nun ein solcher Quotient nach unten gegen null begrenzt, nach oben aber bis gegen unendlich unbegrenzt ist, muss eine Transformation eingeführt werden, wenn der Abstand von der Geraden auch den Grad der Dauerdilatation bzw. -kontradiktion repräsentieren soll. Nach dem Vorschlag von RI-CHARDS (1964) haben wir in Übereinstimmung mit einer alten Tradition der Zeitpsychologie eine logarithmische Transformation gewählt. Neuerdings haben CARLSON & FEINBERG (1968) ähnliche Überlegungen angestellt und eine Tangens-Transformation vorgeschlagen. Entsprechend dem oben angestellten Vergleich muss beim Schätzverfahren, um es mit Produktion, Reproduktion und Vergleich eines späteren mit einem vorausgehenden Intervall der reziproke Bruch, also Standardzeit dividiert durch den verbalen Schätzwert, verwendet werden (vql. dazu auch BINDRA & WAKSBERG, 1956).

Mit der Verwendung dieser einheitlichen Darstellungsweise der Ergebnisse der verschiedenen Methoden soll nun nicht etwa der Anspruch erhoben werden, dass den verschiedenen Methoden wirklich ein und derselbe Prozess zugrundeliegt. Aber vielleicht ist auf diese Weise möglich, zu Aussagen über das Gemeinsame dieser Prozesse zu gelangen und einer methodenunabhängigen Zeitpsychologie näher zu kommen.

### Dauer als Funktion der Zeit.

Nach dem geschilderten Verfahren sind in den Abbildungen 3,4 und 5 die in der neueren Literatur ausreichend detailliert wiedergegebenen Daten wiedergegeben. Um der Darstellung einige Übersichtlichkeit zu erhalten, sind die Funktionen willkürlich auf die beiden Grafiken aufgeteilt worden, nämlich alle Kurven mit einem überwiegenden Abwärtstrend kamen in Abb. 3, und alle Kurven mit dominantem Aufwärtstrend kamen in die Abb. 4. Durch Stichworte sind die jeweiligen Experimentalbedingungen angedeutet; die verwendete Methode folgt den Autorennamen, wobei in Klammer gesetzte Buchstaben eine Modifikation der betreffenden Methode andeuten. In Abb. 5 folgen weitere Daten, in welchen nur einzelne Standards des Zeitkontinuums untersucht worden sind.

Der Verfasser hat viele Stunden damit verbracht, in dieser Synopsis von Daten der Zeitpsychologie, von denen gesagt werden kann, dass sie den Stand der Dinge in der ersten Hälfte der 60er Jahre repräsentieren, nach irgendwelchen systematischen Tendenzen zu forschen. Wie man z.B. sieht, sammelt sich die Mehrheit der Ergebnisse mit den Produktions- und Schätzmethoden in der Abb. 4, d.h. die psychophysischen Relationen mit diesen Methoden folgen eher einem Aufwärtstrend (umso mehr Tendenz zur Dauerdilatation, je länger das zu schätzende Intervall); aber es gibt durchaus auch Reproduktionsergebnisse mit einer ähnlichen Funktion.

Davon abgesehen aber scheint als der einzig mögliche Schluss aus dieser Zusammenschau, will man überhaupt eine Verallgemeinerung wagen, darin zu liegen, dass <u>keine einzelne psychophysische Funktion den Zusammenhang zwischen Dauer und Zeit hinreichend gut beschreibt</u>. Nicht nur die Unterschiede zwischen den vier Hauptmethoden und ihren Varianten, sondern auch Unterschiede des Verfahrens bei den verschiedenen Autoren innerhalb

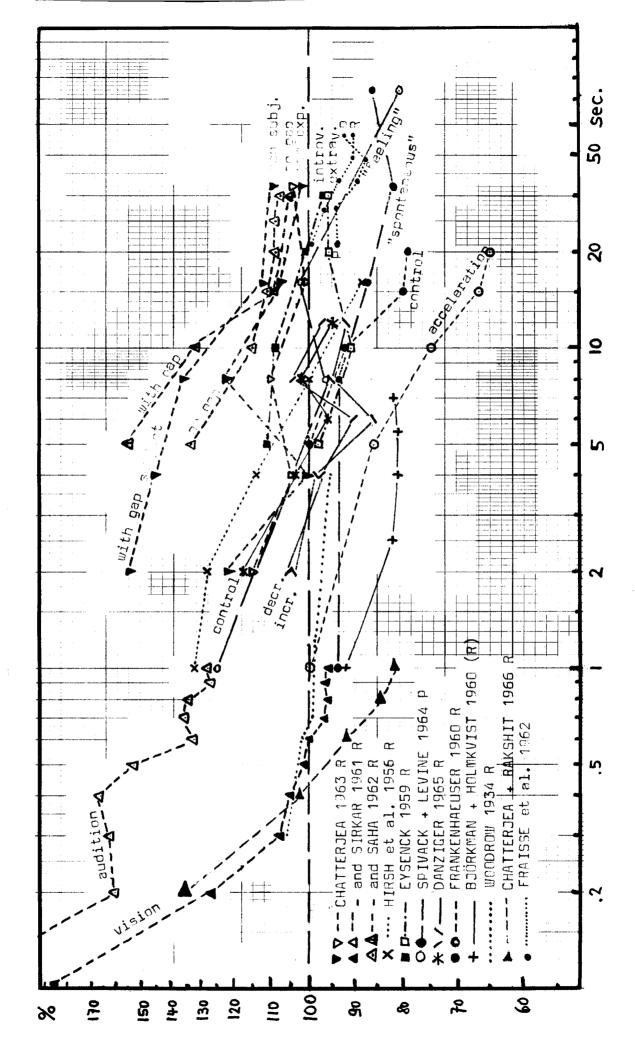


Abbildung 3
Daten zur psychophysischen Relation: Funktionen mit Abwärtstrend.

Abbildung 4 Daten zur psychophysischen Relation: Funktionen mit Aufwärtstrend.

Abbildung 5 Daten zur psychophysischen Relation für einzelne Punkte der Zeitachse.

ein und derselben Methode, bringen Funktionen hervor, deren Indifferenzpunkte (Überschneidung mit der d/t=1=100% - Geraden), praktisch über die ganze Zeitachse verstreut sind, und deren Neigung und Form in weiten Grenzen divergieren. Alle Versuche, Dauer als psychologisches Kontinuum zu skalieren, scheinen deshalb verfrüht.

Im Folgenden soll nun versucht werden, diese und weitere Daten in Hinblick auf den möglichen Aufbau der inneren Uhr eingehender zu untersuchen. Die Hoffnung richtet sich auf die Überwindung der den Problembereich charakterisierenden Konfusion. In Anbetracht einerseits der Bedeutung des Problems und anderseits des Umstands, dass in den frühen 60er Jahren jährlich zwischen 30 und 40 und in den späteren 60er Jahren bis über 50 Publikationen pro Jahr zum Problem erschienen sind (bis 1920 waren es jährlich 1 bis 3, in den 30er und frühen 50er Jahren 10 bis 12 pro Jahr!), ist ein solches Überdenken zunächst einmal wichtiger als neue Daten zu den traditionellen Fragestellungen.

Zeit-Ordnungs-Fehler. Aus den Daten der Abbildungen 3 und 4 kann man die Hypothese bilden, dass wenigstens in der Mehrzahl der Untersuchungen die Reproduktionsmethode zu Funktionen mit Abwärtstrend führt. Da nur bei der Reproduktions- (und auch bei der Vergleichsmethode) die Zeitstrecke zweimal nacheinander hergestellt wird, muss man schliessen, dass zumindest eine bedeutende Ursache für die relative Dauerkontraktion bei längeren Zeitstrecken in der Reproduktionsmethode mit dem Zeit-Ordnungs-Fehler zusammenhängt. Nun ist der Zeit-Ordnungs-Fehler ein altbekanntes Phänomen der Psychophysik, aber zwischen den verschiedenen vorgebrachten Erklärungsvorschlägen kann durchaus noch nicht eindeutig entschieden werden (PLUTCHIK & SCHWARTZ, 1968).

Eine Reproduktion kann an sich als eine Schätzung gefolgt von einer Produktion verstanden werden. Introspektive Befunde lassen dies mindestens für einen Teil der Vpn in einem Experiment als wahrscheinlich erscheinen, wenngleich unterschiedliche Grade des Gewahrseins der vermittelnden Schätzung vorkommen mögen. Unter der Voraussetzung, dass die innere Uhr im Verlauf

einer Reproduktion keine Änderung erleidet, sollte diese Methode überhaupt weder Dauerdilatation noch Dauerkontrakzur Folge haben. Denn wie immer das Ausmass der Dilatation oder der Kontraktion im Verlauf der Schätzphase ist. es müsste in der anschliessenden Produktion voll neutralisiert werden. Empirisch lässt sich diese Neutralisation in Versuchen mit unterschiedlichen Tätigkeiten während der beiden Phasen nachweisen. Beispielsweise fanden DeWOLFE & DUNCAN (1959). dass eine aktiv reproduzierte Dauer eines passiv wahrgenommenen Intervalls verschieden ist von einer passiv reproduzierten Dauer eines aktiv wahrgenommenen Intervalls, während Reproduktionen unter gleichem Aktivitätsgrad wie bei der Wahrnehmung des Intervalls sich nicht voneinander unterscheiden. wenn die Aktivität entweder gering, mittel oder hoch ist. Ähnliche Resultate fanden DENNER et al. (1963) unter entsprechenden Variationen der Klopfgeschwindigkeit während den beiden Versuchsphasen.

Verblassen der Erinnerungsspur. Ist wie üblicherweise die Tätigkeit während der Wahrnehmungs- und der Reproduktionsphase gleich, so hat man aber mit umso stärkerer Dauerkontraktion zu rechnen, je länger der zu reproduzierende Standard ist (Abb. 3). Im Rahmen der FRAISSEschen Theorie, dass Dauer auf der Wahrnehmung von (inneren) Ereignissen beruhe, hat FRANKENHAEUSER (1959) eine Reihe von Experimenten publiziert, deren Ergebnisse zu bestätigen scheinen, dass diese zunehmende Kontraktion mit dem Gedächtnis oder dem Behalten von Dauer zusammenhängt. In ihrem modifizierten Schätzverfahren mussten die Vpn während eines vom V1 vorgegebenen Intervalls eine Folge von aneinander anschliessenden kurzen Produktionen in Form von "gegenwärtigen" Dauerelementen machen (nämlich im Takt von 1 pro Sekunde zählen) und anschliessend über das "vergangene" Intervall eine verbale Schätzung angeben. Im Bereich zwischen 4 und 72 sec waren diese Schätzungen nominell stets kleiner als die Summe der Sekunden-Produktionen. Das Zeitverhalten zeigte auch in anderer Hinsicht Analogien zu allgemeinen Gedächtnisphänomenen.

Obschon die nachträglichen Schätzwerte niedriger ausfallen als die gleichzeitigen Produktionswerte, was die Zahlenwerte in Sekunden betrifft, so zeigen die in Abbildung 4 wiedergegebenen Resultate mit Zunahme der Dauer umso stärkere Dauerdilatation, wenn diese Schätzwerte auf den Standard bezogen werden. Damit ist nahe gelegt, dass Verblassen der Erinnerungsspur allenfalls in bezug auf die symbolische Repräsentation, nicht aber auf die Dauer selbst angenommen werden kann. Es ist auch nicht auszuschliessen, dass die Methode einen Artefakt mit sich bringt, welcher den Vergleich dieser Schätzwerte mit andern verunsichert.

In der Tat hält Frankenhaeusers These vom Verblassen der Erinnerungsspur der Überprüfung nicht stand, wenn man sie auf die Methode der Reproduktion zu übertragen versucht. Würde die auf Grund der Wahrnehmung des Standard gespeicherte Dauer allmählich verblassen, so müssten Reproduktionen umso kürzer ausfallen, je später sie nach einer Pause der Darbietung des Standards folgen. Eine zwischen Standard und Reproduktion eingeschobene Lücke, gleichgültig ob sie vom Vl vorgegeben oder ebenfalls von der Vp produziert wird, führt aber nicht zu einer Verkürzung, sondern häufig zu einer relativen Verlängerung der Reproduktion (SIXTL, 1963; CHATTERJEA & SAHA, 1963) oder lässt sie unbeeinflusst (CHATTERJEA, 1963; DuPREEZ, 1967).

Kumulative Effekte. Eine alternative Erklärung für die beobachteten Abweichungen der Dauer von der Zeit, die mit der Länge der zu schätzenden Zeit variieren, könnte von der Möglichkeit ausgehen, dass sich gewissermassen das Tempo der inneren Uhr im Lauf von Zeitschätzungen ändert. In der Regel zeigen mit dem Schätzverfahren und häufig auch mit dem Produktionsverfahren gewonnene Daten zunehmende Dilätation mit zunehmendem Standard. Und insbesondere treten bei wiederholter Beschäftigung mit derselben Dauer im Verlauf einer Sitzung sogenannte kumulative Effekte auf (FALK & BINDRA, 1959; ROBINSON, 1963; ZOLTOBROCKI, 1965; WARM et al. 1966; COLTHEART & von STURMER, 1968; EMLEY et al., 1968; von STURMER, 1968; ROSS, 1969). Diese allmähliche Veränderung der inneren Uhr ist viel weniger ausgeprägt unter Bedingungen, wo verschieden lange Standards in

in bunter Reihenfolge behandelt werden. Dementsprechend kann durch irgendwelche, die Aufmerksamkeit stark beanspruchende Unterbrechungen in einer Reihen von gleichen Intervallen der kumulative Effekt unterbrochen werden; mit der Fortsetzung der vorherigen Serie setzt er allerdings umso stärker wieder ein (von STURMER, 1966). Er ist aber nicht allein durch die Monotonie der Versuchsbedingungen oder die Langeweile bedingt, da er durch eine aktivierende Bedingung (physische Arbeit) sogar verstärkt werden kann (BOULTER & APPLEY, 1967). In sehr schöner Weise hat übrigens UNDERWOOD (1966) die Reziprozität von Produktion und verbaler Schätzung nachgewiesen, insofern sich die Messwerte produzierter Dauern kumulativ erhöhen, die Schätzwertevoorgegebener Intervalle jedoch kumulativ vermindern. Dass es sich bei diesen kumulativen Effekten wirklich um eine Auswirkung des vorherigen Umgangs mit Dauer handelt. wird durch einen Nachweis der temporalen Nachwirkung indirekt einsichtig (HUPPERT & SINGER, 1967). Gibt man vor dem zu reproduzierenden Standard einen Zeitreiz von ähnlicher oder doppelter Erstreckung wie der Standard, so werden die Reproduktionen im Vergleich zu Reproduktionen unter Kontrollbedingungen um einen kleinen. aber offensichtlich bedeutungsvollen Bruchteil verkürzt: d.h. der experimentelle Zeitreiz hat eine Nachwirkung analog einem Sukzessivkontrast in andern Wahrnehmungsdimensionen. Und zwar nimmt die Stärke der Nachwirkung mit zunehmendem zeitlichen Abstand des experimentellen Zeitreizes vom Standard u-förmig zunächst zu und dann wieder ab, d.h. die Situation ist analog dem Distanzparadox bei der figuralen Nachwirkung (KÖHLER & WALLACH, 1944).

Zeitabhängige Dauerdilatation. Nimmt man an, dass sich das Tempo der inneren Uhr insgesamt im Verlauf von Zeitschätzungen progressiv verlangsamt, so wären einerseits die kumulativen Effekte, anderseits die leichte Zunahme von Dauerdilatation bei der Schätz- und der Produktionsmethode mit zunehmender Standarddauer erklärt. Die Umkehrung des Trends bei den mit der Reproduktionsmethode gewonnenen psychophysischen Relationen wäre dann ein Artefakt dieser Methode. Dies wird einsichtig, wenn man einmal im Rahmen der Momenttheorie annimmt, die

progressive Verlangsamung des Tempos der inneren Uhr beruhe auf einer allmählichen Verlängerung des Moments als der Abzähleinheit (TREISMAN, 1963). Und zwar wäre die Annahme sinnvoll, dass die Momentdauer sich mit negativer Beschleunigung verlängert, also zunächst stärker und dann allmählich weniger stark bis zu einem asymptotischen Wert zunimmt. Der Zählerwert nach der Schätzphase wäre demgemäss relativ kleiner, je länger der vorgegebene Standard, da ja weniger Einheitsdauern Platz haben, je grösser diese sind. Dem entspricht die in Abb. 4 festgestellte zunehmende Dauerdilatation mit wachsendem Standard bei der Schätz- oder der Produktionsmethode für sich. Mit dem aus der Schätzphase resultierenden Zählerwert nun anschliessend bei sich noch weiter vergrösserndem Moment eine Produktion zu machen, macht den grössten Teil dieser Dilatation wieder rückgängig, aber nicht alles, weil sich der Moment weiterhin verlängert, wenn auch mit verringerter Progression. Damit wäre die scheinbare Dauerkontraktion längerer Reproduktionen als Artefakt der Methode interpretiert. Dementsprechend kam es in den Versuchen von CHATTERJEA (1963, vql. Abb. 3) besonders dann zu beträchtlichen Überproduktionen, wenn die Vp selbst zwischen Standard und eigentlicher Reproduktion eine Lücke von der Dauer ebenfalls des Standards einzuschieben hatte, und zwar bei den kürzeren Standards mehr als bei den längeren. Denn im Verlauf einer zweimaligen Abzählung des Zählerwertes aus der Schätzphase wird die kleine Anzahl der Momente durch ihre progressive Verlängerung mehr als rückgängig gemacht: bei längeren Standards fällt das weniger ins Gewicht, weil Längenzunahme des Moments schon geringer ist. In den Versuchen von SIXTL (1963) wird die Lücke vom VI bestimmt, und deshalb ist die progressive Verlangsamung vermutlich gering. Doch findet auch er in Übereinstimmung mit der Hypothese von der zeitabhängigen Dilatation relativ geringere Dauerkontraktion bei Reproduktionen nach längeren Lücken. Ebenfalls entsprechende Ergebnisse mit der Vergleichsmethode bei Lücken zwischen Standard und Vergleichsreiz berichteten FAROQI & PARAMESWARAN (1966).

Schliesslich ist noch zu bedenken, dass den beschriebenen mikrogenetischen Veränderungen ontogenetische Analogien entsprechen: mit zunehmendem Alter gehen die Zeitschätzungen von

relativer Kontraktion zu Dilatation über (HORMIA, 1956; TEJMAR, 1962; BREESKIN, 1966; GOLDSTONE & GOLDFARB, 1966; McGRATH & O'HANLON, 1968; nicht bestätigt von SURWILLO, 1964), wie es der Alltagserfahrung entspricht, dass in der Retrospektive die Zeit in der Kindheit und Jugend langsam verging (Kontraktion, viele kurze Momente), mit zunehmendem Alter aber immer eiliger wird (Dilatation, weniger längere Momente). Dies konnte allerdings in einer systematischen Befragung nicht bestätigt werden (TUCKMAN, 1965). FISCHER (1967) gibt Spekulationen über mögliche Grundlagen dieses Wandels im Metabolismus.

Damit werden eine ganze Reihe von anscheinend widersprüchlichen Befunden unter einem gemeinsamen Prinzip der zeitabhängigen Dauerdilatation verständlich. Natürlich ist diese Überlegung nicht ausschliesslich im Rahmen der Momenttheorie anwendbar. Auch wenn der zugrundeliegende Prozess anderer Natur ist. sind grundsätzliche Änderungen des Prozesses denkbar. welche in ihrer Auswirkung auf die Dauerdimension insgesamt eine Dilatation bedeuten. Im stochastischen Modell des Poisson-Zählers könnte man sich etwa vorstellen, dass bei längeren Zeitstrecken bzw. im Verlauf der Sitzung die absolute Frequenz der im Zähler ausgewerteten Ereignisse im Sinne grösserer Ökonomie sinkt, wodurch ja immer noch eine ausreichende Genauigkeit in der Verarbeitung von längeren Dauern gewährleistet wäre. Ähnlich könnte im Rahmen einer Theorie der Uhr als multiples System von einer allmählichen Verlagerung auf Teilprozesse mit grösserer Periodenlänge gesprochen werden (vgl. unten).

#### Dauer als Funktion eines Bezugssystems.

Es ist seit langem bekannt gewesen, dass Zeitschätzungen nicht absolute Urteile sind sondern stets im Kontext der vorausgehenden Erfahrungen des Individuums erfolgen. Die Unmöglichkeit der Bestimmung eines eindeutigen Indifferenzpunktes führte WOODROW (1934) zu seinem bekannten Experiment, in dem jede Vp nur ein einziges Intervall zu reproduzieren hatte, während sonst gewöhnlich jeder Vp alle Standards mehrmals in wechselnder Reihenfolge dargeboten werden. Wie aus Abbildung 3 ersichtlich, ist die psychophysische Funktion unter diesen, die Wirkung eines versuchsbedingten Bezugssystems ausschaltenden Bedingungen beträchtlich flacher, aber sie weist immer noch eine leichte Neigung und einen Indifferenzpunkt auf. Durch die vorausgehenden Überlegungen zur zeitabhängigen Dauerdilatation und ihre Konsequenz bei der Reproduktionsmethode findet dies eine mögliche Erklärung; die stärkere Neigung der übrigen Datensätze und die Verschiedenheit der Lage des Indifferenzpunktes müsste demgemäss im wesentlichen auf Bezugssystem-Wirkungen zurückgeführt werden.

Ferner ist gezeigt worden, dass das Zeitverhalten durch sogenannte Ankerreize (GOLDSTONE et al., 1959; BEHAR & BEVAN, 1961; GOLDSTONE & GOLDFARB, 1964a; ADAMSON & EVERETT, 1969) beeinflusst werden kann, und dass aufsteigende und absteigende Darbietung im Grenzverfahren unterschiedliche Resultate ergeben (CHATTERJEA & SAHA, 1962). Man kann also nicht umhin, die üblichen Dauerschätzungen als wenigstens teilweise durch Adaptationsprozesse bedingt aufzufassen, wie sie beispielsweise durch HELSON (1964) in systematischer Weise formalisiert worden sind. Nach Helsons Theorie vom Adaptationsniveau müsste erwartet werden, dass Dauern, welche länger sind als das Adaptationsniveau, relativ verkürzt, und solche die kürzer sind als das Adaptationsniveau, relativ verlängert beurteilt werden. Ein solcher Effekt der Zentraltendenz ist nun allerdings nur in einem Teil der Daten festzustellen, und zwar bei einigen mit der Produktionsmethode gewonnenen Funktionen (z.B. SPIVACK & LEVINE, 1964, vgl. Abb. 4; FRAISSE et al., 1962, vgl. Abb.3), und natürlich bei der Mehrzahl der Schätzdaten, wenn man die Zentraltendenz auf das Zahlenmedium eher als auf die Dauerdimension bezieht. Allerdings würde eine et-was allgemeinere Formulierung der Bezugssystem-Theorie (KOFFKA, 1935; WITTE, 1960; GARNER, 1966) neben der Zentraltendenz auch eine konträre Tendenz der erhöhten Differenzierung und Kontrastbildung postulieren, so dass diese Überlegungen ohne einen höheren Spezifitätsgrad der Theorie eigentlich nicht weiterführen können.

Insoweit ist also die Nennung von Zentral- oder Extremtendenz nur ein anderer Weg der Beschreibung, nicht aber der Erklärung der Fakten. Im Prinzip liegt jedoch den Bezugssystem-Formulierungen die Zielsetzung zugrunde, die Zeitwahrnehmung als einen aktiven Prozess der internen Rekonstruktion der Wahrnehmungsobjekte anstatt als ein passives Verarbeiten von Reizen zu verstehen (KOFFKA, 1935). Die wahrnehmenden Systeme halten einen Bezugsrahmen für die hereinkommende Reizinformation bereit; die resultierende, bedeutungsvolle Wahrnehmung ist mindestens ebensosehr durch diesen Bezugsrahmen wie durch den Reiz bestimmt (vgl. auch LANG, 1970). Unglücklicherweise ist diese zentrale These der Gestalttheorie über der Diskussion des Nativismus-Empirismus-Problems und einer Reihe von Detailfragen zu sehr in den Hintergrund gerückt, obwohl sie sich etwa in den Bereichen der Farb- oder der Sprachwahrnehmung als unumgänglich erwiesen hat. Um im Gebiet des Zeitverhaltens zu einem wirklichen Fortschritt zu kommen, scheint ein besseres und spezifischeres Verständnis des Dauer-Bezugssystems wesentlich, in dessen Kontext fast jede Reizsituation in ihren zeitlichen Aspekten verarbeitet werden kann.

Die Wirkung von Feedback. Eine beträchtliche Zahl von Untersuchungen sind über die Art und Weise angestellt worden, wie Dauerurteile durch Rückmeldungen beeinflusst werden können. Man könnte solche Rückmeldungen, d.h. Informationen über das unmittelbar vorausgehende Zeitverhalten, als eine kontrollierte Beeinflussung des Dauer-Bezugssystems verstehen. Ungeachtet des Umstands, ob die Rückmeldung in Form einer genauen Leistungs-angabe über den vorausgehenden Versuch oder nur als Angaben

wie "zu kurz", "richtiq" oder "zu lang" erfolgt, oder ob in einer operanten Konditionierungssituation ein unterer und ein oberer Grenzwert für die positive Bekräftigung festgelegt wird: die verfügbaren Daten zeigen, dass die Vpn in der Regel ein gegebenes Intervall in der Grössenordnung von Bruchteilen von Sekunden bis 2 min sehr rasch lernen können (TABER et al., 1961; ROBINSON, 1963; AIKEN, 1965; McADAM, 1967). Dies kommt sowohl in der raschen Zunahme der Genauigkeit der geschätzten oder produzierten Dauern zum Ausdruck, wie auch im Gegensatz zum unveränderten Zeitverhalten von Kontrollgruppen. Noch wenig Klarheit besteht darüber, wie rasch die gelernten Dauern wieder auslöschen, bzw. durch das habituelle Dauerbezugssystem wieder verdrängt werden. Während bei den meisten genannten Autoren die Genauigkeit nach Absetzen der Rückmeldungen sich wieder vermindert und ihre Variabilität zunimmt, bestimmte der in einem Fall nur durch Demonstration gelernte neue 1 sec-Normwert auch nach 3 Wochen noch die verbalen Schätzungen von 14 und 21 sec Intervallen (KRUUP, 1968).

Zumindest momentan ist aber der Effekt von Rückmeldungen derart stark, dass er die Wirkung von Psychopharmaka bei 10 sec-Produktionen neutralisieren kann (RUTSCHMANN & RUBINSTEIN, 1966). Verbale Schätzungen lassen sich nach wenigen Versuchen bis zur Verdoppelung oder Halbierung entstellen, wenn die Vpn ihre Schätzleistungen jeweils nachträglich an Wanduhren überprüfen können, welche ohne ihr Wissen entweder mit halber oder doppelter Geschwindigkeit laufen (CRAIK & SARBIN, 1963).

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die sog.
"Positive feedback"-Methode der Reproduktion, die von LLEWELLYNTHOMAS (1959) vorgeschlagen und von verschiedenen Autoren übernommen worden ist (LYNN, 1961; COSTELLO, 1961; KELM, 1962;
BOULTER & APPLEY, 1967), nicht nur ein Misnomer ist, sondern
bloss einen Artefakt erzeugt. In einer Serie von Reproduktionen
wird nämlich den Vpn jeweils ein neuer Standard von der Grössenordnung ihrer vorherigen Reproduktion gegeben, während sie im
Glauben gelassen werden, dass sie jedesmal denselben Standard .
reproduzieren. Dabei sollen zwei differentialpsychologisch
interessante Reaktionstypen festgestellt worden sein, nämlich

solche mit und solche ohne "judgment drift". Wie WHITE (1964 b) sehr schön gezeigt hat, ist nicht nur keine Rückmeldung impliziert, sondern die Urteilsverschiebung ist auf einen einfachen Niveauunterschied zurückführbar, wenn jede Reproduktion in Beziehung zu ihrem eigenen Standard gesetzt wird.

Eine offene Frage ist auch das Problem der Generalisation der durch Demonstration oder Rückmeldung gelernten Dauernormen auf den Umgang mit kürzeren und/oder längeren Dauern. Im Rahmen der auf PAWLOW und SECHENOW zurückgeführten und besonders von ANOKHIN weiterentwickelten Widerspiegelungstheorie betrachten die russischen Forscher Zeit als objektiv gegebene Kategorie, welche als bedingter Reiz für bedingte Reaktionen des Zeitverhaltens wirksam werden kann (DMITRIEV & KOCHIGINA, 1959; EL'KIN, 1969). Dementsprechend finden sie nur geringe oder keine Generalisation von gelernten Intervallen auf andere, nichtbekräftigte Dauern (EL'KIN, 1964). Die Genauigkeit der Zeitschätzung sei umso grösser, je enger die Beziehung der zu schätzenden Intervalle zum Inhalt der währenddessen ausgeübten Tätigkeit stehe: z.B. spiele der Musiker ganz kleine Intervalle fast fehlerfrei, und Schüler kennen das Ende der Unterrichtsstunden sehr genau. Hingegen sei beabsichtigte Zeitschätzung motivationsbeeinflusst und je nach Einstellung mehr oder weniger präzis (EL'KIN 1969). Je nach dem Inhalt der Tätigkeit bzw. der Natur der bedingten Reaktionen werden gewisse Intervalle leichter, andere schwerer gelernt (BONFITTO et al., 1968).

Anderseits wurde in verschiedenen amerikanischen Untersuchungen eine ganz beträchtliche Generalisation des Zeitlernens festgestellt. AIKEN (1964) demonstrierte Generalisation der Wirkung einer konstanten Vorwarnperiode in Reaktionsversuchen bei kürzeren und längeren Vorwarnperioden. Fast vollkommenen Transfer erhielt WHITE (1964 a) im Bereich von 1 bis 3 min nach Verbesserung der Genauigkeit von 2 min-Schätzungen durch Rückmeldung. BAKER (1962) zeigte sogar, dass die Vpn imstande sind, einen Durchschnitt aus variablen Intervalldauern zu bilden, um in einer Vigilanzaufgabe mit beträchtlicher Exaktheit den wahrscheinlichsten Zeitpunkt des nächsten Signals vorherzusagen.

Dieser paradoxe Sachverhalt in bezug auf die Generalisierung in der Dauerdimension ist auch in Alltagsfakten sichtbar. Obschon die Tausende von Bekräftigungen, die jeder zivilisierte Mensch beim Uhrablesen erhält, eine gewisse Approximation der subjektiven Dauer an die soziale Zeit mit sich bringen, erhält sich doch jeder Agent seine eigene sujektive Dauerskala, die mit der Uhrzeit durchaus nicht übereinstimmt (GOLDSTONE et al., 1963). Eine Erklärung der Diskrepanzen zwischen den Befunden der russischen und der amerikanischen Forscher allein durch Verfahrens- oder theoriebedingte Erwartungsunterschiede scheint deshalb nicht ausreichend. Man könnte sich aber vorstellen. dass die russischen Forscher den Prozess der inneren Uhr auf einer anderen Ebene operationalisieren als die amerikanischen: die Mehrzahl der Befunde ohne Generalisation sind an Tieren im Paradigma der klassischen Konditionierung, also mit einem Zeitreiz (häufig einem leeren Intervall) als CS und beispielsweise einem elektrischen Schock als UCS gewonnen worden, während die amerikanischen Forscher typischerweise mit blossen Licht- und Tonsignalen und Knopfdruckantworten operieren. Insoweit diese Unterscheidung sinnvoll ist, dominieren also wohl in den ersten Befunden Reaktionen vom respondanten, in den zweiten jedoch solche vom operanten Typus (SKINNER, vgl. FOPPA, 1965). Dementsprechend müsste man sich überlegen, ob nicht möglicherweise respondante Reaktionen gewisse Dauerkonstanten fest "einprogrammiert" hätten, wodurch ihre Konditionierung auf passende Zeitreize leicht zu erwerben, jedoch schwer löschbar und kaum generalisierbar wären, während anderseits die operanten Reaktionen nicht an singuläre Konstanten gebunden und deshalb fast beliebig erlernbar wären und auch leichter generalisieren und rascher wieder auslöschen würden.

Es existieren m.W. nur wenig Daten, welche zur Stützung dieser Spekulation über Zeitkonstanten bei respondanten Reaktionen beigezogen werden könnten. Die Möglichkeit klassischer Konditionierung auf blosse Zeitreize galt im Behaviorismus lange Zeit als umstritten, obwohl von konstanten CS-Intervallen wegen möglicher Variablenkonfundation häufig abgeraten wurde.

LOCKHART (1966) hat einen klaren Nachweis der Konditionierung der galvanischen Hautreaktion bei einem CS-Intervall von 40 sec geführt und dabei die möglichen Wirkungen von vermittelnden

kognitiven Mechanismen weitgehend ausgeschaltet. Auffallend war die ausserordentliche Hartnäckigkeit der Reaktion, die noch nach 10 Zyklen ohne UCS nicht ausgelöscht war. Doch fehlen die für die Sicherung obiger Spekulation benötigten Daten über andere Reizintervalle und andere respondante Reaktionen. Einzig bei 2 Monate alten Säuglingen war ein 20 sec Intervall als CS wirksam für Pupillenreaktionen (Dilation und Konstriktion), nicht aber für Lidschlagreflexe, während ein Ton als CS gerade umgekehrte Spezifität zeigte (BRACKBILL et al. 1968; FITZGERALD et al. 1967). Ein 10 sec-Intervall interferierte mit der Erholzeit der Pupillenreaktion; doch zeigte ein 30 sec-Intervall im Sinne der erwogenen immanenten Zeitkonstante weniger gute Konditionierungsraten (FITZGERALD, 1967, pers. Mitt.). Schliesslich ist die Beobachtung von DOEHRING et al. (1964) möglicherweise verfolgenswert, dass in einer operanten Lernsituation zur fortlaufenden Produktion von 1 min-Dauern, während welcher verschiedene physiologische Reaktionen registriert wurden, 3 Vpn etwa 10 sec vor dem fälligen Knopfdruck am deutlichsten eine galvanische Hautreaktion aufwiesen, während die beiden übrigen Vpn bevorzugt. Schwankungen der Herztätigkeit zeigten. Das könnte implizieren, dass das operante Zeitverhalten für bestimmte Dauern im Prinzip an respondante Reaktionen gebunden sein könnte, wenngleich nicht bei allen Individuen an dieselben Mechanismen.

Dauerkonstanz. Als Ergebnis eines simplen Versuches berichtete BAKAN (1962), dass die Vpn imstande sind, ihre eigenen Dauerschätzungen nachträglich ohne Rückmeldung mit überzufälliger Richtigkeit als entweder zu kurz, ungefähr richtig oder zu lang zu bewerten. Auch SIXTLs (1963) Vpn waren mit einer Ausnahme hinterher gewahr, dass sie die Standards unterreproduziert hatten. Es scheinen also Anpassungsprozesse im Sinne der Annäherung des Zeitverhaltens an die Uhrzeit ohne äussere Einflüsse möglich zu sein. M.a.W. eine Zeitschätzung, die auf der Grundlage des spontan wirksamen Dauer-Bezugssystems gemacht worden ist, kann im Lichte eines anderen, latent zugleich gegebenen, jedoch unterschiedlichen Dauer-Bezugssystems korrigiert

werden, und zwar ist  $u_*U_*$  das zweite Bezugssystem im Sinne der physikalischen Uhr exakter.

Erklärungen dieses Phänomens durch Einstellungsfaktoren sind nicht zureichend, da die Vpn erst nach ihrer ersten Zeitschätzung und ohne Wiederholung des Standards um eine Beurteilung derselben gebeten worden sind. Es scheint fruchtbar, das Phänomen in den allgemeinen Rahmen des Problem der Wahrnehmungskonstanzen einzuordnen.

Das Problem der Konstanz in anderen Wahrnehmungsdimensionen stellt sich wie folgt dar. Eine einzelne Reizdimension ruft an den Rezeptoren einen einfachen Proximalprozess hervor. so dass die resultierende Wahrnehmung den Variationen der Reizinformation in dieser einen Dimension in jeder Hinsicht folgt (keine Konstanz). Sind aber Situationen mit zwei oder mehr Reizdimensionen gegebøen, welche teils voneinander unabhängig sind und teils kovariieren, so rufen sie einen komplexen Proximalprozess hervor, und die resultierende Wahrnehmung repräsentiert nicht einfach die Werte dieser Reizdimension, sondern tendiert auf die "Konstruktion" oder "Rekonstruktion" eines "Gegenstandes", welcher diesem komplexen Proximalprozess zugrunde liegen könnte; die Wahrnehmung des Gegenstandes ist dann bis zu einem gewissen Grad invariant gegenüber Reizvariationen (Konstanz). Dabei kann die in den Differenzen und Verhältnissen zwischen den partiell korrellierenden Reizvariablen enthaltene Information ausgewertet, so dass der phänomenale Gegenstand mehr oder weniger und andere Merkmale tragen kann, als am distalen Gegenstand durch einfache physikalische Messungen unterscheidbar sind. Der Rekonstruktionsprozess scheint zwei Grundsätzen zu gehorchen. Einerseits wird eine Organisation realisiert, welche unter den gegebenen Umständen möglichst einfach, ökonomisch, "gut", prägnant ist (KOFFKA, 1935 u.a.). Anderseits wird unter Berücksichtigung früherer Erfahrungseine Organisation angestrebt, welche, soweit das möglich und wünschbar ist. das distale "Ding" repräsentiert (BRUNSWICK, 1934). Die Wahrnehmungskonstanzen haben also sowohl einen Simplizitäts- wie auch einen Verdikalitätsaspekt. In vielen Fällen ergänzen sich die beiden Prinzipien in ihrer Wirkung, z.B. bei der Wahrnehmung

von Rechtecken auf Grund von trapezoidförmigen Proximalreizen. Häufig kommt es, besonders unter analytischer Einstellung, zu einem gewissen Kompromiss der beiden Prinzipien. In vielen Wahrnehmungstäuschungen scheint das Simplizitätsprinzip stärker zu sein als das Veridikalitätsprinzip.

Überträgt man dieses Konzept auf die Wahrnehmungsdimension der Dauer, so würde das bedeuten, dass Dauerschätzungen usf. auf der Grundlage von Bezugssystemen erfolgen, welche zwischen die beiden folgenden Extreme fallen. Auf der einen Seite wäre Dauer vollständig durch singuläre "proximale Prozesse" determiniert. d.h. durch Ereignisse oder Verläufe in- oder ausserhalb des Organismus, deren Wandel als Funktion der Zeit eine bestimmte Bedeutung hat. Auf der andern Seite wäre Dauer durch einen Komplex von Proximalprozessen determiniert, dessen Resultante ideale und einfache Eigenschaften wie Kontinuität, Homogenität, beliebige Teilbarkeit usf. aufweist und als dessen letzte Konsequenz das Zeitkontinuum der klassischen Physik und die technischen Hilfsmittel zur Realisierung einer praktikablen sozialen Zeit herausentwickelt wurden. Die Vorherrschaft einzelner Proximalprozesse zur Regelung des Zeitverhaltens in ganz bestimm-. ten Verhaltenszusammenhängen (vgl. das oben über respondantes timing Gesagte) impliziert das Fehlen von Dauerkonstanz, während im zweiten Fall sowohl Simplizitätsaspekte (Kontinuität, Homogenität usf.) wie auch Veridikalitätsaspekte (Synchronisierung mit Umweltsprozessen, z.B. Tag-Nacht, Uhren usf.) der Dauerkonstanz approximiert werden.

Nun ist es offensichtlich nicht leicht, eine einfache operationale Definition der Dauerkonstanz auf der Grundlage des Verhältnisses zwischen distalen und proximalen Reizen zu geben, wie dies etwa bei der Grössen- oder Farbkonstanz möglich ist, weil die einzelnen Proximalprozesse sowohl inner-organismischer Herkunft wie auch durch natürliche und kulturelle äussere Ereignisse bedingt sein können. Aber die Essenz des Konstanzkonzepts ist deutlich erhalten, nämlich ein gewisser Grad von Invarianz der intendierten Welt trotz wechselnden Informationen aus der realen Welt (BRUNSWIK, 1934).

Normalerweise ist nicht vollständige Invarianz realisiert: durch Einstellungsänderung kann aber sowohl vermehrte wie verminderte Konstanz in einem gewissen Bereich akzentuiert werden. So ist für viele Individuen eine angenähert veridikale Dauereinheit (Sekunden etc.) wenn nötig verfügbar (CLAUSER, 1954), aber gewöhnlich wird eine mehr persönliche Dauerskala bevorzuqt. GOLDSTONE & GOLDFARB (1963; 1964) liessen ihre Vpn die gleichen Zeitreize auf einer 9-Kategorien-Skala einstufen und erhielten unterschiedliche Resultate, wenn die Urteile "absolut", d.h. nur mit subjektiven Bezugsgrössen, oder unter der Instruktion erfolgten, den Mittelpunkt der Skala mit einer Sekunde gleichzusetzen, d.h. mit einer sozialen Bezugsgrösse. Natürlich ist die subjektive Bezugsgrösse nicht unabhängig vom aktuellen Adaptationsniveau, bzw. dem Verteilungsbereich und der Häufigkeit der gegebenen Zeitreize; da diese aber bei Verwendung der sozialen Bezugsgrösse gleich sind, muss durch die zusätzliche Instruktion eine Akzentuierung eines sonst latenten Bezugssystems (Proximalprozess-Komplex) erzielt worden sein. Wie die referierten Befunde von BAKAN (1962) und SIXTL (1963) zeigen. kann dieses veridikale Bezugssystem auch retrospektiv zur Ergänzung oder Korrektur des gewöhnlichen Zeitverhaltens benutzt werden. Die Stärke mit der sich die soziale Bezugsgrösse durchsetzt, bzw. die Übereinstimmung einer solchen Bezugsgrösse beim Individuum mit der wirklichen physikalischen Masseinheit, scheint von der Befindlichkeit des Individuums in der Gesellschaft abzuhängen, insofern Vpn, bei denen die soziometrischen Sympathiewahlen über die Antipathiewahlen vorherrschen, eine adäquatere Vorstellung von der Dauer einer Sekunde haben als ihre weniger soziablen Kollegen (GOLDSTONE et al., 1963).

Singuläre versus komplexe Prozesse als Grundlage der Dauerdimension. Die spärlichen Hinweise auf die Wirkung eines Konstanzprinzips auch in bezug auf den Umgang mit Zeit, haben zur Hypothese geführt, dass Konstanz nur dann gewährleistet sein kann,
wenn mehrere, wenigstens teilweise voneinander unabhängige Proximalprozesse als Grundlage der Dauerdimension angenommen werden.
Unter normalen Umständen des Alltagsverhaltens wären diese

Prozesse als einheitlicher Komplex wirksam, welcher die Konstanz der Dimension sichert. Das Interesse muss sich auf Bedingungen richten, unter welchen dieser Komplex in seine Komponenten aufgebrochen oder zumindest eine einseitige Akzentuierung einzelner Proximalprozesse erreicht wird. Denn unter Bedingungen, welche der Dauerkonstanz förderlich sind, besteht nur eine geringe Chance, einen Einblick in den Aufbau der inneren Uhr zu erhalten, da einerseits schwache Wirkfaktoren das Gesamtgefüge der zugrundeliegenden Prozesse kaum beeinflussen, während massive Einwirkungen das Gefüge einfach aus dem Gleichgewicht bringen, so dass u.U. irreführende Schlüsse über die Dauerdimension gezogen werden.

Der Versuch, solche Bedingungen und ihre möglichen Wirkungen auf Grund der Literatur ausfindig zu machen, hat sich zunächst als undurchführbar erwiesen. Zwei ungefragt von fast allen Autoren übernommene Voraussetzungen der traditionellen zeitpsychologischen Forschung stehen dem im Weg. Einerseits wird nämlich Dauer fast stets als ein homogenes Kontinuum betrachtet, und dementsprechend werden die Wirkungen experimenteller Bedingungen fast ausschliesslich im Sinne von Dehnung oder Kontraktion der Dauer als Funktion der homogenen Zeit untersucht. Wenige vereinzelte Hinweise auf die Möglichkeit der Inhomogenität der Dauerdimension sind entweder aus nicht ganz rationalen Gründen wieder aufgegeben worden (z.B. die Periodizitätshypothese, vgl. NICHOLS, 1890), oder sie sind noch nicht über das Stadium von Vorschlägen hinausgekommen (RICHARDS, 1964; RUTSCHMAN & RUBINSTEIN, 1966; GRANT, 1967).

Anderseits wird auch fast unbedenklich nach allgemeinpsy-chologischen Gesetzmässigkeiten im Sinn von Durchschnitten verschiedener Individuen gesucht. Es ist eine Reihe von Hin-weisen verfügbar, wonach das Zusammenwerfen von Daten verschiedener Individuen möglicherweise gerade die interessantesten Aufschlüsse über den Aufbau der Dauerdimension verunmöglicht (RICHARDS, 1964; DMITRIEV & KRIVOSHEEVA, 1967; EL'KIN, 1969).

Die Situation auf dem Gebiet der Zeitpsychologie insgesamt mag durch das Bekenntnis GOLDSTONEs nach intensiven Forschungs-

bemühungen im Hinblick auf die Verwertung zeitpsychologischer Variablen in der psychopathologischen Diagnóstik charakterisiert sein: "Each experiment increased the complexity of the problem, and after ten years and almost 10 000 subjects, the mysteries of human temporal functioning had multiplied more rapidly than solutions. This program of research began with a view of the human clock as a simple hourglass; the hourglass was replaced by an unpictered clock of matchless complexity." (GOLDSTONE, 1967, S. 767)

Die verschiedenen Hinweise, die aus der Durchsicht der Literatur und Interpretationsversuchen der Befunde in Richtung auf einen komplexen Prozess der inneren Uhr gewonnen worden sind, veranlassen uns nun, auch auf der theoretischen Ebene einen Vorstoss zu wagen und über die Unzulänglichkeiten des Einheitenzählmodells hinaus eine konstruktive Alternative zu entwickeln.

#### Der Aufbau der inneren Uhr

Jeder Vorgang ist als Phänomen, insofern er als etwas Gesondertes überhaupt untersucht werden kann, eine Verlaufseinheit. Wie eine räumliche Struktur von ihrem Hintergrund ist ein Vorgang als Verlaufseinheit durch seine Abgehobenheit vom Vorher und vom Nachher und von gleichzeitigen anderen Vorgängen konstituiert.

Je nach dem Zweck der Untersuchung können Vorgänge von sehr unterschiedlicher Erstreckung der Betrachtung zugeführt werden. Ein Vorgang kann häufig in Teilvorgänge unterteilt, jedoch nicht infinitesimal differenziert werden. Auch Teilvorgänge, die unterschieden werden können, sind stets Verlaufseinheiten. Anderseits sind Vorgänge meistens ihrerseits Teilvorgänge von übergeordneten Verlaufseinheiten. Man hat es in jedem Fall zunächst mit einer Hierarchie von Vorgängen zu tun; erst die analytische Isolation von einzelnen Verlaufseinheiten oder Verlaufskomplexen, d.h. die Thematisierung bestimmter Aspekte des Geschehens, schafft die Voraussetzung zur wissenschaftlichen Bearbeitung.

Misst man die Dauer von Verlaufseinheiten – und im Folgenden ist nun stets an biologische und besonders psychologische Vorgänge gedacht – mit einer physikalischen Uhr (absolute, NEWTONische Zeit), so ist ihre Dauer stets eine endliche vektorielle Grösse. Ihre Grössenordnung reicht von Bruchteilen von Sekunden bis zu Jahren, letzteres beispielsweise im Falle der entwicklungsgeschichtlichen Verlaufseinheit der Generation.

Im Folgenden wird von den Trägern biologischer Vorgänge als von Organismen und von den Trägern psychologischer Vorgänge als von Agenten gesprochen; Organismen und Agenten sind Individuen. Untersucht man ein Individuum in einem durch das physikalische System, in welchem sich das Individuum befindet, definierten infinitesimal kurzen Zeitpunkt, so findet man in der Regel Anzeichen vieler verschiedener Vorgänge oder

Verlaufseinheiten vor. Diese haben zu unterschiedlichen physikalischen Zeitpunkten begonnen und werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten enden.

Beispielsweise ist zu einem gegebenen Zeitpunkt ein Agent im Begriffe, vom Tisch zur Tür zu gehen; gleichzeitig löst er ein Denkproblem; er arbeitet an einem Forschungsprojekt, in welchem das Denkproblem eine Teillösung ergibt; ferner ist er verärgert über die erwartete Störung, und er öffnet den Mund zum "Herein!". Die meisten dieser Verlaufseinheiten lassen sich ohne weiteres in Teilvorgänge unterteilen, so etwa die Verlaufseinheit "vom Tisch zur Tür gehen" in Teilvorgänge wie aufstehen, Stuhl zurückschieben, Schritte tun, bei der Tür ankommen usf. Jeder einzelne dieser Schritte kann auch wieder unterteilt werden in sensu-motorische Funktionsglieder. durch welche der Bewegungszustand und die Lage des Organismus bestimmt wird. Verschiedenartige Verlaufseinheiten von physikalisch unterschiedlicher Erstreckung kommen also ineinander verschränkt vor. Zur Ansatzstelle psychologischer Untersuchung kann grundsätzlich jede Ebene dieser Hierarchie werden.

Natürlich ist es auch möglich, die Bewegungen des Organismus relativ zu seiner Umgebung durch ein System von Differentialgleichungen zu approximieren. Das hiesse aber, die Problemstellung der Psychologie aus der Untersuchung auszuschliessen. Denn psychologisch Erklären heisst ja, den Übergang von Bedingungen in der Umwelt des Agenten (Reizsituation) zusammen mit Bedingungen im Organismus und in der Person zu Handlungen des Agenten erfassen und darstellen. Dieser Übergang von den Bedingungen zur Handlung bedeutet aber im Organismus stets eine Zustandsänderung von endlicher Dauer. Der Rekurs auf die physikalische Zeitdimension mit ihrer scheinbar unendlichen Differenzierbarkeit kann daher höchstens eine methodologische Rechtfertigung haben. Innerhalb des psychologischen Ansatzes selbst müssen die Vorgänge dann wieder auf ein Bezugssystem von Verlaufseinheiten, also von psychologischer Zeit, bezogen werden. Damit ist die Frage nach der psychologischen Zeit übergeführt in die Frage nach einem Bezugssystem von Standard-Verlaufseinheiten des Individuums, auf welches als ein Raster sämtliche Verlaufseinheiten des Individuums abgebildet werden können.

#### Das Prinzip des Einheitenzählens

Zur Konstruktion eines solchen Bezugssystems setzen nun die meisten Theoretiker des Zeitverhaltens (vgl. WHITE, 1963) das Postulat, dass es im Organismus eine nicht abbrechende Reihe von Zustandsänderungen eines bestimmten Typus gibt, welche so beschaffen ist, dass sämtliche Verlaufseinheiten des Individuums eindeutig darauf abbildbar sind. Diese Reihe von elementaren Zustandsänderungen wird die Momentreihe genannt. Die eindeutige Abbildbarkeit aller Verlaufseinheiten auf die Momentreihe ist nur im Falle einer strengen Hierarchie aller Verlaufseinheiten gesichert. Dies wiederum setzt wohl voraus, dass der Typus der Zustandsänderung, welcher die Momentreihe konstituiert, auch für sämtliche Verlaufseinheiten konstituierend ist. In Computern ist dieses Postulat verwirklicht, insofern sämtliche Vorgänge durch Zustandsänderungen ihrerseits durch einen einzigen zentralen Taktgeber ausgelöst werden. Ob das Postulat auch im Bauplan des Menschen enthalten ist oder wenigstens eine sinnvolle Annäherung an den Bauplan zulässt, oder ob es zur Erklärung des Zeitverhaltens nicht ausreicht, ist Gegenstand dieser Untersuchung.

Zunächst soll kurz durchformuliert werden, in welcher Weise eine Momentreihe von elementaren Zustandsänderungen für das Zeitverhalten relevant werden könnte. Jede Verlaufseinheit (eine Handlung, ein wahrgenommenes Ereignis), wenn sie in das Bezugssystem der Momentreihe eingebracht wird, weist in jedem betroffenen Moment die Qualität "jetzt" auf. Das "jetzt" trennt das Vergangene vom Zukünftigen; durch das "jetzt" ist die betreffende Verlaufseinheit von allen bloss in der Erinnerung behaltenen und von allen erst erwarteten, also nur indirekt kognitiv repräsentierten Verlaufseinheiten abgehoben. Natürlich sind Verlaufseinheiten denkbar, die in genau einem Moment

die Qualität "jetzt" haben. Doch dürften die meisten Verlaufseinheiten in mehreren, eine lückenlose Reihe bildenden Momenten die Qualität "jetzt" haben. Solche Verlaufseinheiten werden als andauernd erlebt.

In mengentheoreti**g**cher Schreibweise lassen sich diese Überlegungen wie folgt systematisieren. Die Begriffe der Dauer und der Gleichzeitigkeit bzw. Sukzession werden dadurch präzisiert: <u>Ereignisse</u>, die Gegenstand der Psychologie sein können, also Verlaufseinheiten, seien symbolisiert durch die unendliche Menge

$$E = \{a, b, c, ..., e, ...\}$$
 (1)

Für einen gegebenen Agenten seien alle möglichen <u>Momente</u> dargestellt durch die geordnete Menge der positiven ganzen Zahlen

$$M = \{1, 2, 3, ..., m, ... \}$$
 (2)

wobei fi eine sehr grosse, aber endliche Zahl sei.

Das cartesianische Produkt der Ereignisse und Momente (M  $\times$  E) enthält eine wirkliche Teilmenge  $J_{E}$  jener Ereignisse, welche in besimmten Momenten die Qualität "jetzt" haben:

$$J_{E} \quad C \quad (M \times E) = \begin{cases} (\underline{1,a}) & (\underline{2,a}) & \dots & (m,\bar{a}) & \dots \\ (1,\bar{b}) & (\underline{2,b}) & \dots & (\underline{m,b}) & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ (\underline{1,e}) & (\underline{2,\bar{e}}) & \dots & (m,\bar{e}) & \dots \end{cases}$$
(3)

Mit  $j_e \in J_E$  bezeichnen wir die Verbindung des gegenwärtigen Momentes  $m_j$  mit dem Ereignis e. Die Art und Weise der Verbindung von  $m_j$  und e, wer auf wen abgebildet, ob beide auf etwas Drittes abgebildet werden, sei dabei offengelassen.

Alle Verlaufseinheiten, welche die Qualität "jetzt" in einem gegebenen Moment haben, werden gleichzeitig genannt. Gleichzeitigkeit im engeren Sinn (einfache Gleichzeitigkeit) bezieht sich auf einzelne Momente; in einem weiteren Sinn sind mehrere Ereignisse auch dann gleichzeitig, wenn sie in mehr als einem Moment die Qualität "jetzt" haben. Sie sind teilweise oder vollständig gleichzeitig, je nach dem ob sie nur in wenigstens einem oder in allen Momenten ihrer Erstreckung die Qualität "jetzt" haben.

Zwei Verlaufseinheiten stehen anderseits in einem einfachen Sukzessionsverhältnis, wenn das erste letzmals und das zweite erstmals in gerade benachbarten Momenten der Reihe die Qualität "jetzt" haben. Allgemein sind Ereignisse auch sukzessiv, wenn in der geordneten Momentreihe nach dem letzten "jetzt"

des ersten Ereignisses und vor dem ersten "jetzt" des zweiten Ereignisses wenigstens ein Moment existiert, in dem weder das erste noch das zweite Ereignis die Qualität "jetzt" haben.

Diese Definitionen sind in den folgenden Formalisierungen leicht einsichtig:

Einfache Gleichzeitigkeit von a und b = 
$$j_{ab}$$
 (4)

Vollständige Gleichzeitigkeit von a und b =

$$j_{ab}, (j+1)_{ab}, \dots (j+x)_{ab}$$
 (5)

Hierbei ist x = 1, 2, ... n; für x=0 ist (5) identisch mit (4).

Teilweise Gleichzeitigkeit von a und b =

$$(j-1)_{a\bar{b}}, j_{ab}, \dots (j+x)_{\bar{a}b}$$
 (6)

Einfache Sukzession von a und b = 
$$j_{a\bar{b}}$$
,  $(j+1)_{\bar{a}b}$  (7)

Allgemeine Sukzession von a und b =

$$j_{a\bar{b}}, (j+x)_{\bar{a}\bar{b}}, (j+x+1)_{\bar{a}\bar{b}}$$
 (8)

Hierbei ist x=1,2,...(m-1); für x=0 ist (8) identisch mit (7).

Es sollte mithin unter der Voraussetzung einer geordneten Momentreihe, auf die alle Verlaufseinheiten des Individuums eindeutig abbildbar sind, möglich sein, die Dimension der Dauer allein auf grund von Urteilen über Gleichzeitigkeit und Sukzession zu skalieren. Dauer könnte demnach vom Individuum stets nur als ein ganzzahliges Vielfaches der Erstreckung eines Momentes realisiert werden und stellte also im Gegensatz zu unserem unmittelbaren Erleben eine diskrete Dimension dar.

Zur Erklärung des zeitlich strukturierten Verhaltens des Individuums ist es nun naheliegend, in Ergänzung des Postulates der Momentreihe einen Zählmechanismus anzunehmen (vgl. die kybernetischen Formulierungen bei TREISMAN, 1963 und bei MICHON, 1967). Dies ist eine notwendige Annahme, wenn man die Momentreihe zur Erklärung der inneren Uhr einsetzen will. Um die Dauer eines Ereignisses festzustellen würde ein solcher Mechanismus also die Anzahl der zwischen Beginn und Ende des Ereignisses vorkommenden Momente akkumulieren und das Ergebnis

in irgendeiner Form für späteren Abruf speichern. Nun bedarf es noch einer Möglichkeit, beliebige Speicherinhalte mit den aktuellen Zählergebnissen zu vergleichen, und eine so konstruierte Uhr sollte imstande sein, das Zeitverhalten des Agenten zu simulieren.

Die Dauer eines Ereignisses ist demnach gleich der Anzahl der sich unmittelbar folgenden Momente, in welchen das Ereignis die Qualität "jetzt" hat, multipliziert mit der Einheitsdauer des Moments:

Dauer von e = 
$$z(j_e) \cdot d(m)$$
 (9)

Natürlich ist mit der logischen Konsistenz dieses Modells noch nichts über seine empirische Gültigkeit ausgesagt. Die verfügbaren Daten über Zeitverhalten zeigen klar, dass weder die Momentlänge eine konstante Grösse noch der Zählmechanismus ein einfacher additiver Akkumulator ist; auch nötigen die Daten zur Annahme von gewissen Verzerrungen der akkumulierten Werte im Speicher. Mit andern Worten, dieses Einheitenzählmodell der inneren Uhr ist nur ein Rahmenmodell. Beide Komponenten, Momentlänge und Zählmechanismus, haben je wenigstens einen Freiheitsgrad; die empirische Überprüfung des Modells ist also genötigt, über beide Komponenten spezifische Angaben zu machen. Wenigstens drei Fragenkreise bedürfen der Klärung:

- 1) Existiert im Individuum eine solche Momentreihe, die das Postulat der Abbildbarkeit aller Ereignisse erfüllt und sich also zur Skalierung der Dauer verwerten lässt?
- 2) Existiert im Individuum ein Zählmechanismus, der die vermittelnde Rolle zwischen Momentreihe, Jetztqualität der Ereignisse und der komplexen Struktur des Zeitverhaltens erfüllen kann?
- 3) Sind unabhängig voneinander operationalisierte Eigenschaften der Momentreihe und des Zählmechanismus tatsächlich für das Zeitverhalten des Individuums relevant?

Wie im Literaturteil gezeigt worden ist, gibt es zu Frage (1) eine recht grosse Zahl von Untersuchungen, ohne dass die Frage jetzt schon eindeutig positiv oder negativ beantwortet

werden könnte. Die Schwierigkeiten, die sich dem Versuch der Operationalisierung des Momentes entgegenstellen, sind überraschend gross, und das Problem der Abbildbarkeit aller Verlaufseinheiten auf die Momentreihe ist m.W. noch nicht bearbeitet worden. Zu Frage (2) gibt es bisher nur Spekulationen.
Es ist m.W. noch nicht klar herausgestellt worden, dass diese Frage der besonderen Bearbeitung bedarf. Denn sobald in den
beiden Bereichen der Momentreihe und des Zählmechanismus einander gegenseitig bedingende Annahmen gemacht werden, bewegt
sich die Untersuchung in einem geschlossenen Zirkel.

Es ist eine der unverständlichen Seltsamkeiten der Psychologiegeschichte, dass Frage (3) nicht ins Problembewusstsein der Forscher eingetreten ist. Einzig FRAISSE (1967 S.110) hat darauf hingewiesen, dass mit dem Nachweis des Moments noch nichts über seine Bedeutung für die Zeitwahrnehmung ausgesagt ist. Obwohl eine Reihe von allerdings anfechtbaren Operationalisierungen der Momentlänge verfügbar sind, ist kaum versucht worden, deren Relevanz für das Zeitverhalten durch interindividuelle und/oder intersituative Korrelation nachzuweisen. Es existieren nur ganz wenig Untersuchungen mit wenig ermutigendem Ergebnis (WERBOFF, 1962) oder schwerwiegenden methodischen Unzulänglichkeiten (JOERGER, 1960). Dieser Umstand ist vielleicht auch für den Stand der ersten beiden Fragenkreise bezeichnend.

#### Schwierigkeiten des Einheitenzählprinzips

Nun ist aber das Postulat einer Momentreihe und das damit verbundene Einheitenzählmodell der inneren Uhr keineswegs eine notwendige oder einzige Form eines Bezugssystems von Verlaufseinheiten des Individuums. Es ist merkwürdig, mit welcher Beharrlichkeit sich eine grosse Zahl von bedeutenden Forschern auf dieses gewiss bestechend einfach scheinende Modell der inneren Uhr festgelegt hat, obschon einige elementare Schwierigkeiten ziemlich offensichtlich sind. So hätte doch das erwähnte Problem der eindeutigen Abbildbarkeit aller Ereignisse auf die Momentreihe zu denken geben müssen. Weiter ist zweifellos das Individuum jederzeit in eine sehr grosse Zahl von ineinander verschachtelten "Zeitmessungen" verstrickt: der hypostasierte Zählmechanismus hätte eine äusserst schwierige und bei Versagen folgenreiche Aufgabe zu erfüllen. Der entscheidenste Einwand dürfte die Abhängigkeit sämtlicher Zeitmessungen von der einen Momentlänge betreffen. Wohl ist es denkbar, dass durch Rückwirkungseffekte eine gewisse Stabilisierung des Grundrhythmus erreicht werden kann; auf längere Sicht ist aber eineunabhängiger Sollwert erforderlich, nach welchem sich der Grundrhythmus richten kann. Doch widerspricht es der "ganzen Philosophie" des funktionellen Aufbaus des Organismus, alles "auf eine Karte zu setzen"; als ein nach Möglichkeit dezentralisiertes System ist em für Störungen viel weniger anfällig als der durch den einen zentralen Taktgeber gesteuerte Computer.

Weiter stellt sich ein ganzer Komplex von ungelösten Problemen im Zusammenhang mit der "Messung" von Zeitstrecken, die im Verhältnis zur hypothetischen Momentlänge kurz sind oder die durch kontinuierliche Veränderung ohne zeitliche Fixpunkte von der Grössenordnung der Momentlänge charakterisiert und somit nur unscharf begrenzt sind. Die Momenttheorie schliesst Diskrimination von Dauer im Bereich unter rund 100msec aus; experimentelle Befunde widersprechen dieser Annahme (vgl. oben). Wohl nimmt die Diskriminationsleitung unterhalb dieses Wertes mit abnehmender Intervallänge ab; die von verschiedenen Autoren gefundenen Funktionen zeigen aber durchaus keinen Sprung, wie

man nach der Momenttheorie erwarten müsste. Ebenso schwierig sind die Verhältnisse beim Umgang mit kontinuierlichen Variablen sehr niedriger Frequenz. Beispielsweise ist die Synchronisation des endogenen circadianen Geschehens an den täglichen Licht-Dunkel-Wechsel nur schwer erklärbar, wenn ersterer auf der Momentreihe beruhen soll. Denn in diesem fall müsste ein ausserordentlich feiner Differenzierungsmechanismus die Veränderung der Lichtmenge im Verlauf von zwei Momenten berechnen und im Vergleich mit einem erfahrungsbestimmten Schwellenwert entscheiden, in welchem Moment der Tag oder die Nacht begonnen hat. In unseren geographischen Breiten sind jedoch diese Übergänge in der Regel so allmählich, dass eine grosse Zahl von andern natürlichen Vorgängen (Schatten, Bewölkung usf.) und erst recht von kulturbedingten Lichtwechseln (Eintritt in Häuser, künstliche Beleuchtung) eine verwirrende Fülle von kritischen Lichtwechselraten verursachen würde. Aus ihnen allen den entscheidenden Tag-Nacht-Übergang herauszusondern kann nur dann gelingen, wenn die Differenzierung nicht über eine Zeitstrecke von der Grössenordnung eines Moments, sondern von der Grössenordnung von wenigstens mehreren Stunden erfolgen kann. Dies bedingte ein kompliziertes und unökonomisches Vermittlungssystem zwischen Momentreihe und Rhythmen niedriger Frequenz.

Im Zusammenhang damit steht das Problem der Erklärung des Antizipationsverhaltens und des Zukunftserlebens. Organismus und Agent sind in der Lage, den Verlauf von zyklischen Vorgängen sowie das Eintreffen bestimmter Ereignisse aus der extrapolierten Koinzidenz der bedingenden Umstände zeitlich oft mit überraschender Genauigkeit vorherzusehen und sich entsprechend vorzubereiten (vgl. z.B. das von COFER und APPLEY, 1964, gesichtete Material zum sog. Antizipations-Invigorations-Mechanismus). M.a. W. auch die Zukunft des Agenten ist zeitlich strukturiert. Wenn nun aber als Resultat der Erfahrung mit zeitlich strukturierten Vorgängen blosse Zählergebnisse von Fixpunkt zu Fixpunkt vorliegen sollen, dann ist deren Umsetzung in Antizipationen unter Berücksichtigung von erst noch eintretenden Zusatzbedingungen wiederum nur mit Hilfe eines komplizierten und unökonomischen "Apparates" denkbar. Die Schwierigkeiten sind

besonders gross, wenn die Antizipation allmählich ansteigende oder absinkende Variablen (z.B. das Aktivationsniveau) betrifft. Selbstverständlich ist es theoretisch möglich, kontinuierliche Variablen durch diskrete Werte der Momentreihe darzustellen und auch beliebige Antizipationen darauf zu begründen. Aber es ist unsinnig, beispielsweise einen circadianen Verlauf, der vielleicht durch ein halbes Dutzend Parameter hinreichend genau bestimmt ist, als einen Vektor von einer runden Million Werten aufzunehmen.

Schliesslich scheint die Idee der additiven Reihung von Elementen in einem so elementaren Bereich, wie das Zeitverhalten zweifellos ist, einigermassen suspekt, wenn man sich die Fülle der verfügbaren biologischen und psychologischen Daten vergegenwärtigt, die darauf hinweisen, dass Organismus und Agent Information stets auf eine möglichst ökonomische Art und Weise verarbeiten. Allgemein sinkt das Auflösevermögen in der Schätzung und Herstellung mit zunehmender Länge der Zeitdauer; wenn nun derselbe Mechanismus, der für wünschbare Auflösevermögen bei kurzen Zeitdauern notwendig ist, auch bei längeren Zeitstrekken eingesetzt würde, so müsste nachträglich ein Präzisionsverlust eingeführt werden, um wenigstens die Ökonomie der Speicherung zu sichern. In TREISMANs (1963) Modell ist dementsprechend eine logarithmische Transformation zwischen Zähler und Gedächtnis angenommen. Ökonomisch wäre eine innere Uhr, welche ihre Messungen zum vornherein mit einer der zu messenden Dauer entsprechenden Genauigkeit vornimmt. Phylogenetisch ist das Prinzip der additiven Reihung etwas Spätes, etwas "Kortikales": es setzt einen hohen Grad an Abstraktion von den konkreten Inhalten voraus. Das additive Prinzip als wesentlichen Bestandteil der inneren Uhr anzunehmen widerspricht aber der Tatsache, dass in mancher Hinsicht das Zeitverhalten umso genauer und zuverlässiger ist, je weniger es von kortikalen bzw. kognitiven Vorgängen beeinträchtigt ist, nämlich im Schlaf, unter Hypnose und überhaupt bei Tieren.

#### Die multiple Uhr

Im folgenden soll nun versucht werden, eine andere Vorstellung über ein Bezugssystem von Verlaufseinheiten zu entwickeln, welche die bekannten Phänomene des Zeitverhaltens möglichst umfassend erklärt. Dabei soll von der Annahme ausgegangen werden, dass im lebenden Organismus jederzeit eine Vielzahl von zeitlich strukturierten Vorgängem ablaufen, welche nicht wie im Computer voh einem einzigen Taktgeber ausgelöst oder gesteuert werden, sondern welche voneinander wenigstens teilweise unabhängig sind. Diese Grundannahme ist auch auf dem Hintergrund der heute verfügbaren biologischen Erkenntnisse angezeigt.

In den letzten Jahrzehnten hat die biologische Forschung bei Pflanzen und Tieren rhythmische Prozesse von verschiedenartiger Natur und Frequenz aufgezeigt, von denen einige mit zyklischen Vorgängen in der umgebenden Welt synchronisiert und mithin zur Voraussage von Umweltereignissen eingesetzt werden können ( BÜNNING, 1964; ASCHOFF, 1965; SOLLBERGER, 1965 u.a.). Infolge ihrer starken Manifestationen und relativ leichten Zugänglichkeit sind die sog. circadianen Rhythmen (mit einer Periodenlänge von ungefähr einem Tag) besønders gut bekannt geworden; doch sind auch Rhythmen und nach Auslösung einmal ablaufende Prozesse mit längerer oder kürzerer Periodendauer nachgewiesen. Mondzyklusrhythmen, Jahreszeitenrhythmen. Wachstumsperioden von 4 oder 6 oder 8 Monaten in den Tropen, Entwicklungszyklen von 2 oder 17 und mehr Jahren (BÜNNING. 1967) sind einige willkürlich herausgegriffene Beispiele von solchen Vorgängen mit niedriger Frequenz. Rhythmen von höherer Frequenz sind beispielsweise isoliert worden im EEG, im Muskeltremor, in rhythmischen Kontraktionen verschiedener Muskelgruppen (welche meistens unter dem Einfluss zentraler oder gegenseitiger Hemmung stehen und ihre Eigenfrequenz erst nach Isolierung zeigen). Auch der Wachheits-Schlaf-Verlauf ist durch überlagerte Aktivationsrhythmen unterschiedlicher Frequenz charakterisiert, von welchen nur einer mit Aussenweltereignissen synchronisiert ist (KLEITMAN, 1963); die Frequenz dieses circadianen Rhythmus macht zudem entwicklungs- und durch soziales Lernen bedingte Veränderungen durch, deren volle Erklärung noch ausst**eht.** 

Diese und andere biologische Rhythmen sind mehrheitlich durch Analyse von Zeitreihen der Zustandsaufnahmen bestimmter Organe, Ausscheidungen oder Leistungen direkt nachweisbar. Schwieriger ist dies bei manchen Rhythmen von höherer als circadianer Frequenz. Auf die Existenz weiterer Rhythmen muss geschlossen werden aus den "Kurzzeitmessungen" vieler Pflanzen und Tiere. Beispielsweise reagieren manche Pflanzen auf eine Verlängerung der Tages- oder der Nachtdauer um wenige Minuten mit der Einleitung des Blütenzyklus (BÜNNING, 1964); Vögel und Insekten, welche sich nach dem Stand der Gestirne orientieren, "kennen" die Tageszeit ebenfalls auf wenige Minuten genau; bei Bienen muss überdies zur Herstellung und Auffassung der sog. "Schwänzeltänze" eine "Zeitmessung" auf Bruchteile von Sekunden angenommen werden (RENNER, 1958; vgl. DAUMER, 1964). Die bekannte Genauigkeit des Richtungshörens beim Menschen setzt die Unterscheidung von Zeitspannen in der Grössenordnung von 0,0003 sec und mithin einen uhrartigen Mechanismus von entsprechender Kapazität voraus (vql. LICKLIDER, 1959). Die Wahrnehmung von Tonhöhe und Klangfarbe beruht auf der Verarbeitung von zeitlich strukturierten Vorgängen von noch wesentlich höherer Frequenz (vgl. FISCHER, 1964).

Die beiden letzt genannten Beispiele betreffen nun zeitliche Biskriminationsleistungen, welche nicht als zeitliche Phänomene, sondern als eigene (Tonhöhe) oder abgeleitete (Raumrichtung) Qualitäten auftreten. Nach den verfügbaren Forschungsergebnissen (insbesondere BEKESY, vgl. LICKLIDER, 1959) liegen ihnen auch nicht im engern Sinn biologische Rhythmen zugrunde, sondern sie beruhen auf raum-zeitlichen Interaktionsprozessen unter Ausnutzung der konstanten Fortpflanzungsgeschwindigkeit nervöser Signale über in spezifischen Abständen angeordnete nervöse Elemente hinweg. Sie wurden absichtlich hier aufgegriffen, weil über die Natur der biologischen Rhythmen im engeren Sinn durchaus nicht endgültige Kenntnisse vorliegen und insbesondere nicht geklärt ist, ob überhaupt ein einheitlicher Prozess an-

genommen werden kann. Die beiden Beispiele sind deshalb interessant weil es sich hier um Modellfälle von Auslöseprozessen handelt, bei denen ein von ausserhalb des Mechanismus kommendes Ereignis eine dem Mechanismus innewohnende Zeitkonstante selektiv in Aktion setzt. Bei den biologischen Rhythmen im engeren Sinn denkt man hingegen zumeist an sinusförmige oder sinusartige Oszillationsvorgänge oder an Kippschwingungen, welche keine besonderen Auslöser benötigen, und welche höchstens bezüglich Phasenlage und Frequenz durch dem Mechanismus nicht angehörige Ereignisse in engen Grenzen verändert werden können.

Hingewiesen sei noch auf das Bestehen einer "relativen Koordination" zwischen manchen dieser Rhythmen (vgl. z.B. HOLST, 1937; PITTENDRICH & BRUCE, 1959), d.h. die Tatsache, dass bei grundsätzlicher Autonomie der Einzelrhythmen Phase und Frequenz eines Rhythmus durch andere Rhythmen beeinflusst werden kann.

Nun sind ja von einer Reihe von Forschern spekulative Vorschläge gemacht worden, dass der eine oder der andere solcher biologischer Rhythmen die Basis der inneren Uhr darstelle. Insbesondere hat N. WIENER (1955) durch seinen Hinweis auf die Frequenzähnlichkeit von Moment und alpha-Rhythmus im EEG eine Reihe von Untersuchungen angeregt, die allerdings bisher zu keinem gesicherten Erfolg geführt haben. Unter Modellvorstellungen, die den hier vorgetragenen in mancher Hinsicht recht ähnlich sind, hat PÖPPEL (1969 u.a.) begonnen, die Rolle einzelner isolierter biologischer Rhythmen für das Zeitverhalten zu untersuchen. Dass dabei ermutigende Resultate erzielt wurden, sollte uns nicht hindern zu bedenken, dass der reduktionistische Hinweis auf die Rolle einzelner Rhythmen die Frage. wodurch die psychologische Zeit konstituiert und wie die innere Uhr aufgebaut sei, nicht lösen kann. Selbstverständlich können und sollen aber den psychologischen Operationalisierungen der Dauer solche auf biologisch-physiologischem Niveau parallel gehen.

Wir begnügen uns also für den Augenblick mit der Tatsache, dass es in den Organismen eine grosse Zahl von zyklischen und quasi-zyklischen Prozessen gibt, welche nach ihrer Frequenz über ein breites Spektrum verteilt sind. Man findet beim Menschen

### Tabelle O

Synopsis von endogenen Rhythmen ohne bekannte Synchronisation mit Umweltsvorgängen (nach SOLLBERGER, 1965, Kap. 6)

| Frequenz (Hz)  | Periodenlänge  | Variable  |
|--|--|---|
| 20 - 20000<br>1 - 2000<br>20 - 60<br>14 - 18<br>8 - 13<br>4 - 7<br>.5 - 3<br>8 - 30<br>.3 - 8<br>1 - 7<br>.5 - 6 | 4.5 - 10sec<br>10 - 60sec<br>12 - 120sec<br>10 - 200sec<br>300 sec<br>5 - 20 - 60min<br>60 min<br>60 - 80 min<br>4 - 12 h<br>4 - 7 Tage<br>20 - 30 Tage<br>Tage bis Monate | Tonhöhe Neuronenimpulse Gamma Beta Alpha Theta Delta Mikrotremor Gestreifte Muskulatur Tapping, Kauen, Gehen etc Komplex des Herzschlags Colon-Kontraktionen Glatte Muskulatur Magenkontraktionen Protoplasma-Pulsation Evakuation des Colon Ventrikel Aktivität bei Neugeborenen REM-Zyklen im Schlaf gastrische und renale Funktionen männl. Sexualzyklen weibl. Sexualzyklen Stimmungsschwankungen |
|  | 300 sec<br>5 - 20 - 60min<br>60 min<br>60 - 80 min<br>4 - 12 h<br>4 - 7 Tage<br>20 - 30 Tage   | Evakuation des Colon<br>Ventrikel<br>Aktivität bei Neugeborenen<br>REM-Zyklen im Schlaf<br>gastrische und renale Funktionen<br>männl. Sexualzyklen<br>weibl. Sexualzyklen   |

Rhythmen mit Periodenlängen in der Grössenordnung von Sekundenbruchteilen bis zur Grössenordnung von Monaten, ja vielleicht
Jahren (vgl. BROZEK, 1964, und Tabelle O). Die Mehrzahl der
bekannten Rhythmen scheint endogener Natur zu sein, was bedeutet, dass nicht beliebige Frequenzen vorkommen, sondern stets
nur bestimmte, die Art und das Individuum kennzeichnende Werte
und Variationsbereiche. Diese Rhythmen sind ferner zumindest
partiell autonom, insofern sie der Beeinflussung durch andere
Rhythmen sowie der Synchronisation in Frequenz und Phase an
Umweltereignisse unterworfen, aber nicht beliebig, sondern stets
nur in begrenztem Ausmass unterworfen sind.

Eine entwicklungsgeschichtliche Spekulation mag, obwohl sie eines konkreten empirischen Nachweises entbehrt, dazu dienen, die Unterscheidung zwischen singulären Proximalprozessen und einem komplexen Proximalprozess-Gefüge etwas deutlicher zu machen. Bei Pflanzen und niederen Tieren scheinen nun im allgemeinen die biologischen Rhythmen mit je bestimmten Auslösemechanismen fest verbunden zu sein, und jeder Rhythmus wird stets nur un seinem eigenen zugehörigen Funktionszusammenhang wirksam. Auch bei höheren Tieren und beim Menschen sind zumindest ein grosser Teil der Rhythmen in bestimmte Funktionszusammenhänge eingebaut, insbesondere natürlich alle jene Zeitkonstanten, welche auf Rückkoppelungsmechanismen innerhalb von Effektorsystemen beruhen.

Entscheidend für das vorzuschlagende neue Modell der inneren Uhr ist nun der Umstand, dass in höher organisierten Lebewesen ein grosser Teil aller Rhythmen im Hinblick auf ihre nötige Ko-ordination zu einem funktionsgerechten Handlungsinsgesamt im zentralen Nervensystem repräsentiert sind. Das führt zu einer Einschränkung der Spezifität der Rhythmen. Beispielsweise kann man etwa im Rhythmus des Atems marschieren oder kauen; oder in viel allgemeinerer Weise beeinflusst die circadiane Rhythmik ganz verschiedenartige Effektorrhythmen, welche nicht primär in den circadianen Aktivitätszyklus hineingehören. Auf dem Umweg über ihre Repräsentation (sei diese nun zentralnervös oder anderer Natur) können also die biologischen Rhythmen grundsätzlich für andere Prozesse relevant werden (vgl. auch unsere Spekulation über respondantes und operantes Zeitverhalten im Literaturteil).

Diese Überlegung führt zur allgemeinen Hypothese: Die Zeit des Individuums ist das organisierte Insgesamt der zentralen Repräsentation von vielen, ein breites Frequenzspektrum deckenden und partiell autonomen biologischen Rhythmen. Infolge der relativen Unspezifität der zentralen Repräsentation der Rhythmen im Gegensatz zu den meisten Rhythmen selbst ist es denkbar, dass fast beliebige Ereignisse der wahrgenommenen Umwelt und Innenwelt mit irgendwelchen Teilprozessen dieses Insgesamt in Beziehung gesetzt werden können. Im organisierten Insgesamt der Repräsentation seiner biologischen Rhythmen liegt also ein Standard-Bezugssystem des Individuums bereit, auf welches sämtliche Verlaufseinheiten der Zeitwahrnehmung und des Zeitverhaltens abgebildet werden können. Die Dauer eines gegebenen Ereignisses ist demnach eine Funktion der Kongruenz zwischen der Repräsentation des Ereignisses einerseits und einer Auswahl mehrerer Teilprozesse dieses Insgesamts. Dabei dürfte je nach Art und Dauer des zu verarbeitenden Ereignisses diesem oder jenem der verschiedenen Teilprozesse ein unterschiedliches Gewicht zukommen. Das organisierte Insgesamt dieses Prozesses sei die multiple innere Uhr genannt.

In der oben eingeführten mengentheoretischen Schreibweise ist demnach die Beziehung (2), die Definition aller möglichen "Momente" eines Agenten, zu ersetzen durch

Anstelle einer einzigen Momentreihe eines Agenten ist also eine Vielzahl von "Momentreihen" angenommen. Dabei sei offengelassen, ob die verschiedenen Reihen durch stets lückenlos aneinandergereihte Perioden konstituiert sind.

Versuchen wir nun entsprechend der Beziehung (3) das Produkt zwischen Ereignissen und diesem multiplen Momentsystem zu definieren, so entsteht schon ein recht komplexes "Gebilde". Wir begnügen uns mit der Darstellung für ein einziges Ereignis e, welches physisch eine bestimmte Zeitstrecke einnimmt

und dabei in je einer gewissen Anzahl von Momenten jeder Momentreihe die Qualität "jetzt" aufweist. Die Momentreihen sind in der nachstehenden Darstellung in Abhängigkeit von ihren physikalischen Daueräquivalenten auf einer hypothetischen Zeitachse dargestellt. Während das Ereignis e andauert, weist es in mehreren Momentreihen in einer grösseren oder geringeren Anzahl von Momenten die Qualität "jetzt" auf (durch Unterstreichen angedeutet).

$$j_{e} C (M' x e) = \begin{cases} (m_{11}, \overline{e})(m_{12}, \overline{e})(m_{13}, e)(m_{14}, e)(m_{15}, e)(m_{16}, e)(m_{17}, \overline{e}) & \dots \\ (m_{21}\overline{e}) (m_{22}, \overline{e}) (m_{23}, e) (m_{24}, e) (m_{25}, e) (m_{26}, \overline{e}) & \dots \\ (m_{31}, \overline{e}) (m_{32}, e) (m_{33}, e) (m_{34}, e) (m_{35}, \overline{e}) & \dots \\ (m_{41}, \overline{e}) (m_{42}, e) (m_{43}, e) (m_{44}, \overline{e}) & \dots \\ (m_{51}, \overline{e}) (m_{52}, e) (m_{53}, \overline{e}) & \dots \\ (m_{61}, \overline{e}) (m_{61}, \overline{e}) (m_{62}, e) & \dots \\ (m_{71}, e) & \dots \\ (m_{71}, e) & \dots \end{cases}$$

Auch hier kann offen bleiben, in welcher Weise die Kongruenz zwischen Ereignis und den verschiedenen Momenten festgestellt wird. In einer präziseren Version der Theorie wird es nötig sein, genauere Vorstellungen darüber zu entwickeln.

Was das Problem der Gleichzeitigkeit und Sukzession betrifft, bleiben sich die Verhältnisse gegenüber der einfachen Momenttheorie gleich, mit dem Unterschied, dass nun die Frage der Gleichzeitigkeit spezifischer gestellt und nur in bezug auf einzelne Momentreihen beantwortet werden kann. Dies scheint in der Tat den im Literaturteil referierten empirischen Befunden zu entsprechen, insofern die Forschung dort in die Feststellung mündet, dass mehrere Gleichzeitigkeitsbegriffe nebeneinander möglich sind.

Hingegen entfällt bei der Auswertung der multiplen Momentreihe für eine innere Uhr die schwer zu erfüllende Forderung,
dass alle Ereignisse des Agenten eindeutig auf die einzelne
Momentreihe abgebildet werden können müssen. Es ist nun auch

nicht mehr nötig, ein additives Zählprinzip postulieren zu müssen; denn wie man am Beispiel der Teilmenge je in der Beziehung (11) leicht feststellen kann, genügt zu einer sehr weitgehenden Bestimmung der Dauer von e die Angabe all jener Momentreihen, in denen das Ereignis die Qualität "jetzt" hat. Im Sinne der Ökonomie der Verarbeitung und der Speicherung kann bei länger dauernden Ereignissen ohne grossen Informationsverlust auf den Einbezug der raschen Oszillationen verzichtet werden. Ein zweites Ereignis von unterschiedlicher Dauer wird dann zwar in einem grossen Teil der Teilprozesse gleich kodiert sein, ihre Unterscheidung sollte jedoch auf Grund einiger weniger Momentreihen, welche unterschiedlich ansprechen, möglich bleiben.

Es wäre nun denkbar, die Spekulation über den Aufbau einer solchen multiplen Uhr nach verschiedenen Seiten weiterzutreiben. Doch scheint mir zunächst eine Bindung des Grundgedankens an die Erfahrungswelt angezeigt. Die Präzisierung des Modells kann erst auf Grund von Daten erfolgen.

# EXPERIMENTELLER TEIL

Zunächst sollen zwei Experimente dargestellt werden, deren Resultate geeignet sind, das einfache Einheitenzähl-modell, wenn auch nicht gänzlich zurückzuweisen, so doch zwei seiner wichtigsten Implikationen als fraglich erscheinen zu lassen. In beiden Experimenten wird die Implikation des Einheitenzählmodells geprüft und verworfen, dass eine Veränderung der Einheitsdauer proportionale Veränderungen von längeren Dauerschätzungen zur Folge haben müsste. Im zweiten Experiment wird zusätzlich die mögliche Rolle eines Zählmechanismus untersucht.

Anschliessend werden dann eine experimentelle Strategie und eine praktische Versuchsanordnung beschrieben, mit deren Hilfe die Idee der multiplen Uhr einer empirischen Präzisierung zugeführt werden kann. Die Ergebnisse von zwei Erkundungsexperimenten an insgesamt 10 Vpn erlauben die Schlussfolgerung, dass ein System von Teilprozessen im Sinne der postulierten multiplen Uhr für Dauerschätzungen in der Grössenordnung von wenigen Minuten relevant ist.

## Experiment I 1

Das erste Experiment prüft die Implikation des Einheitenzählmodells, dass Veränderungen der Dauereinheit zu proportionalen (oder jedenfalls irgendwie entsprechenden) Veränderungen der subjektiven Dauerschätzungen führen.

Nun ist freilich diese Aufgabe insofern unlösbar, als jene hypothetischen Dauereinheiten experimentell nur indirekt in den Griff zu bekommen sind. Das Ergebnis des Experimentes steht und fällt also mit dem guten Willen des Interpretierenden, die getroffene Operationalisierung der hypothetischen Dauereinheit als solche anzuerkennen. Die Zykluslänge eines freigewählten, bequemen, bis zur Routine geübten Rhytmus von relativ rascher Folge kann als eine relativ direkte Manifestation der hypothetischen Dauereinheit betrachtet werden.

Methode: Die Versuchsperson sass vor einer alten Schreibmaschine, deren Wagen fixiert und mit einem Pappschild bedeckt war. In einem Fenster im Pappschild war eine zweiziffrige Zahl (21 bis 99 mit Ausnahme der ganzen Zehner) sichtbar. Solche Zahlen waren auf einem endlosen Band in zufälliger Reihenfolge geschrieben. Wenn die Vp. den Zeilenschalthebel betätigte, erschien die nächste Zahl im Fenster. Die
Vp. musste den Hebel bedienen und die Zahl in einem möglichst
bequemen, freigewählten Rhythmus laut lesen.

Nach einer Einübungsperiode von mehreren Minuten wurde die Vp. gebeten, jeweils während einer bestimmten Zahl von Sekunden zu lesen. Der Beginn dieser Dauerproduktionen wurde jeweils durch die erste Hebelbewegung angezeigt; wenn die Vp

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Über diese Untersuchung wurde in Vorträgen am Jahres-kongress 1967 der Canadian Psychological Association in Ottawa und an der X.Tagung experimentell arbeitender Psychologen 1968 in Marburg berichtet. Der Verfasser dankt dem Canada Council für die Gewährung eines Stipendiums sowie seinen Kollegen an der York University in Toronto, insbesondere Mortimer H. Appley, für Unterstützung und Rat.

fühlte, die betreffende Zahl von Sekunden sei vorbei, sollte sie mit Lesen aufhören und auf einen separaten Knopf drücken. Uhren wurden der Vp. abgenommen; mit Ausnahme der ersten drei Probe-Versuche wurde der Vp. nicht mitgeteilt, wie lang ihre Produktionen waren. Produktionen von 6, 12, 24, 48 und 96 sec wurden in zufälliger Reihenfolge, jeder Standard 6 Mal, verlangt. Gemessen wurden die Dauer der Produktion für jeden Standard sowie die Anzahl der gelesenen Zahlen. 1

Da sich Vl und Vp im gleichen Raum befanden, musste vermieden werden, dass der Vl durch unwillkürliche Bewegungen der Vp irgendwelche Mitteilung über die tatsächliche Dauer ihrer Produktionen macht. Zu diesem Zweck wurden die Standards

<sup>1</sup> Der Wortlaut der Instruktion war:

<sup>&</sup>quot;In this experiment I want to investigate, how people do time estimations while simultanously being engaged in a second activity, namely reciting numbers. You handle this typewriter lever in order to move one number after the other on an endless tape into the window. You read each number as it appears in the window with a loud and clear voice. Now you can practize this for a minute. Try to find a stable rhythm at your most comfortable speed which you can use later on." After about one minute of practice the instruction went on: "Now I would like you to do this kind of reading for exactly 15 seconds. Will you please give me your watch, so that you are not tempted to check your estimations. This clock starts when you first move the typewriter lever. Then you read numbers until you feel, the 15 seconds are over. Now you stop reading and press this button. Do not try to count how many numbers you are reading; you would get mixed up. The best procedure is the following: while reading you ask yourself from time to time, whether it is already 15 sec. or not. As long as the answer is negative, you go along reading; as soon as it is positive, you press the button and stop. Do you have any questions?"

nur der Vp visuell auf kleinen Karten dargeboten. Für jeden Versuchsblock wurde eine Kartenstapel vom Vl blind gemischt und vor die Vp gelegt; die oberste Karte gab die Zahl der jeweils zu produzierenden Sekunden an und blieb während des Versuchs für die Vp sichtbar. Der Vl las die Uhr erst nach Ende der Produktion ab.

Auf diese Weise macht die Vp gleichzeitig zweierlei Dauerproduktionen. Erstens macht sie viele Produktionen kurzer Dauer, nämlich die Zykluslängen, die als eine relativ direkte Funktion der Dauereinheit betrachtet werden. Die durchschnittliche Zykluslänge (DZL) in jedem Versuch ergibt sich aus der Dauer des Versuchs dividiert durch die Anzahl der gelesenen Zahlen. Eine zweite abhängige Variable bezieht sich auf die längeren Dauerproduktionen. Um die Produktionen von verschiedenen Standards vergleichen zu können, wurden Dauerquotienten berechnet, nämlich die Dauer des produzierten Intervalls dividiert durch den Wert des Standards, und zwar – nach dem Vorschlag von RICHARDS (1964) – in einer logarithmischen Transformation. Die genaue Transformationsformel lautet:

Log. Dauer-Quotient LDQ = 1000 ·log Standard - 1500 Zur leichteren Orientierung seien einige Werte der Transformationstabelle angeführt:

Prod./Stand. LDQ Prod.in sec. bei Stand.60 

Um die eingangs genannte Hypothese im Rahmen des Einheitenzählmodells einer Prüfung zu unterziehen, wurde als
die hauptsächlich interessierende unabhängige Variable
eine stressinduzierende Variation der Versuchsbedingung
eingeführt. Ein erhöhtes Aktivationsniveau sollte eine
Veränderung der Geschwindigkeit des Taktgebers und damit
eine Veränderung in der Länge der Dauereinheit herbeiführen. Als stressinduzierende Situation wurde verzögerte
auditive Rückkoppelung benutzt, und zwar unter Bedüngungen
die in der Literatur (YATES, 1963) für einen maximalen

Effekt angegeben werden. Die Vp trug in einer Versuchswiederholung nach einer Pause Kopfhöhrer und hörte ihre eigene
Stimme und das Geräusch des Zeilenschalthebels bei einem
Schallpegel von etwa 80db mit einer Verzögerung von 0,16
sec. Jeder der 6 Standards wurde 6 Mal in einer neuen Zufallsfolge dargeboten.

Um die zu erwartenden Nachwirkungen der Stress-Situation auf die nachfolgende Versuchsphase zu umgehen, wurde auf eine Balancierung der Versuchsabfolge verzichtet. Die festgestellte Wirkung von Stress ist demgemäss konfundiert mit Reihenfolge oder anderweitigen kumulativen Effekten. Insofern sich aber die letztgenannten Faktoren nach dem Einheitenzählmodell in gleicher Weise auf die kurzen Dauereinheiten wie auf die längeren Dauerproduktionen auswirken müssten. schien die getroffene Versuchsanordnung besser geeignet. einen Unterschied zwischen Ruhe und Stress zu maximieren. Um die Adaptation an die belastenden Bedingungen minimal zu halten wurde ferner nach jedem Block von 6 Produktionen die Rückkoppelung ausgeschaltet und eine Serie von kürzeren Dauerproduktionen ohne Zahlenlesen (1.5, 3, 6 und 12 sec.) durchgeführt. Dieselbe Auflockerung des Versuchsablaufs wurde auch in der ersten Versuchshälfte unter ruhigen Bedingungen vorgenommen.

Die Vpn waren 15 freiwillige Studenten aus verschiedenen Klassen eines Abendcollege in Toronto (Canada).

Damit ergab sich ein Versuchsplan, in dem zwei abhängige Variablen (Durchschnittliche Zykluslänge DZL und Log. transformierte Dauerquotienten LDQ) in Funktion von drei unabhängigen Variablen untersucht wurden, nämlich:

- <u>a) Individualunterschiede</u> (interindividuelle Unterschiede sind in Zeitschätzungsexperimenten so gross, dass es notwendig ist, diese Varianz zu kontrollieren und allfällige Interaktionen zu beachten).
- b) Standardlänge (Zwischen 6 und 96 sec).
- c) Ruhe/Belastung (verzögerte auditive Rückkoppelung).

<u>Ergebnisse und Interpretation</u>: Die Ergebnisse von zwei parallel angelegten dreifachen Varianzanalysen sind in

## Tabelle 1

Dauerproduktionen bei gleichzeitigem Lesen von zweistelligen Zufallszahlen in freigewählter Frequenz. Die beiden Variablen DZL (durchschnittliche Zykluslänge in 1/100 sec der freigewählten Lesefrequenz) und LDQ (logarithmische Transformation des Dauerquotienten Produktion dividiert durch Standard) werden analysiert als Funktion von:

- a) Individualunterschiede (N=15 Studenten)
- b) Standards (6, 12, 24, 48 und 96 sec in gemischter Reihenfolge bei je sechsmaliger Wiederholung)
- c) Stress-induzierende Versuchsbedingung (mit oder ohne "delayed auditory feedback" bei 80 db u. 0,16 sec Verzögerung)

#### Varianzanalyse:

|   |                           | DZL                                |                               |                             |                       | LDQ                          |   |                                   |  |  |  |
|---|---------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|---|-----------------------------------|--|--|--|
|   | FG                        | DQ                                 | F                             | Va <b>ria</b> nzkom<br>%    | nponente<br>  %       | n F                          | DQ  | FG                                |  |  |  |
| Individuen<br>Innerhalb Inc               | 14<br>1. 705              | 127 009<br>299                     | 424,98                        | 86,3                        | 36,8                  | 41,11                        | 496 274<br>12 071                           | 14<br><b>88</b> 5                 |  |  |  |
| Standards<br>I x S                        | 3<br>42                   | 1 769<br>352                       | 5,03<br>2,01                  | 0,3<br>0,5                  | 11,8<br>17,8          | 9,85<br>9,13                 | 524 176<br>53 232                           | 4<br>56                           |  |  |  |
| Belastung I × B S × B I × S × B Innerhalb | 1<br>14<br>3<br>42<br>600 | 32 455<br>3 525<br>87<br>81<br>175 | 9,21<br>20,11<br>n.s.<br>n.s. | 2,6<br>4,6<br>-<br>-<br>5,7 | 7,4<br>-<br>-<br>26,2 | n.s.<br>9,49<br>n.s.<br>n.s. | 51 001<br>55 312<br>8 141<br>6 699<br>5 830 | 1<br>14<br>4<br>56<br><b>75</b> 0 |  |  |  |
| Total                                     | 719                       | •                                  | •                             | 100 %                       | 100 %                 | •                            |   | 899                               |  |  |  |

(Alle F-Werte signifikant mit p < .01)

#### Gruppendurchschnitte:

| Variable   | Standard |                |                |    | Standard Inso  |                |                        |                       | Insgesamt | Belas | Belastung |  |  |
|------------|----------|----------------|----------------|----|----------------|----------------|------------------------|-----------------------|-----------|-------|-----------|--|--|
|            | 6        | 12             | 24             | 48 | 96sec          |                | non-s                  | stres <b>s</b>        |           |       |           |  |  |
| DZL<br>LDQ | 576,5    | 123,8<br>578,1 | 124,6<br>558,6 | ,  | 130,6<br>449,6 | 126,7<br>536,6 | 120,0<br>54 <b>4,1</b> | 133,5<br><b>529,1</b> |           |       |           |  |  |

Tabelle 1 dargestellt. Um den Vergleich zu erleichtern sind die Kolonnen symmetrisch um die Mittelachse angeordnet. Nur die signifikanten F-Werte und die entsprechenden Varianzkomponenten in Form von Prozentsätzen der im gesamten Versuchsplan erfassten Varianz sind angeführt.

Der Vergleich der durch die verschiedenen unabhängigen Variablen erklärten Varianzanteile der beiden abhängigen Variablen ergibt folgendes (vgl. die beiden Kolonnen links und rechts von der Mittellinie): während die Zykluslängen überwiegend (86% der erfassten Varianz) durch die individuelle Eigenart der Vpn erklärt wird, spielen bei den Dauerquotienten die verschiedenen situativen und zufälligen Bedingungen eine grössere Rolle. Immerhin ist auch mehr als ein Drittel der Varianz der Dauerquotienten durch Individualunterschiede bedingt.

Die Standardlänge wirkt sich minimal auf die Zykluslängen, weit stärker aber auf die Dauerquotienten aus (0,3 verglichen mit 11,8%); und zwar bei verschiedenen Vpn auf unterschiedliche Weise (17,8% für die Wechselwirkung zwischen Individuen und Standards). Die entsprechenden Gruppendurchschnitte finden sich in der Tabelle unten links. Wenn man die methodisch notwendige Annahme über die Bedeutung der Zykluslänge als manifeste Dauereinheit einmal akzeptiert, so sind diese Ergebnisse nicht sehr ermutigend für das Einheitenzählmodell. Die Zykluslängen nehmen mit zunehmender Standardlänge leicht zu, die Dauerquotienten nehmen jedoch deutlich ab.

Derselbe Widerspruch ergibt sich bei den Resultaten unter der belastenden Versuchsbedingung. Die <u>Belastung</u> beeinflusst offensichtlich die Zykluslängen (2,6% der erfassten Varianz), und zwar im Sinne einer Verlängerung der Zykluslänge unter Belastung (Durchschnitt steigt von 120 auf 133,5 csec). Gleichzeitig lässt aber die Belastungssituation die Dauerquotienten im wesentlichen unverändert (der Unterschied zwischen 544,1 und 529,1 ist nicht signifikant und zudem in der umgekehrten Richtung).

Da so grosse Varianzanteile auf Individualunterschiede ent-

Tabelle 2
Signifikante (p <.05) Varianzkomponenten, für die beiden Variablen LDQ und DZL bei jedem einzelnen Individuum.

Die Prozentanteile an der erfassten Varianz sind für die Ursachen: Ruhe/Belastung, Standard und Verlauf sowie ihre Wechselwirkungen und den nicht erklärten Rest angeführt. Punkte stellen nicht signifikante Wirkungen dar.

| Vp              | Star | dard | Belas | stung | Ver | lauf | Вх  | : S | B. x | V   | V × | Ś   | Res | st         |
|-----------------|------|------|-------|-------|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------------|
|                 | DZL  | LDQ  | DZL   | LDQ   | DZL | LDQ  | DZL | LDQ | DZL  | LDQ | DZL | LDQ | DZL | LDQ        |
| Α               | •    | 24   | 12    | •     | 60  | 7    | •   | 18  | 13   | 16  | •   | •   | 15  | <b>3</b> 5 |
| В               | 5    | 15   | 61    | 21    | 7   | •    | •   | •   |      | •   | 11  | 13  | 16  | 51         |
| С               | •    | 76   | 6     | •     | 10  | •    | •   | •   | 43   | •   | •   | •   | 41  | 24         |
| D               | •    | 33   | •     | 13    | 40  | •    | •   | •   | •    | 13  | •   | •   | 60  | 40         |
| Ε               | 17   | 21   | 50    | •     | •   | •    | •   | •   | •    | 22  | •   | •   | 33  | 57         |
| F               | •    | 50   | 41    | 18    | 19  | 3    | •   | •   | 13   | 13  | •   | •   | 27  | 16         |
| G               | •    | •    | 19    | •     | 16  | •    | •   | •   | 41   | •   | •   | •   | 24  | 100        |
| Н               | 3    | 26   | 88    | 32    | •   | 14   | •   | •   | •    | •   | •   | •   | 9   | 28         |
| I               | •    | 11   | 19    | 21    | 7   | •    | •   | 22  | •    | •   | •   | •   | 74  | 46         |
| K               | •    | 41   | 29    | 17    | 21  | •    | •   | •   | •    | •   | •   | •   | 50  | 42         |
| L               | •    | 38   | •     | •     | 34  | •    | •   | •   | •    | •   | •   | •   | 66  | 62         |
| M               | 17   | 78   | 23    | •     | 3   | 8    | •   | •   | •    | 4   | 10  | •   | 47  | 16         |
| N               | 3    | 39   | 53    | 16    | 17  | 12   | •   | •   | 10   | 11  | •   | •   | 17  | 22         |
| <u> </u>        | 1    | 42   | 89    | 17    | 1   | 2    | 3   | 5   | 2    | 6   | •   | 5   | 4   | 23         |
| р<br>:          | •    | 34   | 65    | •     | 15  | •    | •   | •   | •    | •   | •   | •   | 20  | 66         |
| Durch-<br>schn. | 3    | 35   | 37    | 10    | 17  | 3    | 0   | 3   | 8    | 6   | 1   | 1   | 34  | 42         |

fallen und auch die Wechselwirkungen zwischen Individuen und Standards und zwischen Individuen und Belastung ins Gewicht fallen, könnte es leicht irreführen, nur Gruppendurchschnitte zu interpretieren. Analoge Varianzanalysen wurden daher auch für die einzelnen Vpn berechnet (vgl. Tab. 2). Dabei wurde als weitere Variable der zeitliche Verlauf untersucht. Die je zwei benachbarten Versuchseinheiten unter denselben Bedingungen bilden ein Tafelfeld. Die Variable "Verlauf" bringt also zum Ausdruck, ob sich das Zeitverhalten des Individuums im Verlauf der ersten bzw. der zweiten Versuchshälfte systematisch verändert.

Die Ergebnisse demonstrieren vor allem die sehr beträchtlichen Individualunterschiede des Zeitverhaltens, die schon in der ersten Varianzanalyse aufgefallen sind, in etwas differenzierterer Weise. Im einzelnen lassen sich folgende Interpretationen ableiten.

Die Standardlänge wirkt sich offenbar trotz der signifikanten Unterschiede der Gruppenmittel nur bei einzelnen Individuen deutlich genug auf die Zykluslängen aus, während ihre Wirkung auf die längeren Produktionen bei allen ausser einem Individuum signifikant ist und teils recht hohe Varianzanteile erklärt. Untersucht man die individuellen Durchschnitte im einzelnen, so findet man bei allen Vpn mit signifikanten DZL-Unterschieden (B, E, H, M, N, O) mit zunehmendem Standard eine Tendenz zur Verlängerung der Zykluslänge, wie es dem Gruppendurchschnitt (Tab. 1) entspricht. Anderseits weisen 11 der 15 Vpn mit zunehmendem Standard eine eindeutige Verkürzung des produzierten Intervalls auf, und nur bei den Vpn B, D und I ist eine Verlängerung festzustellen, während die Produktionen der Vp G praktisch von dem zu produzierenden Intervall unabhängig sind.

Auch bezüglich des Einflusses der <u>Belastung</u> zeigen die Ergebnisse in ähnlicher Weise auf, dass Gruppenmittel für das Zeitverhalten der Individuen nicht repräsentativ sind. Bei 8 der 15 Vpn ergab sich eine signifikante stressabhän-

gige Veränderung der Dauerquotienten, davon bei je 4 eine Verlängerung bzw. eine Verkürzung der längeren Produktionen. Elf der 15 Vpn zeigten jedoch unter Belastung eine signifikante Erhöhung der Zykluslänge. Und dabei hatten alle 4 Vpn mit verkürzten Produktionen verlängerte Zyklen. M.a.W. die typische Vp verlangsamt unter Belastung ihr persönliches Tempo, ist aber imstande, die längeren Dauerproduktionen davon unbeeinflusst zu halten bzw. eine entsprechende Kompensation einzuführen.

Was schliesslich den <u>Verlauf</u> des Zeitverhaltens im Zeitraum der Sitzung, also etwa innerhalb einer Stunde, betrifft, so zeigen wiederum die meisten Vpn Veränderungen der Zykluslänge - es handelt sich teils um Verlängerungen, teils um Verkürzungen, im Gruppenmittel resultiert eine leichte Verkürzung im Verlauf der Sitzung sowohl unter ruhigen wie unter belastenden Bedingungen -, doch gehen ihnen nicht entsprechende Veränderungen der längeren Produktionen parallel. Wechselwirkungen zwischen diesen drei Ursachen treten nur vereinzelt auf.

Insgesamt zeigt sich also, dass entgegen der Hypothese des Einheitenzählmodells keine proportionalen Veränderungen in Zykluslänge und Dauerproduktion festzustellen sind. Jedenfalls haben eine Reihe von Faktoren (Standardlänge, Belastung, zeitlicher Verlauf), welche nachgewiesenermassen einen Einfluss entweder auf das persönliche Tempo und/oder auf die subjektive Dauer der längeren Produktionen ausüben, nicht in gleichsinniger Weise auf die beiden abhängigen Variablen gewirkt. Es soll an dieser Stelle betont werden, dass der Verfasser zum Zeitpunkt der Planung und Durchführung durchaus Erwartungen über den Ausgang dieses Experimentes im Sinne des Einheitenzählmodells hegte und erst durch die Bemühung, die vorliegenden Ergebnisse zu verstehen, im Zusammenhang mit eingehendem Literaturstudium die Konzeption der multiplen Uhr als Alternative zum Einheitenzählmodell entwickelte.

Nun könnte man einwenden, diese Ergebnisse seien für das Einheitenzählmodell überhaupt ohne Belang; die Zykluslänge unter den gegebenen Versuchsbedingungen bzw. das dadurch

repräsentierte persönliche Tempo sei eben nicht eine Funktion der Dauereinheit, und die Annahme, solche rhythmische Verhaltensweisen stellten eine Manifestation des Basisprozesses der inneren Uhr dar, sei durch nichts gerechtfertigt. - Abgesehen davon, dass sich eine solche Argumentation in Gegensatz zu einer beträchtlichen Menge von allerdings nicht einheitlichen empirischen Befunden stellt, entzöge dieser Einwand der Einheitenzähltheorie selbst den Boden. Denn wenn ein einheitlicher Prozess vom Typus der Momentreihe allem zeitlich strukturierten Verhalten eines Individuums zugrundeliegen soll. dann muss dieser sich sowohl auf die kurzen Zykluslängen wie auf die längeren Dauerproduktionen auswirken. Es sei denn, die Einheitenzähltheorie würde durch zusätzliche Annahmen ergänzt, welche die differenzielle Wirkung auf kürzere und längere Dauern erklären könnten. Bislang sind jedoch nur Zusatzmechanismen postuliert worden, welche sich auf die Speicherung und die Aktualisierung von gespeicherter Information über Dauer beziehen (z.B. FRANKENHÄUSER, 1959; TREISMAN, 1963). Im dargestellten Experiment sind demgegenüber die kürzeren und die längeren Intervalle ineinander verschachtelt und gewissermassen "gleichzeitig".

Einer solchen Argumentation stehen auch weitere Befunde des vorliegenden Experimentes entgegen. Es lässt sich nämlich nachweisen, dass die Zykluslängen für die längeren Produktionen relevant sind, bzw. dass beiden eine gemeinsame Ursache wenigstens teilweise zugrundeliegt. Die Korrelation zwischen der durchschnittlichen Zykluslänge und dem durchschnittlichen Dauerquotienten berechnet über die 15 Individuen beträgt .58 (p<.05). Zykluslänge und längere Dauerproduktion beruhen also etwa zu einem Drittel ihrer Varianz auf einer gemeinsamen Ursache.

Zur Berechnung des erwähnten Korrelationskoeffizienten sind Durchschnitte für jedes Individuum über sämtliche Versuchsbedingungen gebildet worden. Es ist nun heuristisch interessant, im Rahmen der verfügbaren Versuchsvariationen zu untersuchen, worauf diese Korrelation zur Hauptsache beruht. Wenn diese gemeinsame Ursache gemäss dem Einheitenzählmodell eine einzelne,

## Tabelle 3

Produkt-Moment-Korrelationen zwischen DZL und LDQ für die verschiedenen Versuchsbedingungen gesondert. Die Berechnung erfolgt stets über die stochastisch unabhängigen Durchschnittswerte der 15 Vpn r≥.51 ist auf dem 5%-Niveau, r≥.64 auf dem 1%-Niveau von Null verschieden.

| Bedingungen |     | Stand | Insgesamt |     |     |
|-------------|-----|-------|-----------|-----|-----|
|             | 12  | 24    | 48        | 96  |     |
| Ruhe        | .67 | .33   | .40       | .19 | .55 |
| Belastung   | .72 | .29   | .38       | .09 | .62 |
| Insgesamt   | .70 | .30   | .44       | .16 | .58 |

allesbestimmende Dauereinheit wäre, dann müssten unsere verschiedenen Versuchsbedingungen alle in gleicher Weise zum Wert dieses Koeffizienten beitragen.

Aus Tabelle 3 ist ohne weiteres ersichtlich, dass dies nicht der Fall ist. Obwohl natürlich die statistische Beurteilung dieser Koeffizienten infolge der niedrigen Zahl der Freiheitsgrade problematisch ist, dürfte die offensichtliche Ähnlichkeit der beiden Zeilen "Ruhe" und "Belastung" zur Sicherung der Interpretation beitragen. Die Korrelationstabelle zeigt. dass vermutlich die Belastungsvariable ohne Einfluss auf den Zusammenhang zwischen Zykluslängen und Dauerquotienten ist. während die Enge dieses Zusammenhangs mit der Dauer des zu produzierenden Intervalls eigenartig variiert. Der engste, statistisch gesicherte Zusammenhang ist beim Standard 12 sec gegeben; er nimmt bei 24 sec zunächst ab, bei 48 sec aber wieder zu, um beim längsten untersuchten Standard von 96 sec sehr gering zu werden. Auf Grund des Einheitenzählmodells hätte man erwarten müssen, dass die Enge des Zusammenhangs über die Standards entweder konstant bleibt oder aus methodischen Gründen kontinuierlich zunimmt. (Die zufallsbedingten Unregelmässigkeiten zu Beginn und am Ende einer Produktion fallen für die Berechnung der durchschnittlichen Zykluslänge bei den kurzen Standards stärker ins Gewicht als bei den langen Standards.)

Man kann also schlussfolgern - wobei zu bedenken ist, dass es sich dabei um post-hoc -Interpretationen handelt, die vorwiegend zu heuristischen Zwecken erfolgen und der Bestätigung in neuen Versuchen bedürfen - dass die Zykluslänge des Zahlenlesens einen Teilprozess der multiplen Uhr manifestiert, welcher zur Produktion von Intervallen unterschiedlicher Dauer mit unterschiedlichem Gewicht beiträgt. Im Gruppendurchschnitt ist die Relevanz dieses Teilprozesses eine nicht-monotone Funktion der Dauer des produzierten Intervalls; ferner ist sie gegen Belastungseinflüsse stabil.

Entsprechend den theoretischen Überlegungen zur multiplen Uhr, wonach deren Parameter grundsätzlich individuelle Konstanten sind, dürfte es sich lohnen, hinter den egalisierenden

Tabelle 4
Rangkorrelationen (SPEARMAN) zwischen DZL und LDQ für jedes

Rangkorrelationen (SPEARMAN) zwischen DZL und LDQ für jedes Individuum und die 4 Standards. Jedem Koeffizienten liegen 12 Wertepaare (je 6 aus Ruhe und Belastung) zugrunde.

| Vp         | Standard   |             |             |            |  |  |  |  |  |
|------------|------------|-------------|-------------|------------|--|--|--|--|--|
|            | 12         | 24          | 48          | 96         |  |  |  |  |  |
| Н          | <u>.76</u> | .65         | .27         | .55        |  |  |  |  |  |
| L          | <u>.73</u> | .56         | .04         | .34        |  |  |  |  |  |
| Р          | .54        | <b></b> 15  | 04          | .13        |  |  |  |  |  |
| D          | <u>.54</u> | .16         | .11         | <b></b> 31 |  |  |  |  |  |
| Ε          | <u>.37</u> | .17         | .20         | <b></b> 28 |  |  |  |  |  |
| A          | .50        | <u>.61</u>  | .14         | 13         |  |  |  |  |  |
| I          | .39        | <u>. 49</u> | .38         | .14        |  |  |  |  |  |
| C          | 05         | .66         | . 45        | .11        |  |  |  |  |  |
| G          | .04        | <u>.35</u>  | 05          | 41         |  |  |  |  |  |
| N          | 11         | <u>.24</u>  | 06          | 28         |  |  |  |  |  |
| В          | .42        | .38         | <u>.65</u>  | .45        |  |  |  |  |  |
| M          | 02         | <b></b> 36  | <u>. 46</u> | .12        |  |  |  |  |  |
| F          | .11        | .04         | <b></b> 29  | 17         |  |  |  |  |  |
| 0          | 12         | 61          | 60          | 49         |  |  |  |  |  |
| K          | 37         | 31          | 08          | 48         |  |  |  |  |  |
| Durchschn. | .25        | .19         | .11         | 05         |  |  |  |  |  |
| Median     | .24        | .20         | .07         | 15         |  |  |  |  |  |

Unterschiede zwischen den Standards sind mit p<.05 signifikant (FRIEDMAN-Rangvarianzanalyse:  $\chi^2$  = 7.88 bei df=3).

Gruppendurchschnitten die Verhältnisse beim einzelnen Individuum näher zu untersuchen. Dabei muss allerdings ein Verstoss gegen methodologische Grundsätze in Kauf genommen werden,
insofern Korrelationskoeffizienten von stochastisch nicht unabhängigen Werten – nämlich innerhalb des Individuums – untersucht werden sollen. Dieses Vorgehen rechtfertigt sich aus dem
Umstand, dass es bloss um heuristische Beschreibung, nicht um
Nachweis eines Sachverhalts geht.

Aus der Tabelle 4 wird trotz der sehr grossen Streuung der Koeffizienten ersichtlich, dass vermutlich die oben beschriebene nicht-monotone Funktion ein Artefakt der Gruppenbildung darstellt und aber dennoch zu richtigen Schlussfolgerungen führt. Die Individuen lassen sich mit 3 Ausnahmen (F.O. K), bei denen überwiegend negative Koeffizienten auftreten, zwanglos in drei Gruppen einteilen. Der engste Zusammenhang erscheint demnach entweder bei Standard 12, 24 oder 48, aber nie bei Standard 96. Die negativen Koeffizienten bedeuten eine Überkompensation in dem Sinne, dass eine Verlängerung (Verkürzung) des Lesezyklus eine überschiessende Verminderung (Vermehrung) der Anzahl der gelesenen Zahlen und mithin eine übermässige Erniedrigung (Erhöhung) des Dauerquotienten bewirkt. Auch wenn es ohne weitere Resultate nicht möglich ist, eine konstruktive Aussage über die Funktion des Lesezyklus im Rahmen der multiplen Uhr zu machen, so ist doch die Folgerung wiederum gerechtfertigt, dass der Lesezyklus für unterschiedliche Intervalle von unterschiedlicher Relevanz ist.

# Experiment II 1

In einem zweiten, ähnlich angelegten Experiment wurde nun versucht, die vom Einheitenzählmodell postulierte Kovariation zwischen DZL und LDQ unter modifizierten Versuchsbedingungen zu erreichen. Denn auseinem Misslingen eines Nachweises kann natürlich nicht auf die Ungültigkeit des Modells geschlossen werden; erst eine Reihe von Misserfolgen unter variierten Bedingungen vermindert induktiv die Wahrscheinlichkeit, dass das Modell dem zu erklärenden Sachverhalt adäquat ist, und ermuntert mithin die Zuwendung zu konstruktiven Alternativen. Ferner sollte in diesem Experiment auch versucht werden, einen Aspekt des postulierten Zählmechanismus einzubeziehen.

Methode: Die Versuchsanordnung ist grundsätzlich die gleiche wie in Experiment I. An Stelle des Schreibmaschinenwagens wurde jedoch eine Anordnung von Dia-Projektoren verwendet, mit deren Hilfe dreiziffrige Zahlen (zwischen 401 und 643) in Rückwärtsprojektion auf eine Mattscheibe (kreisförmige Projektionsfläche von ca 24cm Durchmesser) projiziert wurden. Die Zahlen erschienen hell auf dunklem Grund und waren ca 12cm hoch; die Vp sass ca 80cm vom Projektionsschirm entfernt an einem Tisch. Mit einem Druckknopf konnte sie Beginn und Ende der längeren Produktion angeben; mit dem Einschalten erschien die erste Zahl auf dem sonst dunklen Schirm, mit dem Ausschalten erlosch sie augenblicklich. Durch kurzes Berühren einer in einem Kästchen eingelassenen Aluminiumscheibe mit einem Metallgriffel konnte die Vp einen Zahlenwechsel herbeiführen.

Technisch wurde dies realisiert, indem durch eine elektronische Steuerung jeweils einer der elektromagnetischen

Der Verfasser dankt Herrn stud.phil. B. Rupp für die Herstellung der Dias, die Durchführung des Versuchs und einen Teil der Datenauswertung.

Verschlüsse vor dem Objektiv der Projektoren geöffnet wurde. Drei Projektoren waren in ringförmiger Anordnung derart gekoppelt, dass stets genau eine Zahl zur Projektion kam. Beim Schliessen des Verschlusses wurde zugleich der Dia-Transport betätigt, so dass eine maximale Lesegeschwindigkeit von 3 Zahlen pro Sekunde möglich war. Die Projektoren waren Kodak-Carousel Projektoren mit Endloskassetten für 81 Dias. Auf diese Weise konnten Zahlenreihen mit maximal 243 Elementen dargeboten werden; die Reihenfolge der Zahlen war durch die Anordnung der Dias in den Kassetten und durch die Stellung der 3 Kassetten bestimmt.

Die Dauer der längeren Produktionen wurde mit Hilfe eines FAVAG-Synchron-Chronoskop auf die nächste Hundertstelsekunde genau gemessen. Die Anzahl der gelesenen Ziffern sowie die genaue Dauer jedes einzelnen Intervalls zwischen den Zahlenwechseln, d.h. also die einzelnen Zykluslängen, wurden mit Hilfe einer elektronischen Messvorrichtung, die im nächsten Abschnitt beschrieben wird, auf (Hundertstelsekunden) Millisekunden genau gemessen. Die Steuer- und Messeinrichtung und der VI befanden sich in einem von der Vp getrennten Raum; die Projektion erfolgte durch ein doppelverglastes Fenster. Die akustische Trennung war nötig, da die Transportmechanismen der Projektoren ein zeitlich strukturiertes Geräusch verursachen, welches das Zeitvehalten der Vp nicht beeinflussen durfte.

Die Berechnung der logarithmischen Dauerquotienten (LDQ) erfolgte in gleicher Weise wie bei Experiment I. Für die Berechnung der durchschnittlichen Zykluslängen (DZL) war im Gegensatz zu Experiment I ein exakteres Verfahren möglich. In den früheren Versuchen war aufgefallen, dass das Zeitverhalten mancher Vpn am Anfang und vor allem am Ende einer längeren Produktion nicht genau rhythmisch war wie während des restlichen Verlaufs des Intervalls. Ob dies nur durch die unterschiedliche Motorik der auszuführenden Handlung (Druckknopf, häufig mit der linken Hand betätigt – Griffel, meist rechtshändig) oder auch durch zentrale Mechanismen (unterschiedliche Bedeutungen der beiden Handlungen) bedingt ist, muss

offen bleiben. In Experiment I musste ungenaue Definition von DZL (Dauer der Produktion dividiert durch Anzahl der gelesenen Zahlen) aus ökonomischen Gründen in Kauf genommen werden; sie hat möglicherweise zu einer artifiziellen Erhöhung der Korrelationen zwischen DZL und LDQ beigetragen. In Experiment II wurde durch die Einzelmessungen ermöglicht, die Berechnung von DZL auf die "inneren" Zyklen einer Produktion abzustellen. DZL ist also hier definiert durch die Summe der Dauer der einzelnen Leseintervalle dividiert durch deren Anzahl, wobei das erste und das letzte Leseintervall jeweils nicht berücksichtigt sind.

Die Instruktion der Vpn und eine Einübungsphase wurden in ähnlicher Weise wie in ExperimentI durchgeführt. Die Vpn waren 16 Studentinnen und Studenten verschiedener Fachrichtungen der Universität Bern, die sich nach persönlicher Anfrage, aus Interesse am Problem oder um ihrem Komilitonen eine Gefälligkeit zu erweisen, zur Verfügung stellten.

In einem 2x2x2x16-faktoriellen Versuchsplan wurden die folgenden unabhängigen Variablen untersucht, wobei jedes Individuum unter jeder der 8 Versuchsbedingungen jeweils 4 Intervalle, also insgesamt 32 Intervalle, produzierte.

- a) Individuen (16)
- b) Standards (2): 20 sec und 40 sec. Die Standards wurden visuell dargeboten und waren für die Vp während der ganzen Produktion jeweils direkt neben dem Projektionsschirm sichtbar.
- c) <u>Belastung</u> (2): Ruhe und Belastung. Wie oben bei der Darstellung der Methode von Experiment I dargelegt worden ist, war die verzögerte auditive Rückkoppelung ursprünglich als Operationalisierung einer Aktivierungserhöhung eingeplant gewesen. Eine Variation des Aktivationsniveaus schien insbesondere auf dem Hintergrund der TREISMANschen (1963) Formulierung des Einheitenzählmodells geboten, in welcher aktivationsabhängige Variationen der Einheitsdauer postuliert werden. Allerdings ist dort von einem "specific arousal"

mechanism" die Rede, ohne dass über die Spezifität des Prozesses Näheres ausgeführt wird. In der Interpretation der Resultate von Experiment I wurde dann allerdings auf den Aspekt der Aktivierung nicht näher eingetreten. da die dem Einheitenzählmodell entspringende Forderung nach Proportionalität zwischen Leserhythmus und längerer Produktion auch unter Absehen vom zugrundeliegenden Mechanismus gestellt werden kann. Die Wirkung der auditiven Rückkoppelung ist nun aber eine doppelte: einerseits kann man auf Grund der Literatur (vgl. YATES, 1963) der verzögerten Rückkoppelung unter den gewählten Bedingungen eine belastende Wirkung und damit eine Erhöhung des Aktivationsniveaus zuschreiben; anderseits bewirkt aber verzögerte Rückkoppelung bei den meisten Vpn eine Verlangsamung des Sprechtempos. In Bezug auf den für unseren Zweck relevanten Verhaltensaspekt des Spontanrhythmus sind also diese beiden Wirkungen entgegengesetzt und heben sich möglicherweise teilweise auf. Das bedeutet, dass die Ergebnisse von Experiment I nicht unter dem Gesichtspunkt der verkürzten Einheitsdauer unter erhöhter Aktivation interpretiert werden können. Für Experiment II wurde deshalb eine Belastungsvariable gewählt, welche von solchen störenden Nebenwirkungen auf das Zeitverhalten frei ist.

Dass die Wahl einer solchen Variablen nicht unproblematisch ist, geht aus der Literatur über Aktivationsforschung eindeutig hervor (COFER & APPLEY, 1964; SCHÖNPFLUG, 1969).

Nach verschiedenen unbefriedigenden Probierversuchen wurde schliesslich, bestärkt durch einen Hinweis von HÖRMANN (pers. Kommunikation, 1968), Belastung durch physische Arbeit gewählt. In Ermangelung eines Ergometers musste die Vp jeweils vor den Versuchen unter Belastungsbedingungen im Treppenhaus vom Dachstock bis in den Keller hinunter und so rasch wie möglich wieder herauf rennen (insgesamt 44 Stufen). Der Grad der dadurch erzielten Aktivierung und die Raschheit ihres Abklingens während der anschliessenden Versuchsperiode konnte nicht durch objektive Indikatoren festgestellt werden. Die Beobachtung einer gewissen Atem-

losigkeit und Berichte über Herzklopfen u.dgl. waren immerhin Indikatoren eines erfolgreichen Vorgehens. Das Treppenrennen wurde jeweils für zwei Produktionen, d.h. während
einer Dauer von etwas über einer Minute, als wirksame Belastung erachtet; vor den beiden nachfolgenden Produktionen
wurde die Pause etwas ausgedehnt, doch ist es durchaus möglich, dass sich Belastungs- und Ruhebedingungen nur geringfügig voneinander unterscheiden.

d) Ordnung: (2): Zufallsabfolge der Zahlen und lineare Zahlenreihe. Es sollte untersucht werden, ob auf den Zählmechanismus auf kognitiver Ebene ein Einfluss genommen werden kann, indem man einerseits die Vp über die Zahl der während eines Intervalls gelesenen Zahlen im Ungewissen lässt bzw. ihr anderseits ein Mass für die Anzahl der gelesenen Zahlen geradezu nahelegt. Für die meisten Vp ist es nach introspektiven Berichten ausserordentlich schwer, über längere Zeit beim Lautlesen von Zufallszahlen, die einzeln dargeboten werden, mitzuzählen, wieviele Zahlen gelesen worden sind. Die beiden Arten von kurzfristig zu behaltenden Zahlen scheinen stark miteinander zu interferieren. Es bleibt also am Ende einer Produktion unter Angebot einer Zufallsabfolge von Zahlen nur ein ungefährer Eindruck über deren Menge, während im Gegensatz dazu bei einer linearen Zahlenreihe die Vp sich geradezu vornehmen kann, nach dem Lesen einer bestimmten Anzahl von Zahlen, nämlich, sobald die Zahl n auftritt, mit der Produktion aufzuhöhren. Damit ist im zweiten Fall dem hypothetischen Zählmechanismus wenigstens auf einer kognitiven Ebene eine ganz andere Wirkungsmöglichkeit eingeräumt als beim Lesen von Zufallszahlen.

Diese Variable wurde in bloss explorativer Absicht in den Versuchsplan einbezogen; es wurde erwartet, dass sie mit individuellen Charakteristiken der Vpn interagiert.

Ergebnisse und Interpretation: Im ganzen sind die Ergebnisse der Varianzanalyse (vgl. Tabelle 5) nicht unähnlich jenen von Experiment I. Wiederum ist der weitaus grösste Varianzanteil - besonders bei der Zykluslänge - durch <u>Individualunterschiede</u> erklärt. Die verschiedenen Versuchsbedingungen haben sich

## Tabelle 5

Dauerproduktionen bei gleichzeitigem Lesen von dreistelligen Zahlen in freigewählter Frequenz. Die beiden abhängigen Variablen DZL (durchschnitt-liche Zykluslänge) und LDQ (logarithmische Transformation des Dauerquotienten Produktion dividiert durch Standard) werden analysiert als Funktion von:

- a) Individualunterschiede (N = 16 Studenten)
- b) Standards der Produktion (20 und 40 sec)
- c) Physische Belastung (Treppenrennen) vs. Ruhebedingung
- d) Zufallsabfolge vs. lineare Reihe der zu lesenden Zahlen.

Die Bedingungen b, c und d wurden bei jedem Individuum in balancierter Reihenfolge je vier Mal dargeboten.

## Varianzanalyse:

|   |                    |                        | DZL   | _                   | _                   | LDQ                                      | ·a                                    |
|---|--------------------|------------------------|---|---------------------|---------------------|--|---------------------------------------|
|   | FG                 | DQ                     | F-Test                                      | $\omega^2$          | $\omega^2$          | F-Test                                   | DQ                                    |
| Individuen<br>Innerhalb Ind.              | 15<br>496          | 90 09 <b>8</b><br>54   | 1668,48 <sup>1%</sup>                       | .941                | .546                | 41,75 <sup>1%</sup>                      | 154 818<br>3 708                      |
| Standards<br>I x S                        | 1<br>15            | 59<br>60               | n.s.  | -                   | ≠014<br>.013        | 9,42 <sup>1%</sup><br>2,14 <sup>1%</sup> | 63 124<br>6 701                       |
| Belastung/Ruhe<br>I x B                   | 1<br>15            | 944<br>24 <b>7</b>     | 3,82 <sup>10</sup><br>1,79                  | .001                | .002<br>-           | 6,86 <sup>5%</sup>                       | 1 869                                 |
| Ordnung/Zufall<br>I x O                   | 1<br>15            | 7 899<br>493           | 16,02 <mark>1%</mark><br>3,57 <sup>1%</sup> | .005<br>.004        | .016<br>.028        | 6,30 <sup>5%</sup><br>3,45 <sup>1%</sup> | 67 966<br>10 786                      |
| S × B<br>S × O<br>B × O<br>Rest (WW+Inn.) | 1<br>1<br>1<br>445 | 271<br>5<br>181<br>138 | n.s.<br>n.s.<br>n.s.                        | -<br>-<br>-<br>.048 | -<br>-<br>-<br>.381 | n.s.<br>n.s.                             | 6 167<br>970<br>5 085<br><b>3</b> 129 |
| Total                                     | 511                | •                      | •   | 1.000               | 1.000               | •  | •                                     |

#### Gruppendurchschnitte:

| Variable | Standards       | Belastung           | Ordnung           |
|----------|-----------------|---------------------|-------------------|
| ·        | 20 sec 40 sec   | ruhig belastet      | geordnet zufällig |
| DZL      | (169,2) (168,5) | 167,5 170,2         | 164,9 172,8       |
| LDQ      | 552,6 530,0     | <b>546,5 536,</b> 5 | 530,0 553,0       |

derart schwach - allerdings infolge des sehr sensitiven Versuchsplans zumeist signifikant - ausgewirkt, dass man versucht ist, auf jede Interpretation zu verzichten. Beachtenswert ist aber, dass mit Ausnahme der Standards bei DZL und der Belastung bei LDQ ebenfalls die Wechselwirkung aller 3 Ursachen mit den Individuen signifikant ausfällt: darin liegt ein weiteres Indiz für unsere frühere These, dass im Bereich der Zeitpsychologie die Auswertung von Gruppendurchschnitten m mehr als problematisch ist.

Im Einzelnen lässt sich im Vergleich mit den Ergebnissen von Experiment I festhalten, dass wiederum die <u>Standardlänge</u> sich stärker auf die Dauerquotienten auswirkt als auf die Zykluslänge. Wiederum ist der Dauerquotient beim längeren Intervall kleiner; aber die Zykluslänge ist nun vom Standard unbeeinflusst. Ob dies auf die exaktere Messung der Zykluslänge allein zurückzuführen ist (wodurch nachträglich die diesbezüglichen Ergebnisse von Experiment I invalidiert wären), oder ob sich das leicht geänderte Versuchsverfahren bzw. der engere Bereich der dargebotenen Standards in einer Verringerung der DZL-Unterschiede ausgewirkt haben, muss offen bleiben.

Was die Wirkung der Belastung betrifft, so sind die Ergebnisse, abgesehen davon dass in Experiment II ein viel geringerer Varianzanteil erklärt werden kann, völlig analog den jenigen von Experiment I. Während sich Belastung gegenüber Ruhe in einer Verlängerung des Lesezyklus von 167,5 auf 170,2 bemerkbar macht, sinkt gleichzeitig der Dauerquotient von 546,5 unter Ruhe auf 536,5 unter Belastung. Damit sind unsere Bedenken bezüglich der doppelten Wirkung der auditiven Rückkoppelung nachträglich entkräftet, während anderseits fast wider Erwarten die eingesetzte simple Belastungsvariable durchaus nützliche Resultate gezeitigt hat. Die Interpretation schliesst sich an diejenige von Experiment I an: Unter der Voraussetzung, dass sich in der Zykluslänge die Basiseinheit einigermassen direkt manifestiert, kann das Einheitenzählmodell nicht verifiziert werden, da trotz Verlängerung der Basiseinheit unter Belastung relativ verkürzte Produktionen zustandekommen. Das System der inneren Uhr muss demzufolge eine von der Dauer der

Einheit unabhängige weitere Information ausnützen, welche die längere Produktion von der kurzen Zykluslänge unabhängig macht bzw. die sogar über das Ziel hinausgehende Korrektur möglich macht.

Im Sinne von post-hoc-Interpretationen geben die Ergebnisse für die Ordnungsvariable einige Rätsel auf. Es war primär erwartet worden, dass sich diese Variable mehr auf die Streuung als auf die Durchschnitte von LDQ auswirken würden. Das ist nun durchaus nicht der Fall, insofern die Streuung bei beiden abhängigen Variablen sich in Funktion von Ordnung/Zufall nur zufällig voneinander unterscheiden. Hingegen ergab sich für die geordnete Abfolge im Vergleich mit der zufälligen bei DZL und LDQ nahezu proportional verkürzte Durchschnittswerte (164,9: 172,8 = 0.955; 530: 553 = 0.958!). Was also in zwei Experimenten durch eine vom postulierten Einheitenzählmodell (TREISMAN, 1963) inspirierte Variation des Aktivationsniveaus nicht erreicht werden konnte, ergibt sich nahezu perfekt durch eine Bedingungsvariation, welche in ganz anderer Absicht unternommen worden war.

Im bezug auf dem Zählmechanismus des Einheitenzählmodells lässt sich aus diesem Ergebnis vermuten, dass er, wenn es ihn gibt, von der kognitiven Ebene her nicht beeinflusst worden ist. Indessen hat aber der Umstand, dass die Vp linear zählt, also eine vielgeübte, weniger anstrengende Routinehandlung ausführt, sich in einer Verschnellerung der inneren Uhr insgesamt ausgew wirkt, nämlich in gleicher Weise auf sehr kurze und auf längere Dauerproduktionen. Es bedarf der weiteren Untersuchung, ob dieser Effekt wirklich den grundlegenden Mechanismus der inneren Uhr betrifft, oder ob eher periphere Exekutivmechanismen betroffen sind. Aus der Tatsache, dass keine Wechselwirkungen der Ordnungsvariablen weder mit Standards noch mit Belastung festgestellt wurden, darf man vielleicht die zweite Interpretation bis auf weiteres in Betracht ziehen.

# Experiment III

(zur multiplen Uhr)

## Experimentelle Strategie

Die Anlage der Versuche zur empirischen Realisation der multiplen Uhr kann aus den beschriebenen Versuchen zum Einheit tenzählmodell abgeleitet werden. Dort wurde der spontane Leserhythmus oder eine ähnliche zyklische Verhaltensweise als Manifestation der Basiseinheit aufgefasst; es wurde dann untersucht, welche Bedeutung der Dauer dieser Basiseinheit unter verschiedenen experimentellen Bedingungen für die Produktion längerer Intervalle zukommt. In bezug auf die Vorstellung einer multiplen Uhr können wir dementsprechend eine Versuchsanordnung entwerfen, in welcher statt einer einzigen Basiseinheit gewissermassen gleichzeitig mehrere "Einheiten" von unterschiedlicher Dauer manifest werden, welche insgesamt unter verschiedenen experimentellen Bedingungen in ihrer Relevanz für Produktionen von längerer Dauer untersucht werden. Es muss ein Mittel gefunden werden, mit welchem selektiv auf einzelne dieser mehreren Dauereinheiten Einfluss genommen werden kann, damit man einerseits nach und nach einen Einblick in das Gefüge und Zusammenwirken dieser mehreren Einheiten bekommen kann, und damit anderseits Aussagen darüber möglich werden, auf welche Weise dieses Gefüge für ein strukturiertes Zeitverhalten wirksam wird.

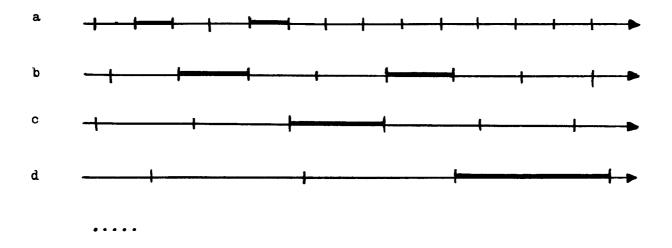
Die Wünschbarkeit, auf jede einzelne solche Dauereinheit (immer in einer Operationalisierung als ein Verhalten von bestimmter Dauer verstanden) nach Möglichkeit separat einen gewissen Einfluss ausüben – anstatt wie beim Einheitenzählversuch auf die Frequenz des rhythmischen Verhaltens in seiner Gesamtheit – führte dazu, jede einzelne Einheit als eine Reaktion auf einen vorgegebenen Reiz separat zu steuern. Die verschieden langen Einheiten sollten in einer linearen Abfolge nacheinander mehrfach auftreten, so dass wieder die Summe aller Einheitsdauern, d.h. die Dauer jeder einzelnen Einheit multipliziert mit der Häufigkeit ihres Vorkommens, der Gesamtdauer der längeren Produktion entspricht. Denn da nach den theoretischen Überlegungen nicht erwartet wurde, dass

die längeren Dauereinheiten ganzzahlige Vielfache der kürzeren seien, da vielmehr gerade ein von musikalischen Gewohnheiten her naheliegendes Taktieren vermieden werden muss, war es nicht wünschbar, Messwerte zur Erfassung der einzelnen Oszillatoren aus je vollständigen Ereignisreihen zu gewinnen. Einmal wäre dann zu bedenken, dass die Indikatoren der Oszillatoren auf allzu periphere Prozesse abgestellt werden müssten, welche für den Aufbau der inneren Uhr geringe Relevanz haben, und welche zudem unter grosser Unsicherheit willkürlich ausgewählt werden müssten. Ferner wäre es dann nicht mehr möglich. einzelne Oszillatoren einigermassen separat zu beeinflussen, da sofort das ganze Gefüge der übrigen Oszillatoren, die wirklich gleichzeitig registriert würden, mit beeinflusst wäre. Durch die Beschränkung auf eine lineare Abfolge von Intervallen, wobei allerdings stets nur eine Komponente der inneren Uhr aufs Mal manifest wird, wird also ermöglicht, jede Komponente ein Stück weit isolierter in den Griff zu bekommen: anderseits vergrössert sich dadurch natürlich die Unsicherheit der die einzelnen Komponenten charakterisierenden Schätzwerte. Das Verhältnis des vollständigen Prozesses der hypothetischen multiplen Uhr zu der im Experiment erfassten Verhaltensmanifestation ist in Abbildung & veranschaulicht. Die einzelnen Uhrkomponenten a,b,c,d,... sind je vollständig oszillatorische oder quasiperiodische Prozesse; die im Experiment erfassbare Manifestation M enthält nur Auszüge aus einzelnen Abschnitten dieser Teilprozesse. Doch dürfte ein längerer Auszug M unter der Voraussetzung, dass die Frequenzen der Teilprozesse stationär sind, dennoch das Insgesamt der Teilprozesse hinreichend genau charakterisieren.

Abbildung 6

M

Verhältnis von mehreren hypothetischen Teilprozessen (Oszillatoren) der multiplen Uhr (a, b, ...) zu der im Experiment erfassten Manifestation (M) des Zeitverhaltens.



## Ablauf des Grundversuchs

Die beschriebene experimentelle Strategie wurde wie folgt operationalisiert. Vp sitzt an einem Tisch, der vor einem doppelt verglasten Fenster (53 x 53 cm) in der Wand zum Kontrollraum steht. Bis auf einen schmalen Durchblick am oberen Rand ist das Fenster durch einen Rückprojektionsschirm abgedeckt. Unter dem Tisch befindet sich ein Lautsprecher, auf dem Tisch ein Mikrofon, ein grünes Kontrollicht und das Reaktionsgerät. Blickkontakt ist nur der stehenden Vp möglich; akustische Kommunikation mit dem Vl erfolgt über eine Gegensprechanlage. Das Reaktionsgerät – ein flaches Kästchen – enthält einen Mikroschalter und in einem kreisrunden Ausschnitt von 32 mm Durchmesser eine Aluminiumplatte. An einem flexiblen Kabel ist eine Prüfspitze ähnlich einem Federhalter angeschlossen

Die <u>Instruktion</u> lautet sinngemäss wie folgt.

Vp ist schon vor dem Versuch darüber orientiert worden, dass es um Versuche über das Zeitverhalten geht; es seien Bilder anzuschauen, und das sei einerseits schon ein wenig langweilig, anderseits aber auch nach dem Urteil der früheren Teilnehmer am Versuch ganz erstaunlich interessant. Die Vp weiss ferner, dass sie während mehrerer (2 bis 4) Wochen jeden Tag eine gut einstündige Sitzung absolvieren wird. Für ihre Arbeit wird sie angemessen entschädigt. Vor Beginn des ersten Versuches wird der Vp auch im Kontrollraum, wo sich später der Vl aufhält, die Anordnung der Instrumente gezeigt, und es wird ihr erklärt, dass die Geräte im Prinzip eine komlizierte Uhr darstellen, welche das Zeitverhalten der Vp messe und auswerte. Für genauere Erklärungen über den Zweck der Experimente wird auf die Zeit nach Abschluss der Versuchsreihe verwiesen.

Am Versuchstisch wird dann erklärt und demonstriert, dass das grüne Kontrollicht jeweils aufleuchte, sobald der Vl im Nebenzimmer für einen weiteren Versuch bereit sei. Die Vp könne dann den Versuch nach ihrem Belieben durch einen Druck auf den kleinen Knopf am Reaktionsgerät selber starten. Unmittelbar erscheint auf dem Schirm in einem kreisrunden Ausschnitt von 27 cm Durchmesser eine Anordnung von Licht-

punkten. Durch kurzes Berühren der Aluminiumplatte mit der Prüfspitze könne die Vp exakt den Zeitpunkt des Bildwechsels bestimmen. Jede Berührung bringt unmittelbar ein neues Bild zur Projektion. Folgt eine Berührung der vorhergehenden allzu rasch (vor Ablauf von 3/10 sec), so bleibt sie allerdings wirkungslos. Ein erneuter Druck auf den kleinen Knopf beendigt dann den Versuch. Kurz danach erlischt auch das grüne Kontrolllicht; das bedeutet für die Vp den Beginn einer Pause bis zum nächsten Versuch.

Die Vp macht sich nun mit der Versuchssituation vertraut, indem sie einige Male einen Versuch startet, eine Reihe von Bildern anschaut und den Versuch beendigt. Dann wird ihr zunächst die Aufgabe des Dauerkodierens erklärt: "Wie Sie sehen. können Sie die Bilder nach Ihrem Belieben für längere oder kürzere Dauer betrachten. Nun möchte ich, dass Sie die Bildwechsel nach einem ganz bestimmten Prinzip ansetzen. Sie haben gesehen, dass die Lichtpunkte auf den Bildern mehr oder weniger dicht auftreten, d.h. im jeweiligen Bildausschnitt erscheinen mehr oder weniger Lichtpunkte und sie sind näher oder weiter voneinander entfernt. Je dichter nun die Lichtpunkte sind, desto länger sollen Sie das betreffende Bild betrachten. Bilder mit spärlich und weit verstreut angeordneten Lichtpunkten betrachten Sie also nur kurze Zeit; bei mittlerer Lichtpunktdichte wählen Sie eine mittellange Betrachtungsdauer; und wenn die Punkte sehr dicht angeordnet sind, so schauen Sie das Bild für längere Zeit an. Wir werden das nun für einige Zeit üben; denn Sie sollten dazu kommen, dass Ihre Betrachtungsdauern der Bilder dem jeweils dargestellten Dichtegrad der Lichtpunkte genau proportional ist. 2 Am Anfang wird Ihnen das einige Mühe machen, und Sie werden häufig hinterher das Gefühl haben, dass

In späteren Versuchsanordnungen wurden Konfigurationen auf einem Kathodenstrahl-Oszillographen eingesetzt. Vgl. unten Experiment IV.

Bei der Hälfte der Vpn wurde umgekehrte Proportionalität instruiert.

Sie dieses Bild eigentlich länger oder kürzer hätten betrachten sollen. Mit der Zeit werden sich aber die Betrachtungs-dauern auf ganz bestimmte Werte einspielen, die Ihnen ganz besonders gut liegen. Dieses "Kodieren" von Dichtegraden in Betrachtungsdauer wird dann wie von selbst funktionieren, ohne dass Sie ihm noch besondere Aufmerksamkeit schenken. Bitte verwenden Sie dabei also keine Hilfsmittel des Taktierens, inneren Zählens oder dergleichen. Die Aufgabe ist ja nicht schwierig, nach einiger Übung wird das wie im Schlaf gehen."

Nachdem die Vp dieses Kodieren für einige Zeit geübt hat. wird ihr auch die Aufgabe der Produktion der längeren Dauer erklärt. Es wird gesagt, dass ein "Versuch" vom Knopfdruck am Anfang bis zum Knopfdruck am Ende nun jeweils genau s min. dauern soll, und zwar gemessen mit der "inneren Uhr" der Vp. Alle Uhren werden aus dem Gesichtsfeld der Vp entfernt. Es wird erklärt, dass die meisten Leute ziemlich genau wissen, wann z.B. 10 min vorbei sind. Durch Üben könne man die Genauigkeit dieser Schätzung sehr stark verbessern. Der VI werde also am Anfang nach jedem Versuch sagen, wie lange der Versuch tatsächlich gewesen sei. Dadurch werde die Vp in die Lage versetzt, ihre Schätzung zu korrigieren und nach und nach immer genauer allein mit Hilfe ihrer "inneren Uhr" die Versuchsdauer von genau s min bestimmen. Für s wird die für die betreffende Vp gewählte Anzahl Minuten eingesetzt. Auch hier sollten keine Tricks wie stilles Zählen oder dergleichen verwendet werden. Die Vp solle vielmehr gewissermassen den "Fluss der Zeit" nachfühlen; sie "wisse" dann ganz selbstverständlich, wann die s min vorbei seien und der Versuch beendet werden müsse. Im Anschluss an die ersten Versuche jeder Vp wurde unter Verwendung eines Tonbandgerätes, dessen Verstärker als Gegensprechanlage eingesetzt werden, ein introspektives Protokoll aufgenommen. Zunächst sollte die Vp alle ihr aufgefallenen äusseren und innerem Bedingungen während des Versuchs mitteilen. Erst nachher wurde ihr die tatsächliche Dauer des Versuchs mitgeteilt, und die Vp sollte diese im Verhältnis zu ihren Erlebnissen während des Versuchs kommentieren. Wenn die Vp diese Instruktionen verstanden hatte, wurde mit den Versuchen begonnen, ohne dass für die

Vp ein Unterschied zwischen Übungsversuchen und eigentlichen Versuchen erkennbar war.

Im Laufe einer Versuchssitzung wurden je nach dem vorgegebenen Standard szwischen 6 und 40 einzelne Versuche durchgeführt. Gewöhnlich wurde nach etwa der Hälfte des vorgesehenen Programms eine 10 minütige Pause eingefügt. In der Regelwurde an jedem Versuchstag nur ein Standardintervall verwendet. Die ersten paar Versuche wurden als Probierversuche betrachtet; Rückmeldungen über die tatsächliche Dauer der längeren Produktionen wurden nur am Anfang jeder Sitzung und nur solange gegeben, als die Vp sich unsicher fühlte. In die Auswertung werden jedoch nur solche Versuche einbezogen, denen nicht unmittelbar eine Rückmeldung vorangeht.

Für jeden einzelnen Versuchstag wurde im voraus ein Versuchsprogramm festgelegt, in dem die Zusammensetzung der vorgegebenen Reize von Versuch zu Versuch systematisch und in zufälliger Reihenfolge variiert wurde. Dies wurde im Grundversuch durch Auswechseln von vorbereiteten Dia-Kassetten erzielt; in den späteren Versuchen wurde eine wesentlich erhöhte Flexibilität des Reizangebotes mit Hilfe elektronischer Programmierung erreicht. Als <u>Versuchspersonen</u> dienten Hausfrauen und Studenten, die sich auf ein Inserat in einer Tageszeitung gemeldet hatten.

Zum Verständnis der Versuchsanordnung ist wichtig, dass die Vp in der Wahl der Dauer der einzelnen Betrachtungsdauern völlig frei ist. Es wurde streng vermieden, durch Vormachen irgend-welche bestimmten Intervalle nahezulegen. Es wurde nur wieder-holt an den ersten Versuchstagen darauf hingewiesen, dass Vp Betrachtungsdauern wählen solle, welche sie unter möglichst geringem Aufwand, möglichst bequem, stets wieder für gleiche Lichtpunktdichten gleich lang machen könne. Vp möge ruhig ein bisschen herumprobieren, mal etwas länger, mal etwas kürzer, bis sie die günstigsten Werte gefunden habe, die sie immer wieder in gleicher Weise wiederholen könne. Dementsprechend wurden grössere Schwankungen der Betrachtungsdauern in der Übungsphase beobachtet, während nach 2 bis 8 Tagen (es scheinen

in dieser Hinsicht beträchtliche Individualunterschiede zu bestehen. welche möglicherweise Indikationswert im Hinblick auf Konstrukte wie Extraversion im Sinne von EYSENCK, 1967, haben) das Zeitverhalten sich deutlich stabilisierte. Der Bereich der spontan gewählten Betrachtungsdauern erstreckte sich von der Grössenordnung einer Wahlreaktionszeit (selten kleiner als 300 msec) bis zu einem Maximum von 12 sec. Gewöhnlich wurden am Anfang der Übungsphase relativ länger dauernde Betrachtungsintervalle gewählt, die sich dann bald etwas verkürzten; in der auswertbaren Versuchsphase wurden selten Betrachtungsintervalle von über 7 sec Dauer gewählt. Es ist naheliegend, hierin eine Wirkung zu sehen, welche die gewählten Versuchsumstände auf das Zeitverhalten ausüben und mit denen man sich als beorenzende Bedingungen abzufinden hat. Natürlich wäre es erwünscht, auch Oszillatoren mit längeren und kürzeren Perioden als der erwähnten Grössenordnung zu operationalisieren; dafür müssen aber andersartige Versuchsanordnungen entworfen werden.

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass von den 10 Vpn nur eine unter der an sich beträchtlichen Monotonie der Kodiertätigkeit gelitten hat; und auch diese war nicht bereit aufzugeben. Die grosse Mehrzahl der Vpn hat die Kodiertätigkeit als eine stark herausfordernde, zwar simple, elementare, aber vielleicht gerade deshalb förmlich faszinierende Aufgabe erlebt. Um die Aufmerksamkeit der Vpn vom zeitlichen Aspekt des Dauerkodierens etwas abzulenken, wurde denn auch durch gelegentliche Hinweise des Vl in der Übungsphase der Leistungscharakter der Aufgabe in den Vordergrund gestellt. Unter gleichzeitiger Betonung, dass natürlich immer hie und da ein Fehler in Kauf genommen werden müsse, wurde in den ersten Versuchen und später vereinzelt darauf hingewiesen, wenn Vp ein Bild mit grosser Lichtpunktdichte ungewöhnlich kurz (bzw. umgekehrt) betrachtet hatte.

## Reizvorlagen des Grundversuchs (Lichtpunktdichte)

Die beschriebene Versuchsanordnung verlangt ein Reizmaterial, welches besonders den folgenden fünf Forderungen genügen muss:

- a) das Material muss in einer deutlich erkennbaren Reizdimension variieren und aber doch die Identität der einzelnen Vorlage offen lassen, damit nicht Antwort-Stereotypien entstehen.
- b) durch Auswechseln eines Teils der Vorlagen müssen verschiedene Verteilungen des Reizmaterials in der kritischen Reizdimension leicht herzustellen sein, um so die erwünschte Variation der Verteilung der Kodierdauern zu erreichen.
- c) um eine systematische Wirkung von andern Eigenschaften des Materials neben der kritischen Reizdimension zu vermeiden muss das Material möglichst homogen sein.
- d) anderseits muss es "interessant" sein, das Interesse der Vp stets in gleicher Weise wachhalten.
- e) da die einzelnen Vp über lange Zeit immer wieder mit dem Material konfrontiert wird, wäre eine Variationsmöglichkeit, die alle kritischen Eigenschaften bezüglich der Verteilung in der Reizdimension unverändert lässt, besonders erwünscht.

Diesen Forderungen liess sich zunächst am besten durch einen Satz von Kleinbild-Diapositiven entsprechen. Die Bilder stellen Zufallsanordnungen von Lichtpunkten in verschiedenen Dichtegraden dar. Durch Auswahl bestimmter Häufigkeiten der dargebotenen Dias wurden verschiedene Verteilungen des Reizmaterials zusammengestellt.

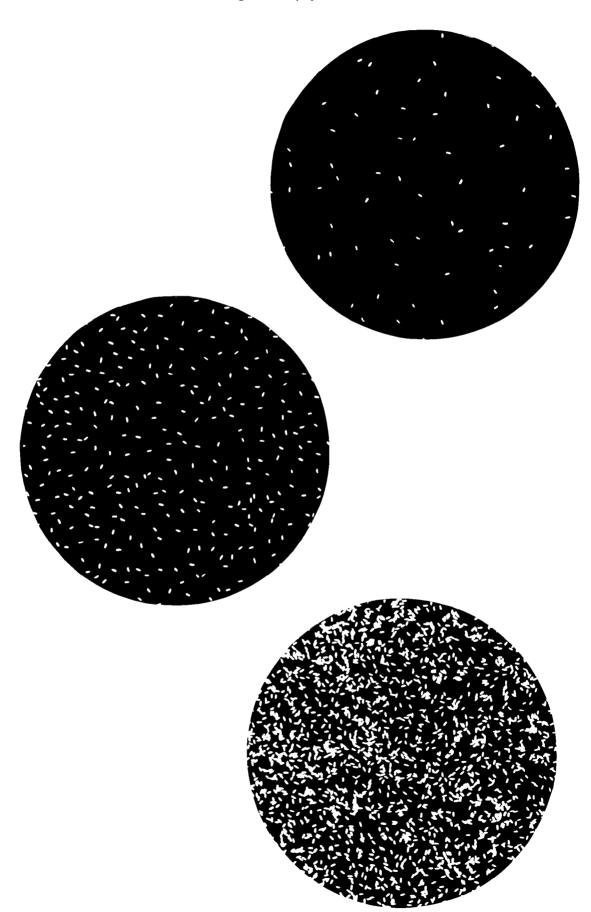
Bei den verwendeten Dia-Projektoren (Kodak-Carousel) können Endlos-Kassetten für 81 Dias eingesetzt werden. Der Dia-Wechsel nimmt etwa 1 sec in Anspruch; um eine kürzere Kodierdauer von etwa 1/3 sec zu gewährleisten, müssen drei Projektoren eingesetzt werden. Diese Umstände legen einen Aufbau des Dia-Satzes in Vielfachen der Zahl 3 nahe. Es werden Dias in 9 Dichtegraden in geometrischer Progression, jeder Dichtegrad in 3 verschiedenen Zufallsanordnungen, hergestellt.

Tabelle 6

Die im Grundversuch verwendeten Verteilungen der Lichtpunkt-Dichtegrade (relative Häufigkeit des Vorkommens von 9 Dichtegraden).

|    | nung und Form<br>erteilung |      |      |             | ade (i | n geom | etrisc | her Pr | ogress        | ion) |
|----|----------------------------|------|------|-------------|--------|--------|--------|--------|---------------|------|
|    |                            | 1    | 2    | 3           | 4      | 5      | 6      | 7      | 8             | 9    |
| aa |                            | 18.5 | 14.8 | 0           | 7•4    | 21.0   | 4499   | 23.4   | 9•9           | 0    |
| bb |                            | 18.5 | 14.8 | 0           | 4.9    | 21.0   | 7•4    | 0      | - <b>9</b> .9 | 23.4 |
| ab |                            | 24.7 | 7•4  | .: <b>o</b> | 6.2    | 21.0   | 6.2    | 12.3   | 9.9           | 12.3 |
| ba | $\Lambda \Delta D$         | 12.3 | 22.2 | 0           | 6.2    | 21.0   | 6.2    | 11.1   | 9•9           | 11.1 |
|    |                            |      |      |             |        |        |        |        |               |      |
| cd |                            | 18.5 | 12.3 | 6.2         | 12.3   | 1.2    | 12.3   | 6.2    | 12.3          | 1825 |
| fg |                            | 0    | 7•4  | 18.5        | 12.3   | 23.4   | 12.3   | 18.5   | 7.4           | 0    |
| cf |                            | 18.5 | 9•9  | 12.3        | 12.3   | 12.3   | 12.3   | 12.3   | 9.9           | 0    |
| df |                            | 0    | 9.9  | 12.3        | 12.3   | 12.3   | 12.3   | 12.3   | 9•9           | 18.5 |
|    |                            |      |      |             |        |        |        |        |               |      |

Abbildung 7
Lichtpunktdichte-Muster: Dichtegrade 2, 5 und 8.



Ein Pfund Reis wurde halbiert, und eine der Hälften jeweils wieder halbiert, insqesamt 8 Mal, sodass 9 unterschiedlich grosse Mengen Reiskörner entstanden. Die eine der beiden letzten Hälften wurde auf einem Stück schwarzen Samt (70 x 110 cm) oleichmässig ausgestreut, mit dem Licht von 3 Dia-Projektoren flach überflutet und aus einer Entfernung von 150cm mit einem schwarz-weissen Umkehrfilm (16 DIN: Blende 5.6: Belichtungszeit 1/5 sec) aufgenommen. Die Körner wurden von einem vibrierenden Kartonstück aus einiger Höhe auf den Samt gestreut; deutlich sichtbare Stellen geringerer oder übermässiger Dichte, die der Vp ein Wiedererkennen des Bildes erlauben würden, wurden von Hand im Sinne einer übergleichmässigen Zufallsanordnung ausgeglichen. Für je einen Drittel der Aufnahmen mit demselben Dichtegrad wurde eine neue Zufallsordnung hergestellt. Für den nächsthöhern Dichtegrad wurde jeweils dieselbe Menge Reiskörner hinzugefügt.

Die Vp bekam in Rückwärtsprojektion unter Tageslichtbedingungen jeweils nur einen Ausschnitt aus einem Dia zu sehen. Durch verschieben der gesamten Projektor-Anordnung in bezug auf den Projektionsschirm konnte leicht ein anderer Ausschnitt der Dias dargeboten werden; hierbei bleiben aber die absolute Dichte der Lichtpunkte im Rahmen der Zufallsvariation sowie die Verteilung der Dichtegrade erhalten. Ferner konnte durch Brennweitenverstellung der Projektor-Objektive die absolute Dichte der Lichtpunkte vergrössert oder verkleinert werden; hierbei änderte sich entsprechend auch die Grösse der Lichtpunkte selber, die Verteilung der Dichtegrade in der ausgewählten Serie bleibt aber wiederum erhalten. Die Verteilungen der Dichtegrade sowie die für das Verhalten der Vp relevanten Lichtpunkt-Dichtegrade der 9 Dichtegradklassen sind in Tabelle 6 zusammengestellt. Die Reizvorlagen (vgl. Beispiele in Abb.7 ) gleichen ein wenig einem dicht übersäten Sternenhimmel. Es wurde erwartet. dass die immer wieder neuen Konstellationen der Lichtpunkte ein gewisses Interesse der Vp wachhalten.

#### Messung des Zeitverhaltens

Unter der beschriebenen Anordnung resultiert jeder einzelne Versuch in zwei Datensätzen, welche entsprechend der experimentellen Strategie miteinander in Beziehung gesetzt werden können. Auf der einen Seite ergibt sich eine Masszahl für die Geschwindigkeit der inneren Uhr insgesamt während des Versuchs, nämlich die Dauer der längeren Produktion des Standards smin. Entsprechend den in der Darstellung von Experiment I geschilderten Regeln wird ein Quotient Produktion devidiert durch Standard berechnet und dieser anschliessend logarithmisch transformiert. Auf der andern Seite ergeben sich durch das Dauerkodieren in jedem Versuch eine wechselnde Anzahl von kürzeren und längeren Betrachtungsintervallen.

In Vorversuchen war zunächst versucht worden, diese Intervalle einzeln zu messen und anschliessend statistisch zu verarbeiten. Es zeigte sich aber bald, dass solche Messungen nur mit einem beträchtlichen technischen Aufwand sinnvoll bewältigt werden könnten. Man müsste entweder über so viele einzelne Uhren verfügen, wie im Laufe einer längern Produktion einzelne Bilder betrachtet werden, bzw. es müsste für eine fortlaufende (z.B. graphische) Registrierung der Dauer der einzelnen Intervalle gesorgt werden. Die Auswertung solcher Rohdaten war aber derart aufwendig, und es war insbesondere auf diese Weise unmöglich, jeweils am Ende eines Versuchs einen Gesamteindruck über das Zeitverhalten während des betreffenden Versuchs und damit eine Kontrollmöglichkeit der experimentellen Bedingungen für die Beeinflussung einzelner Oszillatoren zu erhalten, dass andere Wege der Registrierung gesucht werden mussten.

In der Nuklearphysik und in der Neurophysiologie stellen sich analoge Probleme der statistischen Verarbeitung von Impulsfolgen im Hinblick auf die zwischen den einzelnen Impulsen gemessenen Zeitintervalle. Es sind zu diesem Zweck elektronische Datenanalysatoren entwickelt worden mit speziellen Einrichtungen, welche die unmittelbare Verarbeitung von Impulsfolgen in Häufigkeitshistogramme der Intervalldauer ermöglichen. Diese Analysatoren sammeln und speichern also die

Häufigkeit des Vorkommens von Intervallen unterschiedlicher Dauer. wobei die Feinheit der Gradierung in weiten Grenzen programmiert werden kann. Der grösste Vorteil dieser Geräte in Rücksicht auf das erwähnte Problem des Aufsuchens optimaler Reizbedingungen besteht darin, dass unmittelbar nach Versuchsende das resultierende Intervall-Histogramm auf einem Oszilloskop dargestellt und beurteilt werden kann. Für die spätere Analyse sind die Histogramme vieler Versuche in einem Kernspeicher bzw. Magnetband gespeichert, und sie können sowohl in grafischer wie auch in numerischer Form jederzeit wieder zur Darstellung gebracht werden. Besonders in dem explorativen Stadium, in dem die beschriebenen Versuche zur multiplen Uhr stehen, erweist sich als ungemein wertvoll, dass auf dem Oszilloskop mehrere Histogramme aus verschiedenen Versuchen miteinander zu Vergleichszwecken dargestellt werden können.

Für unsere Zwecke konnte ein unter der Bezeichnung CORRELATRON 1024 von der Firma LABEN (Laboratori Elettronici e Nucleari) in Mailand hergestellter Signal-Analysator verwendet werden. Dieses Gerät besteht aus einem Kernspeicher mit 1024 Adressen für je 6 Dezimalstellen sowie geeigneten Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen. Auf der Eingabeseite ist eine Programmiereinheit wesentlich, welche die Einstellung der Gradierung der in den Histogrammen verwendeten Zeitskala erlaubt. In den nachstehenden beschriebenen Versuchen wurde meistens ein Raster von 50 msec (selten 100 msec) verwendet. Die Herstellung der Häufigkeitshistogramme kann man sich so veranschaulichen, dass zunächst eine lineare Anordnung von leeren Kernspeicheradressen besteht. Der erste Impuls, der den Beginn des ersten Betrachtungsintervalls angibt, löst nun einen Prozess aus, derart dass eine Marke (als Lichtpunkt auf dem Oszilloskop sichtbar) gewissermassen von Adresse zu Adresse wandert, und zwar alle 50 msec einen Schritt in der linearen Abfolge weitergeht. Sobald der zweite Impuls, der zugleich das Ende des ersten und den Beginn des zweiten Betrachtungsintervalls bedeutet, eintrifft, hält die Marke an, es wird bei der betreffenden Adresse die Zahl eins addiert,

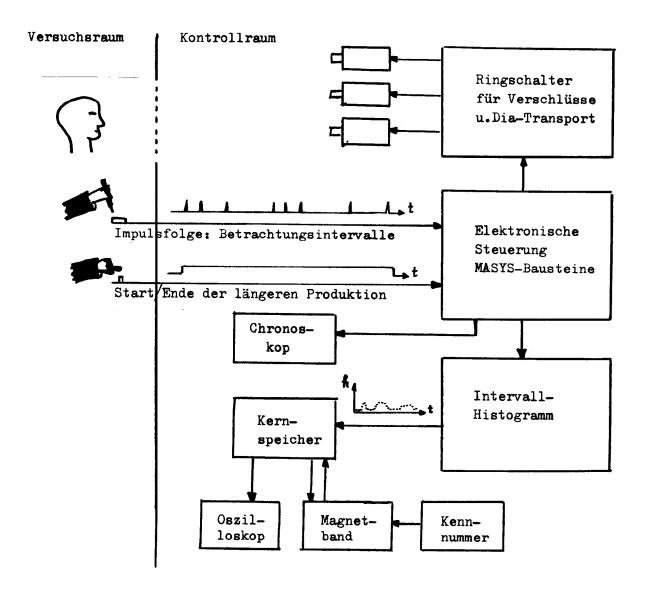


Abbildung 8
Schema der Versuchsanordnung

und die Marke beginnt augenblicklich eine neue "Wanderung" bei der Adresse "O". Der nächste Impuls und alle folgenden bewirken ebenfalls Additionen von 1 in stets gerade jenen Adressen, welche von der Adresse "O" so weit entfernt sind, wie der Dauer des Intervalls seit dem letzten Impuls entspricht.

Am Ende eines Einzelversuchs ist also im Kernspeicher ein Spektrum vorhanden, welches die Häufigkeit aller unterschiedlich langen Betrachtungsintervalle in Funktion der Dauer dieser Intervalle darstellt. Dieses Histogramm kann unmittelbar anschliessend auf dem Oszilloskop sichtbar gemacht werden.

(Vgl. Abbildung 8)

Die Summe aller Betrachtungsintervalle aneinandergereiht (bzw. die Summe der Produkte aus Häufigkeit und Dauer) entspricht der Dauer der längeren Produktion. Diese wird ebenfalls direkt mit Hilfe eines FAVAG-Synchron-Chronoskops gemessen.

Zum Zweck der späteren Verarbeitung können die Histogramme auf einem Magnetband mit einer Kennummer versehen gespeichert und jederzeit wieder in den Kernspeicher eingelesen werden. Vom Oszilloskop-Bild können fotografien angefertigt, zur genaueren Analyse können aber auch die Histogramme aus dem Kernspeicher auf einer Schreibmaschine in digitaler form ausgedruckt werden. Erwähnenswert ist noch die Möglichkeit, beim Rücklesen vom Magnetband in den Kernspeicher einfache Rechenvorgänge an den Gesamtspektren vorzunehmen. So können insbesondere durch Additionen und Subtraktionen mehrere Einzelspektren miteinander kombiniert werden, um so die Zufälligkeiten, die beim einzelnen Versuch wirksam sind, in der Summe (bzw. dem Durchschnitt) mehrerer unter gleichen Bedingungen durchgeführter Einzelversuche auszugleichen. Ferner sind auch Integrations- und Differentiationsoperationen möglich.

Nachzutragen ist noch, dass die gesamte Steuerung der Reizdarbietungs- und der Zeitmesseinrichtung mit Hilfe von steckbaren elektronischen Programmsteuerungs-Bausteinen (Marburger Systembausteine MASYS, vertrieben durch das Apparatezentrum der Testzentrale des Berufsverbandes Deutscher Psychologen in Stuttgart) aufgebaut wurde.

#### Ergebnisse von Vorversuchen

In Versuchen mit 2 Vpn unter Reizbedingungen <u>aa</u>, <u>bb</u>, <u>ab</u> und <u>ba</u> der Tabelle 6 wurde zunächst einmal bestätigt, dass der Grundversuch in der vorgesehenen Weise überhaupt durchführbar war. Auch wurden in diesen Versuchen die näheren Versuchsbedingungen, sowohl was die günstigste Instruktion wie was die geeignetsten Messparameter betrifft, so herausgearbeitet, wie sie vorstehend beschrieben worden sind. Für die längere Produktion wurden hierbei Standards von 5 min verwendet.

Es zeigte sich bald einmal, dass in einem einzelnen Versuch zuviele unkontrollierbare Einflüsse wirksam waren, als dass es möglich gewesen wäre, die LDQ-Werte einzelner unterschiedlicher Spektren einander gegenüberzustellen. Deshalb wurden im Hinblick auf die Kontrolle von Verlaufseffekten die Versuche im allgemeinen so angelegt, dass pro Tag jeweils zwei Reizverteilungen in ausgewogener Reihenfolge dargeboten wurden, z.B. (aa, aa, ab, ab, ab, ab, aa, aa) oder (ab, ba, ba, ab; ba, ab, ab, ba). In der vorausgehenden Einübungsphase wurden die verschiedenen Reizverteilungen zumeist in zufälliger Reihenfolge angeboten.

Bei der Planung der Versuche war erwartet worden, dass auch die spontanen Variationen des Zeitverhaltens, insofern sich die Häufigkeitshistogramme einzelner Versuche voneinander unterscheiden, im Verhältnis zu den entsprechenden LDQ-Werten eine gewisse Systematik aufweisen würden. Dies wäre insbesondere für die Planung weiterer Versuche ausserordentlich wertvoll gewesen. Doch haben intensivste Bemühungen, solche irgendwie gearteten Abhängigkeiten zwischen LDQ und verschiedensten Charakteristika der einzelnen Häufigkeitshistogramme ausfindig zu machen, zu keinem Ergebnis geführt. Bei diesen Bemühungen war einerseits von Charakteristika der Histogramme (allgemeines Bild, Lage einzelner Verteilungsschwerpunkte oder Modi unter Konstanthaltung anderer usf.) ausgegengen worden, anderseits war auch versucht worden, die Histogramme nach Rangordnungen der zugehörigen LDQ-Werte anzuordnen, um so überhaupt vielleicht gewisse Eigenheiten der Histogramme erst zu entdekken.Durch diesen Misserfolg wurde die Auswertung weitgehend auf die Gegenüberstellung von Ergebnissen in Funktion der vorgegebenen Reizverteilungen zurückverwiesen.

#### Ergebnisse des Grundversuchs (Lichtpunkte)

#### A) Reizangebot aa, bb, ab und ba

Bei insgesamt 5 Vpn wurden systematische Versuche mit den Reizverteilungen der ersten Gruppe von Tabelle 6 durchge-führt. Diese Verteilungsschemata waren willkürlich und auf gut Glück unter Rücksichtnahme auf ihre Realisierbarkeit mit einer möglichst geringen Anzahl Dias entworfen worden. Es wurde angestrebt, unter weitgehender Konstanthaltung einer bleibenden Mitte (Dichtegrade 4, 5 und 6) Änderungen an den beiden Verteilungsenden miteinander zu vergleichen.

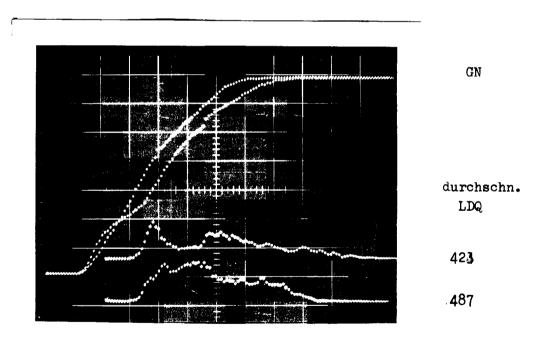
Unter allen paarweise durchgeführten Vergleichen ergab nur die Gegenüberstellung zwischen <u>aa</u> und <u>bb</u> signifikante Unterschiede in den zugehörigen LDQ-Werten. Der Unterschied des Reizangebots besteht hier im Wesentlichen darin, dass bei gleichbleibender Häufigkeit der Reize für die kurzen und die mittellangen Betrachtungsintervalle die Reize für die längeren Betrachtungsintervalle einmal sich direkt an die mittleren anschliessen (<u>aa</u>), während sie im andern Fall relativ verlängert sind (<u>bb</u>). Das Zeitverhalten der Vpn sollte dementsprechend bei <u>bb</u> mehr verhältnismässig längere Betrachtungsintervalle aufweisen. Wie die Abbildungen g bis 13 zeigen, ist dies in der Tat der Fall. Es wird bei der Betrachtung dieser 5 Histogramm-Paare deutlich, dass jede der 5 Vpn ihre eigene Art und Weise des Kodierens des bei allen Vpn gleichen Reizangebots gewählt hat.

In Entsprechung mit der Grundidee der multiplen Uhr ergeben sich bei allen Vpn mehr oder weniger ausgeprägt mehrgipflige Häufigkeitsverteilungen der Betrachtungsintervalle. Während die Komponenten der Gesamtverteilung bei den Vpn GN, DM und MH (Abb. 3, IO und II) teilweise fast ineinander überfliessen, sind bei DH und PR deutlich abgesonderte Teilverteilungen, d.h. eine weitgehende Separation der Betrachtungsintervalle, zu erkennen. Die Periodenlängen der auf diese Weise manifest gemachten Oszillatoren variiert in einem recht weiten Bereich. So sind die kürzesten Betrachtungsintervalle

Vergleich der summierten Häufigkeitshistogramme und der zugehörigen LDQ-Werte.

Vp GN, je 8 Versuche unter Reizbedingungen aa (unteres Histogramm) und bb (oberes Histogramm), an zwei verschiedenen Tagen. Die aus den Histogrammen abgeleiteten kumulativen Kurven zeigen deutlich den Unterschied des Zeitverhaltens unter den verschiedenen Reizbedingungen; die Gesamtmengen der kumulativen Kurven sind angeglichen. Standard der längeren Produktion war 5 min. Der Unterschied der LDQ-Werte ist auf dem 5%-Niveau signifikant (WILCOXON-Test).

Der Nullpunkt der Abszissenachse ist um 300 msec links vom ersten Punkt anzusetzen.

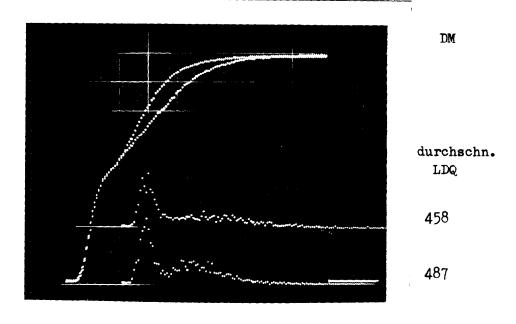


Betrachtungsintervalldauer ( 1 Teilung entspricht 300 msec)

Vergleich der summierten Häufigkeitshistogramme und der zugehörigen LDQ-Werte.

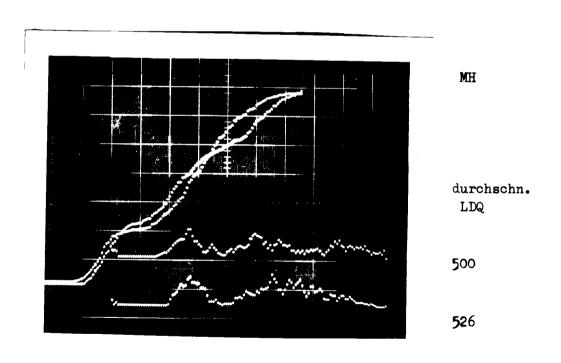
Vp DM, je 13 Versuche unter Reizbedingungen aa (unteres Histogramm) und bb (oberes Histogramm), an 4 verschiedenen Tagen. Standard der längeren Produktion ist ebenfalls 5 min. Die zugehörigen kumulativen Kurven zeigen gegenüber

Abb. etwas weniger deutliche Unterschiede des Zeitverhaltens. Der Unterschiede der LDQ-Werte ist statistisch nicht gesichert, entspricht in der Tendenz den Ergebnissen von GN. Der Nullpunkt der Abszissenachse ist um 300 msec links vom ersten Punkt anzusetzen.



Betrachtungsintervalldauer
( 1 Teilung entspricht 450 msec)

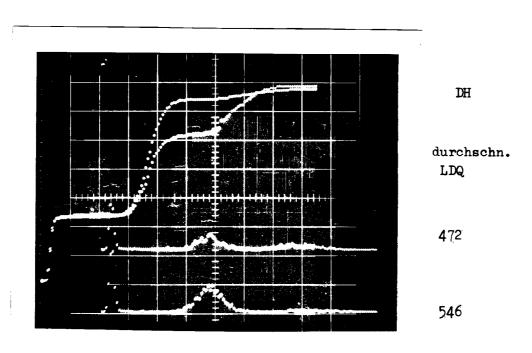
Vergleich der summierten Häufigkeitshistogramme und der zugehörigen LDQ-Werte. Vp MH, je 6 Versuche unter Reizbedingungen aa (unteres Histogramm) und bb (oberes Histogramm), an drei verschiedenen Tagen. Die beiden Histogramme sind zur Verdeutlichung des Unterschieds statistisch ausgeglichen, insofern jeder Punkt die Summe von 3 benachbarten Punkten der ursprünglichen Histogramme darstellt; die kumulativen Kurven sind Integrale der ursprünglichen Histogramme und in der Gesamtmenge einander angeglichen. Standard der längeren Produktion war 4 min. Der Unterschied der LDQ-Werte ist statistisch nicht gesichert, aber in der erwarteten Richtung. Der Nullpunkt der Abszisse ist 300 msec links vom ersten Punkt der Histogramme zu denken.



Betrachtungsdauerintervall ( 1 Teilung entspricht 600 msec)

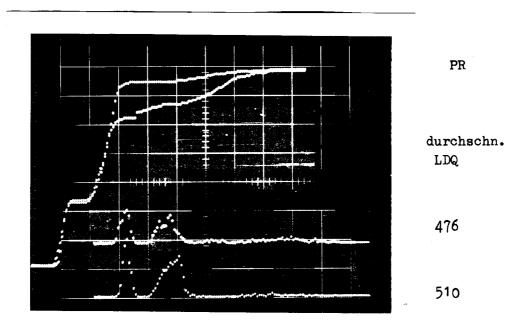
Vergleich der summierten Häufigkeitshistogramme und der zugehörigen LDQ-Werte.

Vp DH, je 15 Versuche unter Reizbedingungen <u>aa</u> (unteres H.) und <u>bb</u>(oberes Histogramm), an 5 verschiedenen Tagen. Die Gesamtmengen der kumulativen Kurven sind einander angeglichen. Unterschiede zwischen den LDQ-Werten bei den verschiedenen Reizbedingungen sind varianzanalytisch auf dem 1%-Niveau gesichert; die Unterschiede zwischen den Versuchstagen können als zufällig betrachtet werden. Standard der längeren Produktion war 4 min. Nullpunkt der Abszisse 300 msec links vom ersten Punkt.



Betrachtungsdauerintervall (1 Teilung entspricht 600 msec)

Vergleich der summierten Häufigkeitshistogramme und der zugehörigen LDQ-Werte. Vp PR, je 12 Versuche unter Reizbedingungen aa (unteres H.) und bb (oberes Histogramm), an 4 verschiedenen Tagen. Gesamtmengen der kumulativen Kurven einander angeglichen. Nullpunkt der Abszisse 300 msec links vom ersten Punkt. Standard der längeren Produktion war 4 min. Die Unterschiede zwischen den LDQ-Werten sind nicht-parametrisch auf dem 5%-Niveau signifikant (WILCOXON-Test).



Betrachtungsintervalldauer ( 1 Teilung entspricht 600 msec)

bei DH (Abb. 12 ) mit Werten zwischen 400 und 750 msec praktisch Wahlreaktionszeiten und zeigen eine sehr geringe Varianz. Angenähert trifft dies auch für die kürzesten Betrachtungsintervalle bei PR (Abb. 13 ) und DM (Abb. 10 ) zu. Bei den längeren Betrachtungsintervallen ist natürlich die Streuung beträchtlich grösser. Die längsten Betrachtungsintervalle zeigt MH (Abb. 1( ) mit Werten bis über 6 sec; auch bei DH und PR sind Intervalle bis über 5 sec feststellbar. Aus den beigefügten kumulativen Kurven (Integral des Histogramms), in denen Zufallseinflüsse weniger ablenken, sind sehr schön (besonders bei den letzten 3 Vpn) steil ansteigende Bereiche und Plateaus zu erkennen. Die Mediane der Teilverteilung lassen bei diesen Vpn auf die nachstehend zusammengestellten Statistiken schliessen:

| ۷p |              | В            | Betrachtungsdauern (in msec) |                    |  |  |  |  |
|----|--------------|--------------|------------------------------|--------------------|--|--|--|--|
|    |              | kurze        | mittle <b>re</b>             | längere            |  |  |  |  |
| MH | (aa)<br>(bb) | 2100<br>2100 | 3800<br>438                  | 60 <b>2</b> 0<br>0 |  |  |  |  |
| DH | (beide)      | 565          | 2800                         | <b>48</b> 50       |  |  |  |  |
| PR | (beide)      | 1070         | 2000                         | 4400               |  |  |  |  |

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit bei den mittleren und längeren Betrachtungsintervallen nicht um ganzzahlige Vielfache der kurzen Intervalle handelt.

Die kumulativen Kurven lassen in sehr schöner Weise die Unterschiede des Zeitverhaltens unter den beiden Reizangeboten erkennen. Unsere experimentelle Manipulation ist zunächst einmal erfolgreich gewesen, was die Induktion von verschiedenartigem Zeitverhalten betrifft. Auch hier ist im Vergleich des Zeitverhaltens der verschiedenen Vpn wieder ein ganz unterschiedliches Reagieren auf die für alle Vpn gleiche experimentelle Manipulation zu beobachten. Bei GN und PR besteht der Unterschied des Zeitverhaltens bei bb gegenüber aa praktisch nur in einer Verlagerung in Richtung auf längere Betrachtungsintervalle. Auch bei BN und MH ist eine solche Verlagerung zu beobachten; darüberhinaus hat jedoch offensichtlich die Ver-

änderung des Zeitverhaltens bezüglich der längeren Intervalle indirekt eine Veränderung bei den kürzeren Intervallen nach sich gezogen. Bei <u>aa</u> und <u>bb</u> ist jedoch das Reizangebot in bezug auf die Dichtegrade 1 und 2 völlig identisch (vgl. Tabelle 6). Dennoch zeigen die Histogramme und deutlicher noch die Kreuzung am Anfang der kumulativen Kurven, dass bei bb auch mehr relativ kürzere Betrachtungsintervalle getätigt worden sind. Da weder durch Reizangebot noch durch Instruktion eine derartige Veränderung der kurzen Betrachtungsdauern verursacht sein kann, muss diese auf innere Bedingungen des Zeitverhaltens zurückgeführt werden. Auf dem Hintergrund der theoretischen Überlegungen zur multiplen Uhr scheint hier ein Indiz für den Systemcharakter des Insgesamts der Komponenten der inneren Uhr vorzuliegen. Auch bei PR ist bei genauerem Hinsehen eine ähnliche indirekte Beeinflussung der kurzen Betrachtungsintervalle festzustellen, insofern bei bb wenigstens deren Streuung im Vergleich mit aa vergrössert erscheint. Bei DH hingegen sind wahrscheinlich die kurzen Intervalle gar nicht beeinflusst: ist dies deshalb, weil sie als Wahlreaktionszeiten von den Zeitverhaltungsbedingungen nur minimal abhängig sind? Ein anderer Aspekt des Systemcharakters kommt im Zeitverhalten der Vp DH zum Ausdruck. Auf den ersten Blick scheinen dort die längeren Intervalle bei bb gegenüber den längeren bei aa eher verkürzt als gemäss Reizangebot verlängert zu sein. Wie die kumulativen Kurven zeigen sind aber tatsächlich Streubereich und Zentralwerte der Teilverteilungen für mittlere und längere Betrachtungsintervalle bei aa und bb weitgehend gleich. Was wirklich geschehen ist, ist eine blosse Verlagerung der relativen Häufigkeit der Zuordnung eines gegebenen Reizes zu den mittellangen oder zu den langen Betrachtungsdauern. M.a.W. das Oszillatorensystem dieser Vp enthält so stark autonome Komponenten, dass im Zeitverhalten unter den Bedingungen dieses Experiments nur sehr selten Betrachtungsintervalle von einer Dauer auftreten, welche zwischen der Periodenlänge von zwei benachbarten Oszillatoren liegt. Die Vp zieht es unter Reizangebot aa vor, den grössten Teil der gemäss Instruktion als "lang" zu kodierenden Bilder nur mittellang zu betrachten, und erst wenn die Zahl der Bilder mit deutlich extremer Licht-

Tabelle 7

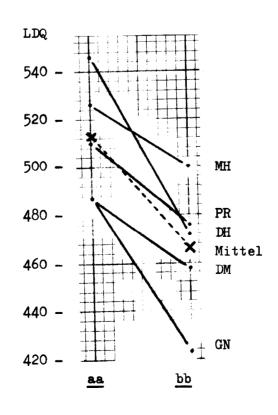
Varianzanalyse der LDQ-Werte von 5 Vpn im Grundversuch zwischen den Reizbedingungen aa und bb (vgl. Abb. 9 bis 13 ).

# a) Varianzanalyse

| Ursache                  | FG  | DQ     | F     | p    |
|--------------------------|-----|--------|-------|------|
| Zwischen Vpn             | 4   | 11'408 | 3.05  | < 5% |
| Innerhalb Vpn            | 109 | 3'735  | •     | •    |
| Zwischen Reizbedingungen | 1   | 61'973 | 21.81 | < 1% |
| Reize x Vpn              | 4   | 2'841  | -     | n.s. |
| Innerhalb Tafelfelder    | 104 | 3'210  | •     | •    |
| Insgesamt                | 113 | •      | •     | •    |

# b) Mittelwerte

| Reizbedingung |     | Gesamt- |     |     |     |        |
|---------------|-----|---------|-----|-----|-----|--------|
|               | GN  | DM      | MH  | DH  | PR  | mittel |
| aa            | 487 | 487     | 526 | 546 | 510 | 513    |
| bb            | 423 | 458     | 500 | 472 | 476 | 466    |



punktdichte unter <u>bb</u> grösser wird, reagiert sie häufiger in Funktion des Oszillators mit der nächstgrösseren Periodik. Selbstverständlich sind diese Überlegungen in Anbetracht der Dürftigkeit der ihnen zugrundeliegenden Fakten zunächst nur von heuristischer Bedeutung; die Fakten bekräftigen einzig die allgemeine Feststellung vom Systemcharakter des Zeitverhaltens.

Entscheidend für diese erste empirische Überprüfung des Modells der multiplen Uhr ist nun die Frage der Relevanz des experimentell induzierten unterschiedlichen Zeitverhaltens für die längeren Produktionen. Wie die Zusammenstellung der Tabelle 7 und die beigefügte grafische Darstellung belegen, kann die Nullhypothese, dass zwischen den Reizbedingungen aa und bb keine Unterschiede der LDQ-Werte bestehen, mit weniger als 1% Irrtumswahrscheinlichkeit zurückgewiesen werden. Die LDQ-Werte aller 5 Vpn zeigen Unterschiede in derselben Richtung: Je mehr längere Betrachtungsintervalle während eines Versuchs, desto kürzer wird die Produktion. Oder etwas genauer ausgedrückt: Wenn man die Produktion einer Dauer in der Grössenordnung von 4 bis 5 min durch ein Zeitverhalten strukturiert, in welchem Betrachtungsintervalle in der Grössenordnung zwischen einer halben und bis zu 5 bis 7 sec vorkommen, dann bewirkt eine Verlagerung des Zeitverhaltens auf relativ längere Betrachtungsintervalle eine verhältnismässige Verkürzung der Produktion.

Dieses Resultat kann im Rahmen der Einheitenzähltheorie nicht - oder nur unter Beizug komplizierter Zusatzannahmen - erklärt werden. Man würde entsprechend unseren früheren Überlegungen erwarten müssen, dass eine relative Verlängerung von kurzen Teilstücken einer Produktion, insofern solche umso direkter mit der Basiseinheit der Dauer zusammenhängen müssen, je kürzer sie sind, ebenfalls zu einer Verlängerung der Produktion führt. Das Zeitverhalten und die längere Produktion unserer Vpn ist also jedenfalls nicht allein durch eine Verlängerung der Einheitsdauer zu erklären. Anderseits wäre es denkbar, irgendeine Besonderheit des Zählmechanismus zu postu-

lieren, welche für die in den Resultaten erscheinende Kompensation verantwortlich wäre. In Anbetracht der erwähnten Indizien für den Systemcharakter des gesamten Zeitverhaltens unserer Vpn scheint mir ein solches Bemühen wenig aussichtsteich.

Interessant ist weiter der Umstand, dass unsere Daten nicht mit der allgemeinen Theorie der Zeitwahrnehmung von FRAISSE (vql. 1967) erklärt werden können, wonach dichter strukturierte Zeitabschnitte zu kürzeren Produktionen führen sollen. Es ist nun aber nicht zwingend ein Widerspruch zwischen der FRAISSEschen These und der Theorie der multiplen Uhr daraus abzuleiten. Vielmehr könnte es durchaus sein, dass die multiple Uhr zu längeren oder zu kürzeren Produktionen führt, je nach dem, in welchem Verhältnis die Frequenz von Ereignisreihen (Betrachtungsintervalle) zur Frequenz eines Oszillators steht, ob sie grösser oder kleiner ist oder mit ihr zusammenfällt. Damit wäre die These von FRAISSE gewissermassen als Spezialfall der multiplen Uhr unter noch zu spezifizierenden Bedingungen zutreffend. Mit dieser Möglichkeit steht zumindest nicht im Widerspruch, dass die verschiedenen Verifikationsbemühunen von FRAISSE (1961. 1965) unterschiedlich überzeugend ausgefallen sind und FRAISSE selbst (1967, S. 140) auf die Möglichkeit einer kurvilinearen Beziehung zwischen Ereignisdichte und wahrgenommener Dauer hinweist. Die Theorie der multiplen Uhr würde dementsprechend eine Familie von kurvilinearen Beziehungen nahelegen.

In Tabelle 8 sind für 3 Vpn die Ergebnisse von Versuchsplänen mit allen 4 Reizverteilungen der ersten Gruppe (aa, ab, ba, bb) zusammengestellt. Es scheint demnach, dass die verwendeten Veränderungen am unteren Ende der Lichtpunktdichte-Verteilungen ohne Einfluss auf die längeren Produktionen geblieben sind. Dementsprechend sind im Zeitverhalten zwischen den Reizbedingungen ab und ba keine oder nur sehr geringfügige Unterschiede festzustellen (Abb./+). Es muss offen bleiben, inwieweit das Fehlen eines Unterschiedes bloss auf zu wenig starke Unterschiede des Reizangebots zwischen ab und ba zurückzuführen ist, oder ob überhaupt Veränderungen bei den

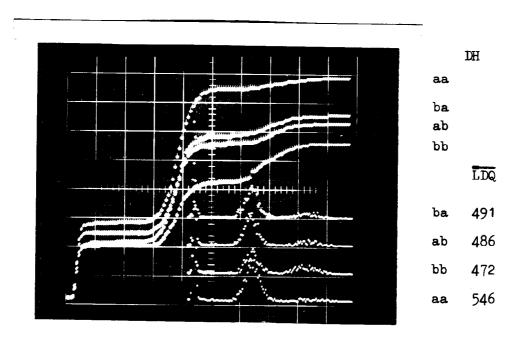
Tabelle 8

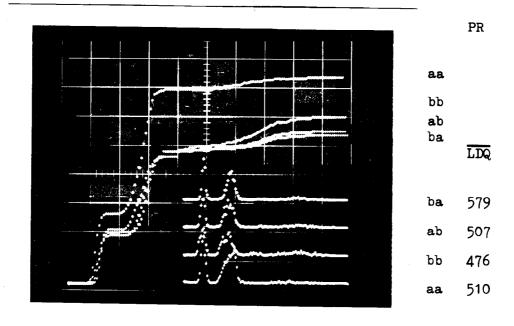
Vergleich der durchschnittlichen LDQ-Werte unter den 4 Reizangeboten <u>aa</u>, <u>bb</u>, <u>ab</u>, und <u>ba</u> bei den 3 Vpn, bei welchen diese sämtlichen Bedingungen im balancierten Versuchsplan angewendet worden sind. Signifikante Unterschiede sind nur zwischen <u>aa</u> und <u>bb</u> festzustellen (vgl. dazu Text und Tabelle 7). Die Bedingungen <u>ab</u> und <u>ba</u> haben wahrscheinlich keinen unterschiedlichen Einfluss auf die längeren Produktionen und sie unterscheiden sich auch nicht von <u>aa</u>. Vergleiche auch Abb. 14.

| $v_p$        |     | Reizangebo | t          |     | Anzahl Versuche |  |
|--------------|-----|------------|------------|-----|-----------------|--|
|              | aa  | ab         | b <b>a</b> | bb  | pro Bedingung   |  |
|              |     |            |            |     |                 |  |
| MH           | 526 | 544        | 518        | 500 | 7               |  |
| DH           | 546 | 486        | 491        | 472 | 15              |  |
| PR           | 510 | 507        | 579        | 476 | 14              |  |
| Durchschnitt | 527 | 512        | 529        | 483 | 36              |  |

der ersten Gruppe.

Abbildung 14Zeitverhalten (Häufigkeitshistogramme der Betrachtungsintervalle und kumulative
Kurven in absoluten Werten) von 2 Vpn unter allen vier Reizverteilungen





kurzen Betrachtungsintervallen einen geringeren Einfluss auf die längeren Produktionen ausüben.

Die in Abb. 4 in absoluten Werten dargestellten kumulativen Kurven lassen sehr schön erkennen, dass die erhöhten LDQ-Werte bei der Reizbedingung aa im wesentlichen auf eine erhöhte Anzahl betrachteter Bilder zurückzuführen sind. Es ist klar, dass die bei aa im Vergleich mit bb geringere Anzahl von langen Betrachtungsdauern zur Folge haben muss, dass bei aa insgesamt mehr Bilder angeschaut werden; die Resultate zeigen, dass diese Kompensation jedoch über ihr Ziel hinausschiesst, so dass es bei aa und weniger ausgeprägt auch bei ab und ba zu überhöhten LDQ-Werten kommt.

# B) Reizangebot cd, fg, cf.und df (Vergleiche Tabelle 6).

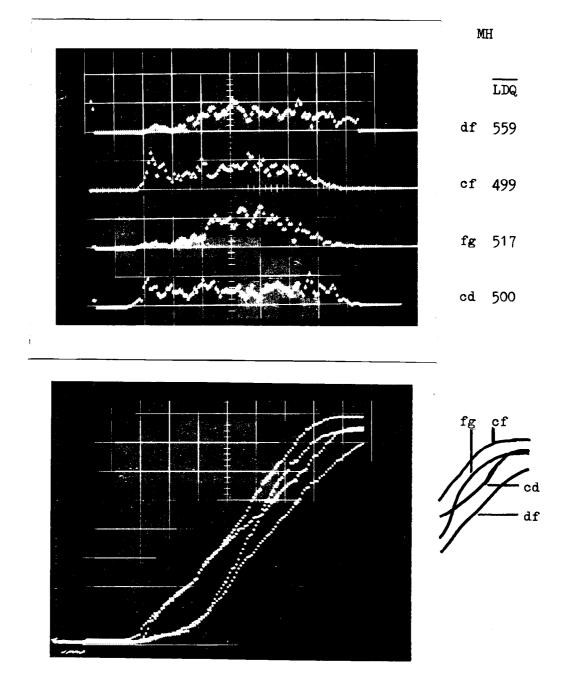
In einer zweiten Versuchsserie sollte durch drastischere Veränderungen des Reizangebots versucht werden, die bisherigen Befunde über den Systemcharakter des Zeitverhaltens zu bekräftigen und wenn möglich zu präzisieren, welche Aspekte des Zeitverhaltens für die subjektive Dauer von längeren Produktionen in welcher Weise relevant sind.

Aus den bisherigen Resultaten geht nicht eindeutig hervor, ob die erhöhten LDQ-Werte bei der Schwerpunktverlagerung des Zeitverhaltens auf längere Betrachtungsintervalle darauf zurückzuführen ist, dass bei bb längere Betrachtungsintervalle vorkommen, die bei aa fehlen, oder ob schon ein häufigeres Vorkommen von längeren Betrachtungsintervallen, die bei aa bloss selten sind, ausreicht. Das erste scheint zuzutreffen bei GN und MH. das zweite bei DM und PR und besonders deutlich bei DH. Die Frage kann allerdings wahrscheinlich nur dann eindeutig entschieden werden, wenn Betrachtungsdauer und Vorkommenshäufigkeit zugleich in einem bivariaten Versuchsplan untersucht werden können; ein solcher Versuchsplan liess sich aber mit einem vertretbaren Aufwand an Dias nicht durchführen. Es sollte also hier nur versucht werden, ob durch drastischere Variationen der Vorkommenshäufigkeiten allein die subjektive Dauer der längeren Produktionen beeinflusst werden kann.

Zu diesem Zweck wurden aus demselben Dia-Vorrat die 4 in der zweiten Hälfte der Tabelle 6 dargestellten Reizverteilungen zusammengestellt. Wiederum war durch Auswechseln von 1 oder 2 Kassetten leicht das eine oder andere Reizangebot zu realisieren. Die 4 Reizverteilungen sind charakterisiert durch die Lage der Schwerpunkte oder grössten Häufigkeiten von Lichtpunktdichten bzw. entsprechenden Betrachtungsdauern. Bei cd ergeben sich zwei Schwerpunkte an den beiden Enden der Verteilung bzw. sowohl bei kurzen und bei langen Betrachtungsintervallen, während die mittellangen relativ seltener vorkommen. Umgekehrt ist bei fa die Mitte betont, und die extremkurzen und -langen sind reduziert. Die beiden Verteilungen <u>cf</u> und <u>df</u> stellen bei konstant gehaltener Mitte Schwerpunkte entweder am kurzen oder am langen Ende unter Reduktion des verbleibenden Pols einander gegenüber. Die 4 Reizangebote wurden bei 3 Vpn an je 4 Tagen jeweils dreimal dargeboten, und zwar derart dass in jeder Vierergruppe alle Reizverteilungen in zufälliger Reihenfolge vorkamen; bei einem Teil der Versuche wurden nur die beiden Reizangebote cd und fg einander gegenüber gestellt, Standard der längeren Produktion war stets 4 min.

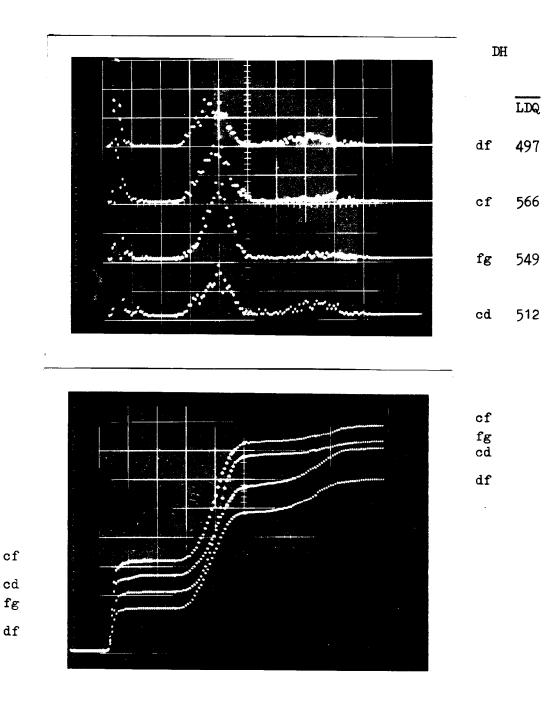
Die in den Abb. 15 , 16 und 17 dargestellten Ergebnisse lassen wiederum erkennen, dass jede der 3 Vpn ihre eigene Art und Weise des Zeitverhaltens entwickelt, dass aber dennoch die unterschiedlichen Reizangebote bei allen Vpn in ähnlicher Weise Variationen des Zeitverhaltens hervorrufen. Wiederum ist bei MH entsprechend dem Reizangebot eine fast kontinuierliche Verteilung der Betrachtungsintervalle, allerdings mit jeweils deutlich verschobenen Schwerpunkten festzustellen, während DH und auch PR ihre Betrachtungsintervalle in weitgehend diskrete Gruppen zusammenziehen. PR ist die oben schon erwähnte Vp, bei welcher keine vollständige Stabilisierung des Zeitverhaltens erreicht wurde. Das wird hier (Abb. 17 ) besonders bei den langen Betrachtungsintervallen unter den Reizbedingungen cd und df sichtbar, insofern die sehr grosse Streuung bei den langen Betrachtungsdauern eigentlich zusammengesetzt ist aus verhältnismässig kleineren Streuungen mit unterschiedlichen Mittelwerten von verschiedenen Versuchstagen. Vergleicht man die kumulativen

Zeitverhalten (Häufigkeitshistogramme oben und kumulative Kurven in absoluten Werten unten) und zugehörige LDQ-Werte der Vp MH unter den 4 Reizverteilungen der zweiten Gruppe. Eine Abszissenteilung entspricht 600 msec, der Nullpunkt der Abszissenachse liegt 800 msec (!) links vom ersten Punkt. Alle 4 Spektren stellen Summationen über je 6 Einzelversuche dar; die Häufigkeitshistogramme sind statistisch ausgeglichen (jeder Punkt n' ist die Summe von (n-1)+(n)+(n+1)).



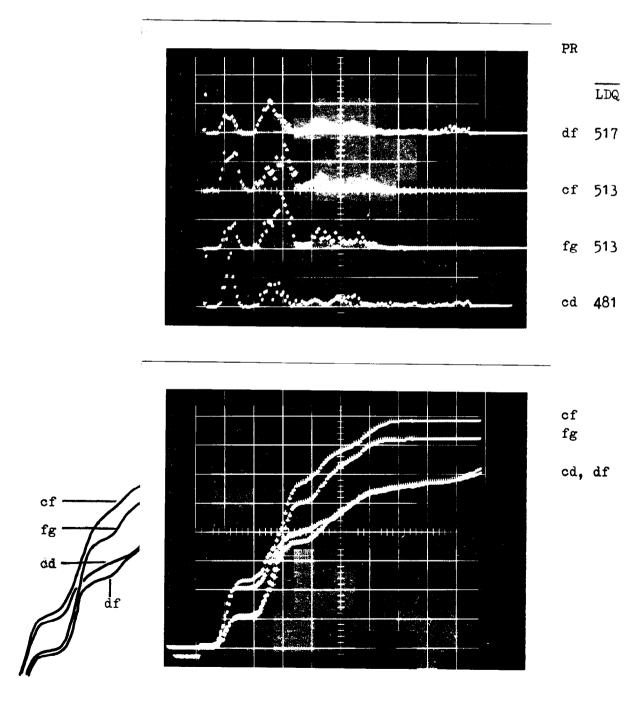
Betrachtungsintervalle

Zeitverhalten (Häufigkeitshistogramme oben und kumulative Kurven unten) und zugehörige LDQ-Werte der Vp DH unter den 4 Reizverteilungen der zweiten Gruppe. Eine Abszissenteilung entspricht 600 msec, der Nullpunkt der Abszissenachse liegt 300 msec links vom ersten Punkt. Die Spektren cd und fg sind Summen aus 18, cf und df Summen aus je 12 Versuchen; zur Erleichterung des Vergleichs sind erstere mit 2, letztere mit 3 multipliziert.



Betrachtungsintervalle

Zeitverhalten (Häufigkeitshistogramme oben und kumulative Kurven unten) und zugehörige LDQ-Werte der Vp PR unter den 4 Reizbedingungen der zweiten Gruppe. Eine Abszissenteilung entspricht 600 msec, der Nullpunkt der Abszissenachse liegt 300 msec links vom ersten Punkt. Jedes Spektrum stellt die Summation von 12 Einzelversuchen dar.



Betrachtungsintervalle

Kurven der 3 Vpn miteinander, so wird sehr schön die strukturale Gleichheit des Zeitverhaltens sichtbar: während die Kurven <u>cf</u> und <u>df</u> stets am obern bzw. unteren Rand liegen, kreuzen die Kurven <u>cd</u> und <u>fg</u> bei allen 3 Vpn in gleicher Weise miteinander.

Tabelle 9 gibt die Ergebnisse der Analyse der LDQ-Werte. Wenn man alle 4 Reizbedingungen gleichzeitig einer Varianzanalyse unterzieht, so ergibt sich eine signifikante Wechselwirkung Reize x Vpn. Wie die grafische Darstellung zeigt, beruht diese Wechselwirkung ausschliesslich auf dem unterschiedlichen Reagieren der beiden Vpn MH und DH bei den Reizverteilungen cf und df. Es schien deshalb angezeigt, die Daten für die Reizbedingungen cd und fg einer separaten Analyse zu unterziehen (vql die in Klammern beigefügten Werte). Wie schon bei den Ergebnissen der ersten Gruppe ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen diesen beiden Reizbedingungen: die längeren Produktionen sind relativ verkürzt, wenn der Schwerpunkt des Zeitverhaltens sowohl auf kurzen wie langen Betrachtungsintervallen liegt (cd). Dieses Resultat ist mit dem Ergebnis des Vergleichs zwischen aa und bb insofern vereinbar, als die Schwerpunktverlagerung auf der langen Seite allein ausschlaggebend sein könnte. Die Frage stellt sich aber, ob auch eine Verlagerung auf kürzere Betrachtungsintervalle eine ähnliche Wirkung haben kann.

Der Vergleich der Ergebnisse unter den Bedingungen <u>cf</u> und <u>df</u>, wo zusammen mit den mitellangen entweder nur kurze oder nur lange Betrachtungsdauern evoziert werden sollten, erlaubt leider keine Entscheidung; die Frage wird später noch untersucht werden müssen. Denn es scheint zunächst, dass hier die verschiedenen Vpn auf unterschiedliche Weise reagieren. Auf den ersten Blick entspricht bei DH die Reaktion der bei der ersten Versuchsgruppe gefundenen Regel, dass mehr längere Betrachtungsintervalle die Produktion verkürzen; gerade die umgekehrte Tendenz ergibt sich bei MH. Nun sei zunächst darauf hingewiesen, dass MH im Gegensatz zu den anderen Vpn überhaupt sehr lange Betrachtungsintervalle gewählt und diese gegenüber der ersten Versuchsgruppe (vgl. Abb. II ) eher noch verlängert

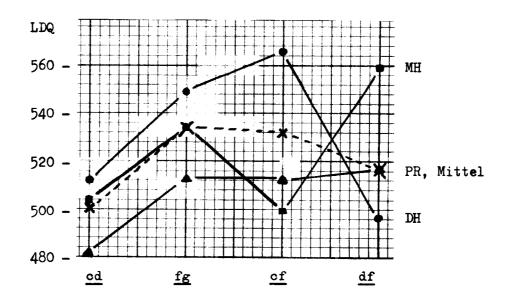
Varianzanalyse der LDQ-Werte von 3 Vpn im Grundversuch zwischen den Reizbedingungen  $\underline{cd}$ ,  $\underline{fg}$ ,  $\underline{cf}$  und  $\underline{df}$  (vgl. Abb. 15 bis 17). Die in Klammern beigefügten Werte beziehen sich auf eine entsprechende Varianzanalyse unter Begrenzung auf die Reizbedingungen  $\underline{cd}$  und  $\underline{fg}$ .

#### a) Varianzanalysen

| Ursache                  | FG      | DQ             | F           | p                    |
|--------------------------|---------|----------------|-------------|----------------------|
| Zwischen Vpn             | 2(2)    | 8'328(8'053)   | 2.86(3.04)  | <10%(10%)            |
| Innerhalb Vpn            | 153(93) | 2'913(2'652)   | •           | •                    |
| Zwischen Reizbedingungen | 3(1)    | 10'263(26'169) | 1.54(221.77 | ) n.s.(<1%)          |
| Reize x Vpn              | 6(2)    | 6'671(118)     | 2.56(<1)    | <b>&lt;</b> 5%(n.s.) |
| Innerhalb Tafelfelder    | 144(90) | 2'604(2'447)   | •           | •                    |
| Insgesamt                | 155(95) | •              | •           | •                    |

# b) Mittelwerte (bei MH gegenüber Abb. 15 je 12 Versuche cd und fg zusätzlich)

| Reizbedingung |     | Versuchspersonen |     |        |  |  |  |
|---------------|-----|------------------|-----|--------|--|--|--|
|               | MH  | DH               | PR  | mittel |  |  |  |
| <u>öd</u>     | 504 | 512              | 481 | 501    |  |  |  |
| fg            | 534 | 549              | 513 | 534    |  |  |  |
| <u>cf</u>     | 499 | 566              | 513 | 532    |  |  |  |
| <u>df</u>     | 559 | 497              | 517 | 517    |  |  |  |
| Vp-Mittel     | 522 | 531              | 506 | 520    |  |  |  |



hat. Setzt man für alle Vpn wenigstens eine gewisse Gleichartigkeit der Oszillatorsysteme voraus, dann wäre das manifeste Zeitverhalten bei MH in einem etwas anderen Verhältnis zur latenten Struktur der inneren Uhr als bei DH und PR.

Einen Schritt näher an eine mögliche Erklärung gelangt man, wenn man über das unterschiedliche Reizangebot hinaus auch die dadurch induzierten Besonderheiten des Zeitverhaltens in Betracht zieht. Vergleicht man das Zeitverhalten von DH und MH unter den Reizbedingungen df und cf, so stellt man fest, dass DH dem Reizangebot, was die relative Häufigkeit kurzer und langer Betrachtungsdauern betrifft, wohl gefolgt ist; darüber hinaus haben aber Systemveränderungen stattgefunden in dem Sinn, dass die langen Betrachtungsdauern unter df durchschnittlich relativ kürzer sind als bei cf. Der Median bei df ist bei 4800msec, bei cf etwa 5100msec. Dem entspricht der gleichsinnige Unterschied der LDQ-Werte: 497 bei df und 566 bei cf. Bei MH ist die Fixierung der Teilverteilung der langen Betrachtungsdauern nicht möglich, doch ist offensichtlich, dass die insgesamt längeren Betrachtungsintervalle bei df einem um 60 erhöhten LDQ-Wert entsprechen. M.a.W. die längeren Produktionen bei den beiden Vpn folgen hier direkt proportional den spontanen Verschiedenheiten ihres Zeitverhaltens, und wir finden damit eine Regel, welche der früher gefundenen Gesetzmässigkeit zu widersprechen scheint.

In den bisher besprochenen Daten haben wir also sowohl gegensinnige wie auch gleichsinnige Korrelationen zwischen den Betrachtungsdauerverteilungen und der Dauer der längeren Produktionen gefunden. Das ist nicht notwendig ein Widerspruch, da die eine Tendenz vorwiegend mit der Verschiebung der Vorkommenshäufigkeit von Betrachtungsintervallen gegebener Dauer, die andere mit Veränderungen der Dauer zusammenhangen könnte. In bezug auf die zugrundeliegenden Prozesse, d.h. in bezug auf das Konstrukt der multiplen Uhr, hätten diese Befunde die Konsequenz, dass wir zweierlei Mechanismen der Umsetzung der Oszillatorensteme in manifeste Dauer-Produktionen postulieren müssten. Es wird natürlich eine wichtige Aufgabe der Forschung sein, die spezifischen Bedingungen der beiden Mechanismen ausfindig zu machen.

#### Anzahl betrachteter Bilder und längere Produktion

Wie oben schon angedeutet und wie aus den kumulativen Kurven der Abb. 15, 16 und 17 erneut ersichtlich sind natürlich die LDQ-Werte in beträchtlichem Masse durch die Anzahl der während einer Versuchsperiode betrachteten Bilder bestimmt. Würde der "Bildzähler" unabhängig von der experimentellen Variation für einen gegebenen Standard unter dem einmal stabilisierten Zeitverhalten stets gleichviel Bilder abzählen, so müsste eine Verlängerung oder eine Vermehrung der langen Betrachtungsintervalle direkt zu einer Verlängerung der Produktion führen. Die bisherigen Resultate zeigen klar, dass dies nicht der Fall ist. Vielmehr bewirkt die Verlängerung oder Vermehrung der längeren Betrachtungsintervalle gewissermassen eine Neueinstellung des Bildzählers, und zwar wird dieser neue Sollwert niedriger angesetzt, als es allein zur Kompensation der durch die teilweise Betrachtungsdauerverlängerung verbrauchten Zeit nötig wäre.

Unter dem Ansatz des Einheitenzählmodells besteht kein Grund für eine solche Überkompensation, da ja das Zählen der Basiseinheiten ungeachtet der Dauer der einzelnen Betrachtungsintervalle vom Anfang bis zum Ende der längeren Produktion erfolgen kann. Insofern die relative Dichte der Ereignisse während des Versuchs allenfalls über einen Aktivationsmechanismus die Dauer der Basiseinheit beeinflussen könnte, oder analog im Rahmen der Theorie von FRAISSE, müsste die geringere Ereignisdichte bei Vermehrung oder Verlängerung der langen Betrachtungsdauern eher eine Verlängerung der Produktion nach sich ziehen.

Unter dem Ansatz der multiplen Uhr sind zwei verschiedene Erklärungsmechanismen zu berücksichtigen. Der eine bezieht sich auf direkte Proportionalitäten zwischen einzelnen Oszillatoren und der Dauer der längeren Produktion; der andere betrifft indirekte Wirkungen von Veränderungen der multiplen Systems, die über den Zählmechanismus manifest werden. Betrachten wir zunächst die indirekten Wirkungen.

Durch eine relative Vermehrung der längeren Betrachtungsintervalle im gesamten Oszillatorenstem, welches die Dauer der längeren Produktion determiniert, steigt das Gewicht von Oszillatoren mit längerer Periodik, während zugleich das Gewicht von rascheren Oszillatoren vermindert wird. Das hat zur Folge, dass insgesamt weniger Perioden "abgezählt" werden; indirekt vermindert sich dadurch auch die Anzahl der zu betrachtenden Bilder. Nicht notwendig - aber auch nicht auszuschliessen - ist bei dieser Erklärung der Umstand, dass die Verminderung des Sollwertes des Bildzählers (wenn man so sagen kann) übers Ziel hinaus schiesst. Doch könnte man sich denken, dass wie immer in dynamischen Systemen Veränderungen nicht stetig sondern sprunghaft erfolgen, indem geringfügige Verschiebungen der Häufigkeiten ohne Wirkung bleiben, bis dann nach Überschreitung eines Schwellenwertes plötzlich relativ massive Umstellungen zur Folge haben.

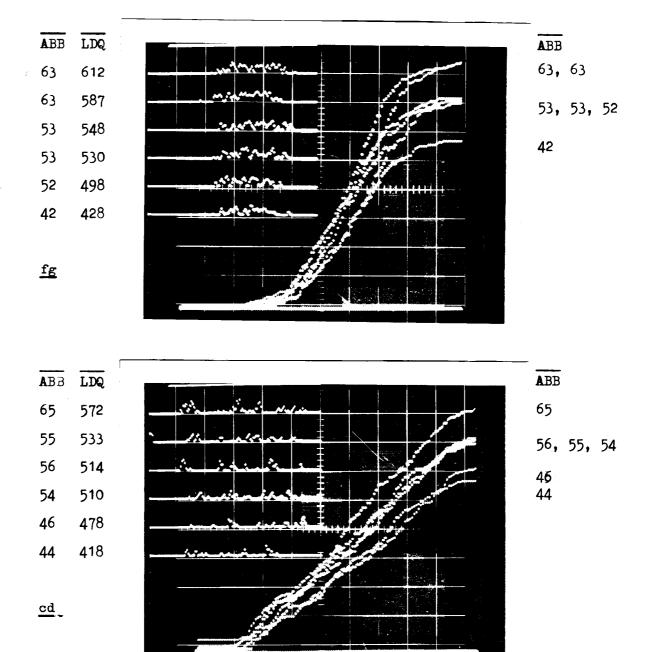
Auch Veränderung der Dauer einer gegebenen Klasse von Betrachtungsintervallen können, wenn sie stark genug sind, solche Systemumstellungen mit veränderten Sollwerten des Bildzählers nach sich ziehen. Das wird einsichtig, wenn man sich die Dauer einer Klasse von Betrachtungsintervallen im Verhältniszuden Periodenlängen der gerade benachbarten Oszillatoren vorstellt. Nehmen wir an, die Betrachtungsdauer stimme zunächst mit der Periodenlänge eines Oszillators überein, bzw. sei weitgehend durch einen einzelnen Teilprozess der multiplen Uhr bestimmt. Eine geringfügige Verlängerung der Betrachtungsdauer ist nun wahrscheinlich über eine experimentelle Manipulation des Zeitverhaltens mittels Veränderung der zu kodierenden Reize gar nicht zu erreichen, da alle ähnlichen Reize einfach in Funktion des einen Oszillators gleich lang kodiert werden; bei den Vpn DH und PR ist dies als Gruppierung der Betrachtungsintervalle deutlich zu beobachten. Wohl können durch andere Ursachen bedingte oder spontane Veränderungen der Frequenz dieses Oszillators und damit auch Spontanvariationen der Dauer innerhalb der Klasse der betreffenden Betrachtungsintervalle auftreten. Damit verbunden können gleichsinnige Veränderungen der Dauer der längeren Produktion, wie wir sie oben bei MH und DH festgestellt haben; im nächsten Abschnitt kommen wir darauf zurück. Verschiebungen in bezug auf das

Gewicht der einzelnen Oszillatoren für die längere Produktion sind jedoch durch solche Frequenzveränderungen der Oszillatoren nicht zu erwarten. Mit den durch die experimentelle Manipulation erreichten stärkeren Veränderungen der Betrachtungsdauern bringen wir aber nun auch Systemumstellungen zustande, welche sich wie die Häufigkeitsveränderungen in veränderten Sollwerten des Bildzählers auswirken. Denn sobald sich die durch das Reizangebot geforderte Betrachtungsdauer aus dem Wirkungsbereich eines Oszillators hinausbewegt, ergeben sich auch Verschiebungen in bezug auf das Gewicht, das jedem einzelnen Teilprozess im System für die Determination der Dauer der längeren Produktion zukommt.

Wir würden gemäss diesen Überlegungen, auf deren spekulativen Charakter nocheinmal hingewiesen sei, also erwarten, dass die längeren Produktionen (bzw. die LDQ-Werte) mehrfach zu- und abnehmen, wenn wir die Betrachtungsdauern in einem weiteren Bereich stetig zunehmen lassen. M.a.W. es wird eine sägezahnförmige Beziehung zwischen Betrachtungsdauern und Dauer der längeren Produktion postuliert. Entscheidend für den Fortschritt der Erkenntnis der multiplen Uhr dürfte das Ausfindigmachen jener kritischen Bereiche im Dauerkontinuum sein, in welchen das Oszillatorsystem stabil bleibt beziehungsweise sich umstellt.

Da über das latente Oszillatorsystem empirisch nichts bekannt ist, können wir vorläufig nur den umgekehrten Weg gehen, und im vorliegenden Datenmaterial nach Abhängigkeiten der Betrachtungsdauerverteilung und der Anzahl der betrachteten Bilder (insofern sie spontan variieren) von den LDQ-Werten der betreffenden Versuche recherchieren. In Abb. 18 sind je 3 Versuche der Vp MH unter den Reizangeboten cd und fq zu einem Spektrum summiert und nach ansteigenden LDQ-Werten angeordnet. Wie erwartet, erklärt sich das Ansteigen der LDQ-Werte zur Hauptsache aus der Anzahl der betrachteten Bilder (ABB); das geht insbesondere aus den Maximalwerten der kumulativen Kurven hervor. Aber entsprechend den obigen Überlegungen ist diese Abhängigkeit nicht linear, sondern die Anzahl der betrachteten Bilder nimmt jeweils sprunghaft zu.

Häufigkeitshistogramme (in logarithmisierter Ordinatenachse zur Betonung der häufigsten Betrachtungsdauern) und kumulative Kurven (in absoluten Werten) mit zugehörigen LDQ- und ABB-(Anzahl betrachteter Bilder) Werten. Je drei Einzelversuche sind in ein Spektrum summiert und nach ansteigenden LDQ-Werten angeordnet. Die obere Darstellung gibt Versuche unter Reizangebot fg, die untere bei Reizangebot cd wieder. Versuchsperson MH.



## Spontane Oszillatorvariationen und längere Produktion

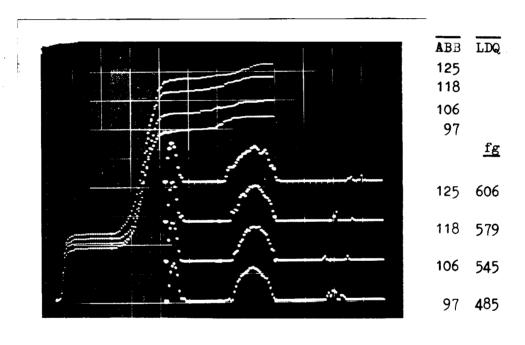
Betrachtet man hingegen die Gruppe von Häufigkeitshistogrammen mit ungefähr gleich viel betrachteten Bildern je für sich, so ist zu erkennen, dass hier die Variation der LDQ-Werte primär mit Verschiebungen in der Betrachtungsdauerverteilung korreliert. Beispielsweise im obern Teil von Abb. 18 ist im obersten Histogramm der Schwerpunkt der Verteilung weiter rechts als im zweitobersten Histogramm; ähnlich ist eine Verlagerung zu längeren Betrachtungsintervallen mit zunehmendem LDQ bei den 3 mittleren Histogrammen (ABB = 52 und 53) angedeutet. Auch im unteren Teil derselben Abbildung ist eine analoge Verlagerung bei den beiden untersten Histogrammen recht deutlich, während beim 3. bis 5. Histogramm bei allerdings sehr kleinen LDQ-Unterschieden die Verhältnisse unklar bleiben.

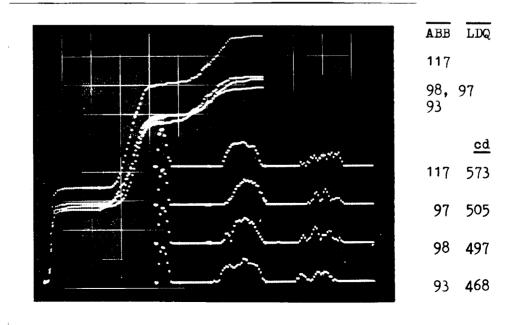
Vp DH reagiert vermutlich, wie schon angedeutet, stärker in Funktion einzelner Oszillatoren. Demnach würden wir weniger als bei MH indirekte Wirkungen über sprunghafte Veränderungen der ABB-Sollwerte erwarten, obwohl sie natürlich nicht auszuschliessen sind. Hingegen müssten bei ihr noch deutlicher als bei MH Spontanvariationen einzelner Oszillatoren, wenn sie auftreten, mit proportionalen Veränderungen der LDQ-Werte einhergehen. Wie Abb. 19 zeigt, ist dies in der Tat für die längeren Betrachtungsintervalle der Fall. Im oberen Teil unter Reizbedingungen fg beobachtet man zumindest bei den 3 oberen Histogrammen eine deutliche Verlagerung der längeren Betrachtungsintervalle nach rechts, wobei die zugehörigen Erhöhung der LDQ-Werte von 545 bis 606 von einer viel weniger ausgeprägten Erhöhung der ABB-Werte (um rund 25%) begleitet ist als bei MH (um rund 50%). Ähnliches gilt für die 3 unteren Histogramme unter Reizangebot cd; beim obersten Histogramm ist dann freilich ein sprunghaftes Ansteigen der Anzahl der betrachteten Bilder ohne Verlagerung der Betrachtungsdauern deutlich.

Wenn diese Überlegungen richtig und die Analyse der Daten der Vpn MH und DH nicht ausschliesslich singuläre Phänomene zutage gebracht hat, könnte man verallgemeinernd erwarten, dass in jenen Fällen, wo die Vp ein stark diskretes Zeitverhalten

137

Häufigkeitshistogramme (in logarithmischer Ordinatenachse zur Betonung der häufigsten Betrachtungsdauern) und kumulative Kurven (absolute Werte) mit zugehörigen LDQ- und ABB-Werten (ABB = Anzahl der betrachteten Bilder pro Versuch). Je 5 Einzelversuche sind in ein Spektrum summiert und nach ansteigenden LDQ-Werten angeordnet. Oben Versuche unter Reizangebot <u>fg</u>, unten bei <u>cd</u>. Versuchsperson DH.





wählt, eine lineare Beziehung zwischen Betrachtungsdauern und LDQ-Werten auftritt, weil die längere Produktion jeweils fast ausschliesslich von einem einzelnen Oszillator her bestimmt ist und also dessen Spontanvariation widerspiegelt, bis relativ massive Veränderungen in den Betrachtungsdauern dann das System als ganzes umspringen lassen.

Damit ist post hoc zumindest bei 2 Vpn eine Organisation der Daten geglückt, welche mit den spekulativen Überlegungen zur multiplen Uhr übereinstimmt. Natürlich kommt diesen Überlegungen zunächst nur heuristischer Wert zu, und es hat darum wenig Sinn ähnliche Strukturen, die im Datenmaterial der übrigen Vpn ebenfalls angedeutet sind, zu belegen.

Es lässt sich jedoch vermuten, dass eine flexiblere Beeinflussungsmöglichkeit des Zeitverhaltens, als die im voraus festzulegenden Dia-Sätze erlauben, möglicherweise dazu führen könnte, die kritischen Stellen im latenten Oszillatorsystem jeder einzelnen Vp ausfindig zu machen.

Auch die Frage nach der Wirkung der Dauer bestimmter Betrachtungsintervalle bzw. deren Vorkommenshäufigkeit ist wahrscheinlich nur durch eine individuelle Planung des Reizangebots in Abhängigkeit vom jeweiligen Zeitverhalten einer Antwort näherzubringen. Im vorliegenden Material scheint ja wiederum bei DH die relative Häufigkeit des Vorkommens langer Betrachtungsintervalle bei weitgehend konstantbleibender Dauer ausschlaggebend zu sein, während es bei MH vermutlich die unter den übrigen Reizbedingungen nur selten vorkommenden kurzen Betrachtungsdauern, welche die niedrigeren LDQ-Werte bei cf und cd bewirken, und die fast allein bei df erkennbaren längeren Betrachtungsdauern sind, welche hier eine Erhöhung der LDQ-Werte zur Folge haben. Bei PR muss die Entscheidung offen bleiben, da die grosse Streuung der längeren Betrachtungsintervalle hier durch andere Ursachen als das unterschiedliche Reizangebot bedingt ist.

# Experiment IV (Knotenschnüre)

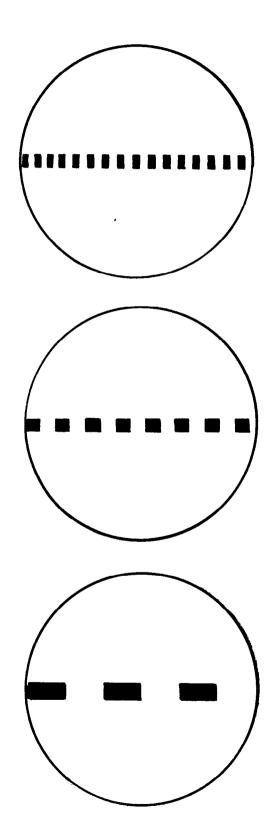
Nachdem durch die Ergebnisse des Grundversuchs die prinzipielle Fruchtbarkeit des Ansatzes der multiplen Uhr belegt worden ist, schien es angezeigt, eine Variation des Versuchs zu finden, welche eine grössere Flexibilität in der Manipulation des Reizangebots erlaubt, damit bei einigen Vpn die für die längeren Produktion relevanten Aspekte des Zeitverhaltens näher bestimmt werden könnten. Die individuellen Unterschiede des Zeitverhaltens, wie sie in den Abbildungen 9 bis 13 zum Ausdruck kommen, liessen die Verwendung von Dia-Serien zu diesem Zweck als aussichtslos erscheinen; in Frage kam nur eine elektronische Erzeugung von Reizen.

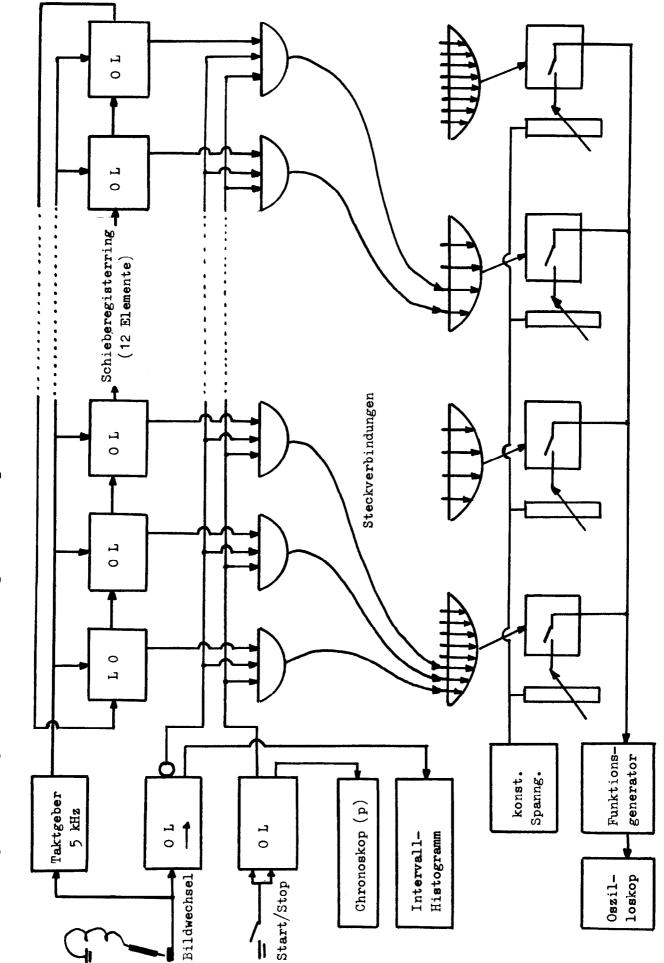
Das unerwartet grosse Interesse, das die meisten Vpn ihrer Tätigkeit entgegenbrachten, liess es möglich erscheinen, dass auf die fünfte Forderung an das Reizmaterial (Variation in für das Dauerkodieren irrelevanten Eigenschaftsdimensionen, d.h. also bloss zur Verminderung der Monotonie) wahrscheinlich ohne Bedenken verzichtet werden konnte. Weiter stellte sich die Frage, ob Variationen innerhalb der relevanten Reizdimension entsprechend der ersten Forderung weiterhin (quasi-) kontinuierlich sein müssten, oder ob man sich auf wenige, weitgehend eindeutig erkennbare Reizklassen beschränken könnte. Wie die Ergebnisse des Grundversuchs zeigten, war unter kontinuierlichem Reizangebot wenigstens bei einem Teil der Vpn eine entsprechende Verteilung der Betrachtungsintervalle zu erwarten, während ein anderer Teil spontan durch Selbstinstruktion wenige Betrachtungsintervall-Klassen bildete. Da die letztere Verhaltensweise bei der Auswertung gewisse Vorteile im Hinblick auf die Bestimmung der Rolle einzelner Oszillatoren - möglicherweise allerdings irreführende Vorteile - mit sich bringt, sollte die damit verbundene Einschränkung der Allgemeingültigkeit zunächst einmal in Kauf gegeben werden; allerdings müsste später wieder auf kontinuierliche Reizvariation zurückgekommen werden. Ausschlaggebend für den Entscheid war allerdings die leichtere technische Realisierbarkeit einer Zufallsreihung von nur wenigen Reizklassen mit verfügbaren Mitteln.

Nach einer Reihe von fehlschlagenden Versuchen mit akustischen Signalen (bei Lautstärke als relevante, in Dauer zu kodierende Dimension war infolge starker Bezugssystemverschiebungen eine ausreichende Stabilisierung des Zeitverhaltens nicht zu erreichen; bei Tonhöhe war die auditive Organisation der Dimension, die starke Bevorzugung von Konsonanzen bzw. die Verunsicherung durch Dissonanzen, derart stark, dass entweder das Zeitverhalten kaum beeinflusst werden konnte bzw. gar keine Regelmässigkeit zeigte) wurde eine Möglichkeit gefunden, einfache Konfigurationen auf dem Oszilloskop darzustellen. Die sog. Knotenschnüre wurden durch Einspeisung einer Rechteckspannung mit variabler Frequenz in den Z-Eingang (Hell-Dunkeltastung) bei verstellter Fokussierung des Elektronenstrahls erzeugt. In den Versuchspausen war in der Mitte des Bildschirms ein dünner Strich von links nach rechts durchgehend zu sehen. Sobald die Vp einen Versuch startete, erschien an seiner Stelle eine "Knotenschnur". nämlich eine unterbrochene dickere Linie, oder eine bestimmte Anzahl von hellen Rechtecken unterbrochen durch gleichbreite dunkle Zwischenräume (vgl. Abb. 20 ). Je nach der eingespeisten Frequenz der Rechteckspannung ergaben sich wenige grosse oder viele kleine Rechtecke oder Knoten. Da Anzahl und Grösse der Knoten indirekt proportional sind, wurde der Vp freigestellt, auf die eine oder andere Dimension zu achten (aber nicht zu zählen!); die Definition der Reizbedingungen ist am einfachsten durch die Anzahl der sichtbaren Knoten gegeben. Sie konnte beliebig zwischen 3 und 22 Knoten auf einem runden Oszilloskop von 10cm Durchmesser variiert werden. Die Knoten erschienen grün auf dunkelbraunem Grund; das Einteilungsnetz war entfernt worden.

Die variable Rechteckspannung wurde einem frequenzmodulierbaren Funktionsgenerator (Hewlett-Packard 3300) entnommen. Die zur Modulation erforderliche Gleichspannung stammte aus einem stabilisierten Speisegerät und wurde über eine Bank von elektronisch zuschaltbaren Potentiometern abgeschwächt. Vier Potentiometer waren unabhängig voneinander einstellbar und mit einer Skala der Anzahl Knoten geeicht. Jeweils eines von ihnen wurde durch eine aus Marburger Systembausteinen aufgebauten

Reizangebot auf dem Oszilloskop: "Knotenschnüre" mit 16, 6 bzw. 3 Knoten.





Logisches Schema der Programmsteuerung für "Knotenschnüre" Abbildung 21

Programmsteuerung (vgl. Abb. 21 ) mit der Frequenzmodulation des Funktionsgenerators verbunden.

Die in Abb. 21 in Form eines logischen Schemas dargestellte Anlage diente wie schon im Grundversuch zur Aufbereitung der Steuerimpulse für Messung der Dauer der längeren Produktion und der Betrachtungsintervall-Histogramme sowie zur Steuerung der Reizdarbietung. Für den Knotenschnurversuch stellte sich die Aufgabe, durch jeden Bildwechselimpuls der Vp jeweils eine von bis zu vier Knotenschnüren mit vorbestimmten Wahrscheinlichkeiten des Vorkommens und in einer zufälligen Reihenfolge darzubieten. Die dazu entwickelte Schaltung ist unter der Bezeichnung "Roulette"-Schältung bekannt. Sie beruht auf dem Umstand, dass ein handbedientes Schaltelement für eine endliche, aber von Betätigung zu Betätigung unterschiedlich lange Dauer geschlossen wird. Lässt man nun während der Schliessungsdauer des handbedienten Schalters ein ringförmiges Schieberegister, in welchem nur ein Element im Zustand L, alle übrigen im Zustand O sind, mit einer im Verhältnis zur Varianz der Einschaltdauer orossen Frequenz umlaufen, so kommt dieses Schieberegister jedesmal in einem andern Zustand zum Stehen, und die erwartete Wahrscheinlichkeit jedes möglichen Haltezustands des Schieberegisters ist gleich gross. Ordnet man jedem möglichen Haltezustand des Schieberegisterrings je einen der darzubietenden Reize zu, so kommen auf lange Sicht alle Reize mit gleicher Häufigkeit, aber in zufälliger Reihenfolge zur Darbietung.

In der Schaltung der Abb. 21 löst ein Berühren der Kontaktplatte mit dem Griffel den Taktgeber aus, welcher während der ganzen Dauer der Berührung der Kontaktplatte den aus 12 bistabilen Kippstufen bestehenden Schieberegisterring in raschen Umlauf versetzt. Zugleich werden für die Dauer der Berührung und einige Millisekunden darüber hinaus alle dreifachen Und-Gatter geschlossen. Nach dem Anhalten des Taktgebers ist dann für das ganze Betrachtungsintervall bis zum nächsten Impuls nur eines und zwar jenes der 12 Gatter geöffnet, bei welchem die Information L im Schieberegisterring gerade stehen geblieben ist. Die Ausgänge der 12 Gatter werden durch leicht umsteckbare Verbindungen auf 4 Oder-Gatter mit 4 bzw. 8 Ein-

Tabelle 10: Proportionen der Haltezustände eines achtfachen Schieberegisters und Chi-Quadrat-Test. Geprüft wird die Abweichung der beobachteten Häufigkeitsverteilung von der Gleichverteilung. Um die Wahrscheinlichkeit des Fehlers der zweiten Art möglichst klein zu halten wird p=.20 gewählt; bei FG = 7 ist  $\chi^2$  = 9.80. Demnach müssen wir bei den vorliegenden 6 Stichproben die Nullhypothese einmal zurückweisen. Die betreffenden Abweichungen sind aber offensichtlich nicht systematisch.

| N     | Proportionen des Auftretens der 8 Ereignisse |      |      |      |      |       |      | Summe | <b>x</b> <sup>2</sup> |        |
|-------|--|------|------|------|------|-------|------|-------|-----------------------|--------|
| 841   | .120   | .133 | .127 | .132 | .120 | .135  | .118 | .113  | .998                  | 3.06   |
| 839   | .126   | .125 | .133 | .114 | .144 | .126  | .107 | .123  | .998                  | 6.51   |
| 379   | .100   | .103 | .132 | .163 | .142 | .135  | .132 | .092  | .999                  | 13.81* |
| 381   | .129   | .123 | .144 | .105 | .131 | .134  | .131 | .102  | .999                  | 4.44   |
| 173   | .144   | .127 | .144 | .093 | .127 | .127  | .127 | .110  | .999                  | 2.86   |
| 197   | .142   | .142 | .137 | .103 | .147 | .097  | .103 | .132  | 1.002                 | 5.00   |
|       |  |      |      |      |      |       | ···  |       |                       |        |
| Mitte | el.127                                       | .126 | .136 | .118 | .135 | . 126 | .119 | . 112 |                       |        |

gängen geführt, welchen je ein Relais und Potentiometer zur Steuerung des Rechtecksgenerators zugeordnet ist. Damit ist es möglich in Proportion, welche den gemeinsamen Nenner 12 aufweisen jeweils eines von 2, 3 oder 4 Ereignissen (Anzahl Knoten) in einer Zufallsreihenfolge darzubieten.

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der statistischen Überprüfung des Verhaltens einer gleich aufgebauten Schaltung
mit einem achtfachen Schieberegisterring zusammengefasst. Die
Ergebnisse zeigen, dass man, besonders bei kleinem N, gewisse
Abweichungen von einer Gleichverteilung in Kauf nehmen muss;
doch sind diese nicht systematischer Natur und heben sich
durch die Zusammenfassung mehrerer Versuche und die damit
verbundene Erhöhung von N weitgehend auf.

Das allgemeine Vorgehen sowie das Messverfahren des Zeitverhaltens ist gegenüber dem Grundversuch mit den Lichtpunktdichten unverändert. Da in den früheren Versuchen mit Ausnahme von gelegentlichen Hinweisen auf das Vorliegen einer äusserlich bedingten Störung (was jeweils zum Anlass genommen
wurde, den betreffenden Versuch von der Auswertung auszuschliessen bzw. durch eine Wiederholung an geeigneter Stelle
zu ersetzen) aus den introspektiven Protokollen keine wesentlichen Einsichten zu gewinnen gewesen waren, wurde auf weitere
systematische Erhebung verzichtet.

# Ergebnisse und Diskussion: Vorbemerkungen

In den im folgenden darzustellenden Versuchen mit den Knotenschnur-Reizen wurde das Hauptgewicht auf Exploration gelegt. Es sollten Fakten und Hypothesen gesammelt werden, welche später eine gezielte Planung systematischer Versuche erlauben.

Um mehr Versuche unter den gleichen Reizbedingungen zum Ausgleich von Zufälligkeiten und Wirkungen nicht kontrollierter Einflüsse zur Verfügung zu haben, wurden die folgenden Versuche in der Regel mit Standards der längeren Produktion von 1 min durchgeführt. Nur wenn eigens vermerkt, sind Standards von  $\frac{1}{2}$  bzw. 2 min verwendet worden.

Ebenfalls wurde in der Mehrzahl der Versuche eine proportionale Aufteilung der <u>Vorkommenshäufigkeit</u> auf die verschiedenen Reize verwendet, und nur wo es eigens vermerkt ist, wurden mehr oder weniger vom einen oder andern Reiz (Anzahl Knoten) dargeboten. Mehrheitlich wurden 3 verschiedene Reize (entsprechend den im Grundversuch beobachteten Betrachtungsintervall-Klassen), seltener 2 dargeboten.

Was allgemein über den Grundversuch gesagt worden ist, gilt auch hier. Die ausgiebig untersuchten 3 Vpn hatten durchwegs grossen Spass an ihrer Aufgabe. Die Stabilisierung des Zeitverhaltens war bei 2 Vpn sehr rasch schon am dritten bis vierten Tag sehr weitgehend, und auch bei der dritten Vp am Ende der ersten Übungswoche erreicht. Das Einübungsverfahren wurde bezüglich des verwendeten Reizangebots individualisiert, und zwar im Hinblick auf eine möglichst gute Differenzierung zwischen den verschiedenen Klassen von Betrachtungsintervallen. In der Regel wurden an den ersten Tagen 3 verschiedene Knotenschnüre gegeben, nämlich eine mitteldichte (8 oder 10 Knoten). welche während mehrerer Tage konstant blieb, und zwei extreme, welche je nach den Reaktionen der Vp schon möglichst rasch variiert wurden, um die Vp an Veränderungen des Reizangebots und das geforderte Mitgehen der Betrachtungsdauern zu gewöhnen. Da sich im Grundversuch zwischen den beiden möglichen Zuordnungsschlüsseln (je dichter, desto längere Betrachtungsintervalle; je dünner, desto länger) keine offensichtlichen

Unterschiede des Zeitverhaltens hatten nachweisen lassen, sobald eine Vp sich einmal an einen Schlüssel gewöhnt hatte (einige Versuche, dieselbe Vp abwechselnd den einen und den andern Schlüssel zu verwenden, hatteneine beträchtliche Instabilität des Zeitverhaltens nach sich gezogen), wurde auf eine entsprechende Balancierung verzichtet.

## Replikation von Reizverteilungen des Grundversuchs

Es schien zunächst sinnvoll, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Knotenschnurversuche mit den früheren Resultaten zu sichern, eine Reizvariation einzuführen, welche zumindest eine gewisse Ähnlichkeit mit einer im Grundversuch erfolgreich verwendeten Reizvariation aufwies. Im Vergleich des Zeitverhaltens unter Reizangebot cd und fq war im Grunde genommen demonstriert worden, dass die längeren Produktionen umso kürzer ausfielen, je breiter die Verteilung der Betrachtungsintervalle um ihren Mittelwert variierten (cd), während bei kleinerer Streuung dieser Intervalle (fg) höhere LDQ-Werte zustande gekommen waren. Mit den Knotenschnur-Reizen war es nun leicht möglich, mehrere Stufen dieser Reizvariation anstatt bloss die zwei Extreme miteinander zu vergleichen.

Abbildung 22 gibt die Resultate der Vp FJ bei einer vierstufigen Reizvariation wieder, und zwar sind die Ergebnisse von zwei benachbarten Versuchstagen zusammengefasst. Die Reizvariation geht aus von einer Knotenschnur für mittellange Betrachtung ( 9 Knoten); dazu treten in dem mit der Bedingung  $\underline{cd}$  vergleichbaren Reizangebot die Extremwerte 22 und 3 Knoten, welche bei den restlichen Variationen progressiv der Mitte angenähert werden, so dass die Reizbedingung 12 - 9 -  $7\frac{1}{2}$  angenähert dem früheren  $\underline{fg}$  entspricht. Man sieht deutlich schon in den Histogrammen – und die beigefügten kumulativen Kurven lassen keinen Zweifel daran – dass die Streuung des Zeitverhaltens diesem Reizangebot folgt. Dass die Histogramme linksschief erscheinen entspricht dem bei Intervallverteilungen immer wieder beobachteten Phänomen der Streuungsvergrösserung bei längeren Intervallen.

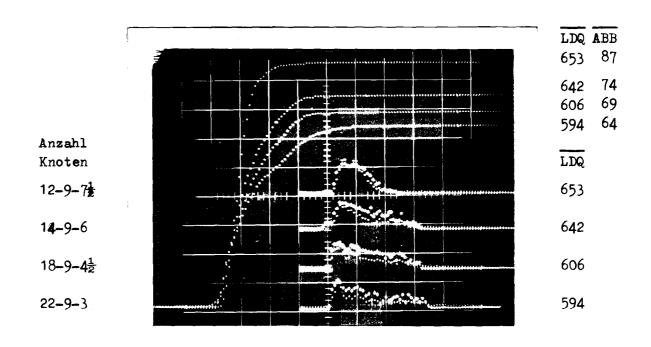
Der Trend der zugehörigen LDQ-Werte folgt in sehr schöner Weise der im Grundversuch festgestellten Richtung: die längeren Produktionen sind relativ kürzer bei grösserer Streuung der Betrachtungsintervalle. Eine zweifache Varianzanalyse zwischen Reizbedingungen und Versuchstagen ergibt keine signifikanten Unterschiede, so dass es gerechtfertigt ist,

Häufigkeitshistogramme (fette Punkte in logarithmischer Ordinatenachse zur Betonung der grössten Häufigkeiten; schwach darunter die Original-werte) und kumulative Kurven (absolute Werte) mit den zugehörigen LDQ-Werten bei Variation der Streuung der Betrachtungsdauern.(Anzahl Knoten).

Jedes Spektrum ist die Summe von 12 Einzelversuchen der Vp FJ von 2

Versuchstagen. Unterschiede zwischen den LDQ-Werten unter den verschiedenen Reizbedingungen sind varianzanalytisch auf dem 5%-Niveau signifikant.

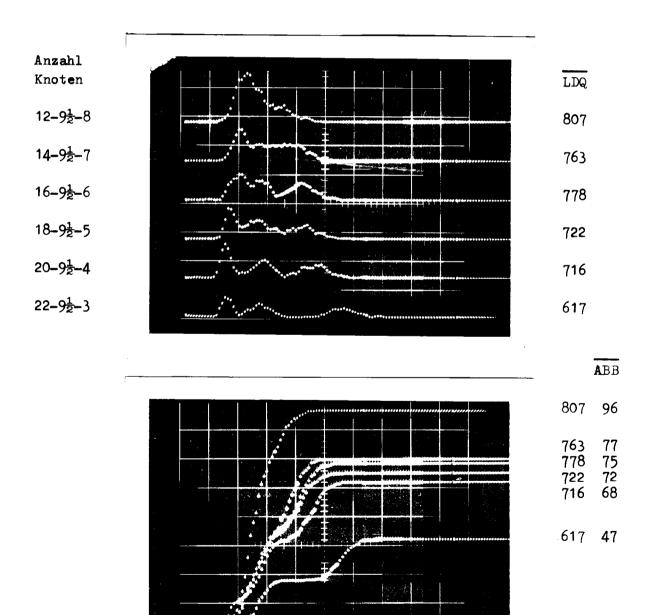
Auf der Abszissenachse entspricht 1 Teilung 500 msec.



Betrachtungsintervalldauer

# Abbildung 23

Häufigkeitshistogramme (statistisch ausgeglichene, aber untransformierte Werte) und kumulative Kurven mit den zugehörigen LDQ-Werten bei Variation der Streuung der Betrachtungsdauern (Anzahl Knoten) in 6 Stufen. Jedes Spektrum ist die Summe von 5 Einzelversuchen der Vp FJ an einem Versuchstag. Die Unterschiede zwischen den LDQ-Werten sind varianzanalytisch auf dem 1%-Niveau signifikant. Eine Teilung der Abszissenachse entsprich 500 msec.



die Ergebnisse der beiden Versuchstage zusammenzufassen. Dadurch erhöht sich die Zahl der Freiheitsgrade, und die Nullhypothese, dass keine Unterschiede der LDQ-Werte zwischen den verschiedenen Reizbedingungen seien, kann mit 5% Irrtumswahrscheinlichkeit zurückgewiesen werden.

Abbildung 23 gibt die Ergebnisse eines ähnlichen Versuchsplanes bei derselben Vp zwei Wochen später wieder. In bezug auf das System der einzelnen Betrachtungsdauern ist eine gewisse Verlangsamung des Zeitverhaltens und entsprechend stark überhöhte LDQ-Werte festzustellen. Während bei der Reizbedingung 22 - 9 - 3 in Abb. 22 die Modi der drei Verteilungsschwerpunkte, insofern sie überhaupt festzustellen sind, ungefähr bei 675, 1025 bzw. 1875 msec liegen, sind sie in Abb. 23 gegen 725, 1125 bzw. 2725 msec verschoben. Es handelt sich hier um eine allmähliche Veränderung des Zeitverhaltens, die bei mehreren Vpn, aber nicht immer beobachtet worden ist; ihre Bedeutung bedarf der Abklärung. Das Phänomen erinnert an die kurzfristigeren kumulativen Effekte bei der mehrfachen Wiederholung desselben Intervalls.

Der Trend der LDQ-Werte folgt auch hier mit bloss einer Intransitivität (722, 778, 763) den früher festgestellten Befunden. Trotz der geringeren Zahl der Freiheitsgrade (nur 5 Versuche pro Spektrum) sind die Unterschiede auf dem 1%-Niveau signifikant. Die Betrachtung der kumulativen Kurven weist wiederum auf sprunghafte Umstellungen des Verhaltens bezüglich der Anzahl der betrachteten Bilder hin. Die vier mittleren Reizbedingungen scheinen im Hinblick auf das durch sie evozierte Zeitverhalten weitgehend konfundiert worden zu sein; jedenfalls sind praktisch gleiche Sollwerte für die Anzahl der zu betrachtenden Bilder massgeblich. Innerhalb dieser Gruppe stellen wir dann nur Unterschiede der LDQ-Werte fest, welche auf Variationen der Dauer einzelner Betrachtungsintervallklassen zurückgeführt werden müssen. Hier handelt es sich nun nicht mehr wie früher bei den Vpn MH und DH um Spontanvariationen des Zeitverhaltens, sondern das Zeitverhalten folgt, wenn auch nicht vollständig, dem Reizangebot. Beim 2. und 3. Histogramm von unten mit den LDQ-Werten 716 und 722

sind nämlich gegenüber den beiden nächstfolgenden mit den höheren LDQ-Werten 778 und 763 die kurzen Betrachtungsinter-valle (der erste Verteilungsberg von links) verhältnismässig kürzer.

In diesem Versuchsplan der Abb. 23 ist sehr schön zu sehen, wie das Zeitverhalten der Vp dem Reizangebot nicht direkt folgt, sondern ungeachtet der Reizwariation gewissermassen bevorzugte Intervalldauern produziert, um dann bei stärkerer Reizvariation plötzlich in eine andere ausgezeichnete Lage überzugehen. So ist etwa der Modus der kürzesten Betrachtungsintervalle bei den 3 Reizbedingungen mit 22, 20 und 18 Knoten praktisch unverändert stets in der Grössenordnung von 725 msec, um dann bei 16 und 14 Knoten unvermittelt auf ca 1000 msec und bei 12 Knoten noch einmal auf ca 1125 msec überzugehen. Ähnlich springt der Modus der langen Betrachtungsdauern von 3 auf 4 und wieder von 4 auf 5 Knoten, bleibt aber bei 5, 6 und 7 Knoten praktisch unverändert; von 7 auf 8 Knoten springt er noch einmal, doch ist die lange Betrachtungsdauer beim obersten Histogramm nicht mehr als separate Teilverteilung erkennbar. Demgegenüber lassen sich bei den mittellangen Betrachtungsdauern so gut wie keine Verschiebungen feststellen, was ja dem konstantbleibenden Reiz ( $9\frac{1}{2}$  Knoten) entspricht.

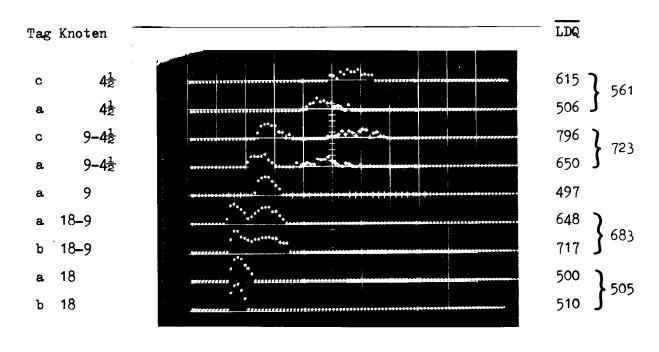
#### Vergleich von ein, zwei und drei Betrachtungsintervall-Klassen

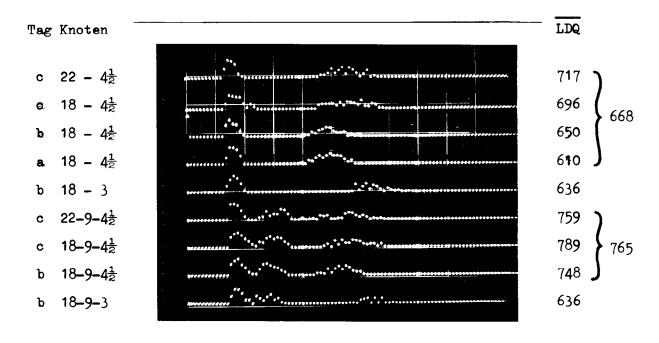
Durch die bei den Knotenschnüren so leichte Reizvariationsmöglichkeit wurde nahegelegt, auch einmal zu untersuchen, in welcher Beziehung das Zeitverhalten unter dem Ansatz der multiplen Uhr zu den unter dem Ansatz des Einheitenzählmodells durchgeführten Versuchen steht. M.a.W. welchen Einfluss hat es auf die Dauer längerer Produktionen, wenn man die Anzahl der manifest gemachten Betrachtungsintervall-Klassen variiert? Wir haben in den Experimenten I und II eigentlich eine solche Klasse von Intervallen induziert (allerdings durch andersartige Reizbedingungen!), während in Experiment III mit den Lichtpunkt-Dias drei Klassen von Betrachtungsintervallen nahegelegt wurden.

In Abbildung 24 sind die Ergebnisse von Versuchen mit FJ zusammengefasst, in welchen verschiedene willkürlich ausgewählte Reizbedingungen einander gegenübergestellt sind. Die Reihenfolge der Versuche ist hier allerdings nicht in allen Teilen ausbalanciert; ferner stammen die Daten von drei verschiedenen Versuchstagen, welche anscheinend, da es sich um Versuche im Anschluss an die Einübungsphase handelt, zunehmend langsameres Zeitverhalten (Betrachtungsintervalle und längere Produktion) bedingt haben. Es ist also nicht möglich die Unterschiede der LDQ-Werte statistisch zu prüfen; dennoch sind deutliche Tendenzen festzustellen, so dass die Daten wohl zur Hypothesenbildung beigezogen werden können.

Wie man im obern Bild der Abb. 24 sieht, sind die kleinsten LDQ-Werte unter jenen Bedingungen zu finden, unter denen nur eine Knotenanzahl dargeboten und die Vp dementsprechend nur ein stets gleiches Betrachtungsintervall produziert, also ganz ähnlich wie im Einheitenzählversuch reagiert hat. Dabei scheint es keinen Unterschied zu machen, ob die Vp kurze (bei 18 Knoten), mittellange (9) oder längere Betrachtungsintervalle macht. Sobald man eine zweite Klasse von Reizen hinzufügt, steigen die LDQ-Werte deutlich an. Im untern Bild ist weiter ersichtlich, dass das Hinzufügen einer dritten Reizklasse die LDQ-Werte noch einmal ansteigen lässt.

Häufigkeitshistogramme (in logarithmischer Ordinatenachse) mit zugehörigen LDQ-Werten bei verschiedenen Reizbedingungen mit einer, zwei oder drei Klassen von Betrachtungsintervallen (Anzahl Knoten). Jedes Spektrum ist die Summe von 6 Einzelversuchen der Vp FJ, die jeweils am selben Tag aufgenommen wurden; die verschiedenen Spektren stammen jedoch von 3 verschiedenen Versuchstagen, welche durch a, b, und c gekennzeichnet sind (zwischen a und b liegt ein Wochenende Pause). Im oberen Bild sind Versuche mit einer und zwei Reizklassen, im unteren Bild solche mit zwei und drei Reizklassen verglichen. Eine Abszissenteilung entspricht 400 msec.





Auffallend ist nun bei diesen Resultaten, dass die längeren Produktionen unter den Bedingungen 18, 9 und  $4\frac{1}{2}$  mit einer Ausnahme dem Standard angenähert sind (LDQ um 500). Ob die Vp bewusst gezählt hat, lässt sich nicht mit Sicherheit ausschliessen: sie hat immerhin anschliessend an einige dieser Versuche spontan von einem "gäbigen" Rhythmus gesprochen, dies allerdings nach den Wiederholungen eher als langweilig empfunden. Das genaue Verhältnis solch einfachen Taktierverhaltens zum System der multiplen Uhr bedarf der näheren Untersuchung. In den gefundenen Unterschieden sehen wir eine Rechtfertigung unserer Versuchstechnik, insofern das einfache Taktierverhalten als ein Spezialfall des Zeitverhaltens in mehreren Betrachtungsdauern aufgefasst werden kann. Für die weitere Untersuchung scheint es sinnvoller, zunächst das komplexere Zeitverhalten weiter zu analysieren, weil es natürlich mehr Aufschluss über die zugrundeliegenden Prozesse geben kann.

Am Rande sei∷noch darauf hingewiesen, dass auch bei diesen Datensätzen wieder die beiden Mechanismen beobachtet werden können, mit denen wir unter dem Ansatz der multiplen Uhr das Zustandekommen der längeren Produktionen erklären. Wir finden einerseits gleichsinnige Veränderungen der LDQ-Werte mit geringfügigen Verschiebungen eines der Schwerpunkte der Betrachtungsdauerverteilungen; von diesen Veränderungen nehmen wir an, dass sie bei unverändertem Gesamtsystem auf leichte Frequenzschwankungen eines einzelnen Oszillators zurückzuführen sind. Beispiele dafür in Abb. 24 sind Unterschiede, die mit Tagesschwankungen zusammenhangen, etwa im obern Bild die beiden Spektren mit 4½ Knoten sowie die beiden Spektren unter Bedingung 9- $4\frac{1}{2}$ : am Tag c sind allgemein die Betrachtungsintervalle und damit auch die LDQ-Werte etwas länger als am Tag a. Recht schön folgen auch im unteren Bild die Versuche unter 18 -  $4\frac{1}{2}$ und diejenigen unter  $18-9-4\frac{1}{2}$  diesem Muster, wobei die Darbietung von 22 anstelle von 18 Knoten im Zeitverhalten keinen Unterschied macht.

Anderseits finden wir auch die früher festgestellten <u>gegen-</u> <u>sinnigen Veränderungen</u> der LDQ-Werte bei stärkeren - experimentelle bedingten - Verschiebungen eines Schwerpunkts der Betrachtungsdauerverteilung. Mit der Verlängerung der längeren Betrachtungsdauern ist hier eine Senkung der LDQ-Werte verbunden. Im untern Bild der Abb.  $2\mu$  ist dieser Mechanismus durch die Vorgabe von 3 anstelle von  $4\frac{1}{2}$  Knoten (unter Beibehaltung der 18 und 18-9) wirksam geworden, wodurch die LDQ-Werte von durchschnittlich 668 auf 636 bei zwei Betrachtungsdauer-Klassen und von durchschnittlich 765 ebenfalls auf 636 bei drei Klassen gesenkt worden sind. Wir nehmen an, dass solche gegensinnigen Veränderungen der produzierten Intervalle auf Umstellungen des Gesamtsystems der Oszillatoren beruhen.

Wir werden uns nun der näheren Untersuchung von multiplen Systemen mit 2 und nachher mit 3 manifesten Klassen zu.

### Zeitverhalten in zwei Betrachtungsintervall-Klassen

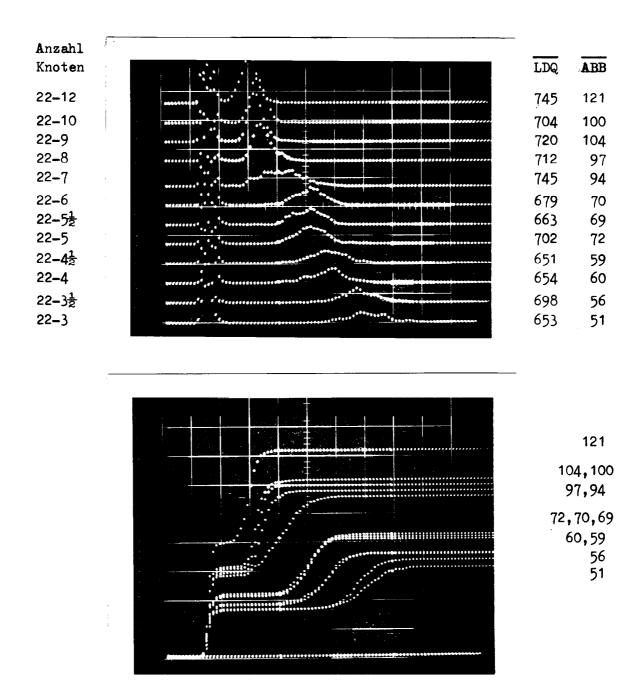
Bietet man zwei verschiedene Reizklassen zur Kodierung in Dauer an, so ist es sinnvoll, nur die eine unter Konstanthaltung der andern zu variieren, bzw. in einem zweidimensionalen Versuchsplan kürzere und längere Betrachtungsintervalle zugleich zu beeinflussen.

Wir suchen Antwort auf die Frage, ob nur die Variation der längeren, nur die Variation der kürzeren oder ob beide Betrachtungsintervalle für die längere Produktion relevant sind. Da die Betrachtungsintervalle nun mit Hilfe der elektronischen Reizgeneration in einem ziemlich weiten Bereich variiert werden können, erwarten wir nach den bisherigen Überlegungen und Daten weder eine lineare noch eine indirekt proportionale Abhängigkeit der LDQ-Werte von der Dauer des variierten Betrachtungsintervalls, sondern eine komplexere Beziehung, von der zunächst nur feststeht, dass sie nicht monoton ist, dass sie "Sprünge" aufweist, dass möglicherweise Bereiche mit direkter Abhängigkeit mit solchen mit indirektem Zusammenhang abwechseln.

Wir können nicht erwarten, durch die groben varianzanalytischen Verarbeitungen der früheren Versuche zu weiterführenden Einsichten zu gelangen. Vielmehr müssen die Betrachtungsdauer-verteilungen in Relation zu den zugehörigen LDQ-Werten und in Rücksicht auf die jeweilige Anzahl der betrachteten Bilder (ABB) im Einzelnen analysiert werden.

Abbildung 25 enthält typische Ergebnisse bei Variation der längeren Betrachtungsintervalle. Die LDQ-Werte bewegen sich hier im verhältnismässig engen Bereich zwischen 651 und 745. Betrachtet man die zugehörigen ABB-Werte, so fällt auf, in welch hohem Ausmass die innere Uhr dieser Probandin Dauerkonstanz zeigt; denn die Anzahl der betrachteten Bilder kompensiert unter allen Bedingungen weitgehend richtig die durch die veränderten Betrachtungsdauern eingeführten Auflagen. Die Untersuchung der Histogramme und kumulativen Kurven ergibt ferner eine ganz erstaunliche Konstanz der kurzen Betrachtungsdauern (22 Knoten). Die längeren Betrachtungsdauern kovariieren mit der Anzahl der dargebotenen Knoten (3 bis 12); aber – und

Häufigkeitshistogramme und kumulative Kurven mit zugehörigen LDQ- und ABBWerten unter Reizbedingungen für zwei Klassen von Betrachtungsintervallen:
konstante kurze und variable längere. Jedes Spektrum stellt die Summe von
6 Einzelversuchen der Vp FJ dar; die 12 Reizbedingungen wurden an zwei Versuchstagen je 3 Mal in zufälliger Reihenfolge dargeboten. Eine Abszissenteilung
miss 400 msec.

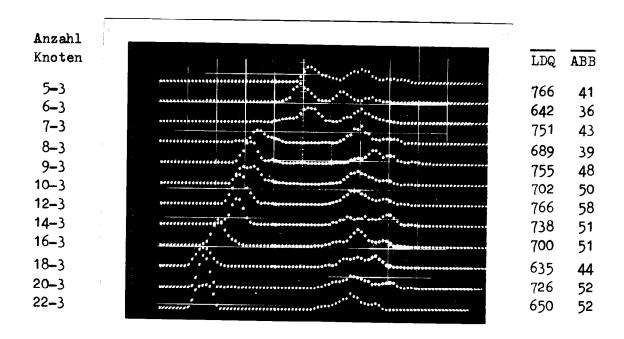


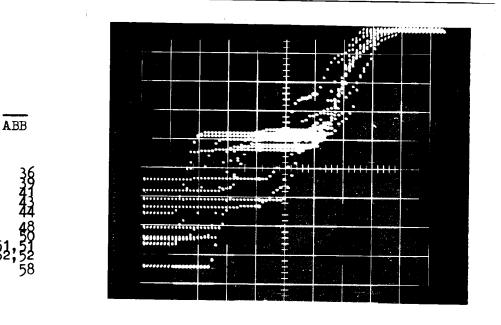
das ist aus diesen Daten in sehr schöner Weise ersichtlich - die Kovariation ist nicht linear! Die längeren Betrachtungs-dauern kennen vielmehr entsprechend dem Modell der multiplen Uhr bevorzugte Werte, und der Übergang von einem solchen Wert zum nächsthöheren erfolgt nicht stetig sondern plötzlich.

So ergibt sich unter dem Reizangebot 22-12 als Median des rechten Verteilungsberges ein Wert von 1220 msec, und der ABB-Wert erreicht hier allein die Höhe von 121. Verringert man die Anzahl Knoten allmählich von 10 bis 7, ergibt sich eine Gruppe von 4 Spektren mit ABB-Werten um 100; 3 von ihnen weisen trotz unterschiedlichem Reizangebot ganz ähnliche Betrachtungsdauerverteilungen auf, die Mediane betragen bei 22-10: 1340 msec; bei 22-9: 1315 msec; und bei 22-8: 1395 msec. Beim vierten Spektrum dieser Gruppe geschieht etwas Merkwürdiges: die Anzahl der betrachteten Bilder entspricht mit 94 derjenigen bei den vorigen Bedingungen, aber das Zeitverhalten der Vp pendelt gewissermassen zwischen den längeren Betrachtungsintervallen (um 1350 msec) der vorangehenden Gruppe und solchen der nachfolgenden Gruppe (um 2070 msec): es resultiert eine wesentlich grössere Streuung der längeren Betrachtungsintervalle (Median bei 1625 msec). Es folgt dann wieder eine Gruppe von 3 Spektren mit ABB-Werte um 70 und den folgenden Medianen der längeren Betrachtungsintervalle: bei 22-6: 2080 msec; bei 22-5 $\frac{1}{2}$ : 2050 msec; und bei 22-5: 2080 msec. Eine weitere Gruppe von 2 Spektren weist ABB-Werte um 60 und Mediane von 2315 bzw. 2330 msec auf. Bei den letzten beiden Spektren mit dem Reizangebot 22- $3\frac{1}{2}$  bzw. 22-3 ist nicht ganz sicher zu entscheiden, ob die längeren Betrachtungsintervalle Stichproben derselben Population darstellen.

Ganz Ähnliches ist in Abbildung 26 bei der Variation der kürzeren Betrachtungsintervalle zu beobachten. Allerdings scheint hier eine kleinere Zahl von ausgezeichneten Bereichen die Betrachtungsdauern gewissermassen an sich zu ziehen. Deutlich unterscheiden sich eine erste Gruppe von 3 Spektren bei 5-3, 6-3 und 7-3 Knoten mit Medianwerten von 2160, 1980 und 2080 msec und eine letzte Gruppe von 3 Spektren bei 18-3, 20-3 und 22-3 Knoten mit Medianwerten von 640, 640 und 645 msec in dieser Reihenfolge.

Häufigkeitshistogramme und kumulative Kurven (für bessere Übersichtlichkeit mit übereinanderprojizierten Maxima am rechten oberen Rand) mit zugehörigen LDQ- und ABB-Werten unter Reizbedingungen für zwei Klassen von Betrachtungs-intervallen: variable kurze und konstante längere. Jedes Spektrum stellt die Summe von 3 Einzelversuchen der Vp FJ am selben Versuchstag dar. Eine Abszissenteilung entspricht 400 msec.





Dazwischen scheint ein Bereich zu liegen, in welchem die kürzere Betrachtungsdauer dem Reizangebot proportional, wenngleich nicht ganz ohne Sprünge, folgt: die Mediane betragen absteigend 1410 msec (bei 8-3), 1280, 1270, 1130, 1090 und 850 msec (bei 16-3 Knoten).

In diesen beiden Datensätzen könnte trotz der eindrücklichen Belege für die Unstetigkeit des Zeitverhaltens was die Dauer der Betrachtungsintervalle betrifft, enttäuschen, dass die LDQ-Werte nicht die erwartete sägezahnförmige Zu- und Abnahme zeigen. Man muss aber einerseits bedenken, dass die LDQ-Werte sicher nicht nur durch die für die beiden manifest gemachten Betrachtungsintervalle verantwortlichen Oszillatoren determiniert sind, sondern wahrscheinlich in dem gesamten wirksamen Uhrensystem auch langsamere Teilprozesse, die wir in unserem Versuch nicht erfasst haben, eine wichtige Rolle spielen. Anderseits sind die LDQ-Werte auch durch die Sollwerte der Anzahl der zu betrachtenden Bilder abhängig; und da diese ihrerseits vermutlich von der Gewichtsverteilung innerhalb des Oszillatorsystems bestimmt sind, ist schwerlich eine Korrektur der LDQ-Werte möglich, welche sie von der Kovariation mit ABB befreit. Wir müssen uns damit begnügen, die Betrachtungsdauerverteilungen und die LDQ-Werte von Versuchen mit ähnlichen ABB-Werten zu überprüfen. Hier zeigen sich durchaus Fälle von Spontanvariation der Betrachtungsintervalle mit gleichsinnigen Änderungen der LDQ-Werte; aber sie scheinen weniger von den kürzeren als von den längeren Betrachtungsintervallen her bestimmt zu sein. Beispielsweise steigt bei 22-3 und 20-3 der LDQ-Wert von 650 auf 726, und dem entspricht aber eine Verlagerung des Medians der längeren Betrachtungsintervalle von 2700 auf 2760 msec, während die kurzen Intervalle konstant bleiben. Ebenso bleiben bei 10-3 und 9-3 (ABB = 50 und 48) die kurzen Intervalle konstant, während die längeren im Median bei gleichzeitiger Erhöhung des LDQ-Wertes von 702 auf 755 von 2740 auf 3030 msec ansteigen. Unter den Reizbedingungen 16-3 und 14-3 ist Ähnliches zu beobachten, hier nun allerdings unter gemeinsamer Verlängerung sowohl der kurzen wie der längeren Betrachtungsintervalle. Natürlich kommt solchen Beispielen keine Beweiskraft zu; aber

sie passen doch recht gut ins erwartete Bild. Die Fälle, wo bei konstantem ABB einer geringen Verschiebung der Betrachtungsintervalle nicht eine erwartete gleichsinnige Veränderung der LDQ-Werte zugeordnet ist, sind selten. Wir finden nur eines in Abblidung 25 im 2. bis 4. Spektrum von oben, wo das Zeitverhalten unter 22-9 die relativ kürzeste längere Betrachtungsdauer (im Median 1315 msec gegenüber 1340 und 1395 msec bei den benachbarten Spektren) und aber den höchsten LDQ-Wert (720 gegnüber 704 und 712) aufweist; immerhin streuen auch die ABB-Werte von 97 bis 104.

Schliesslich wurden in einem zweidimensionalen Versuchsplan kurze und längere Betrachtungsdauern zugleich variiert. Aus Gründen des Versuchsumfangs musste allerdings die Variation auf relativ enge Bereiche eingeschränkt bleiben. Dennoch hoffen wir, eine vorläufige Antwort auf die Frage zu bekommen, ob die kürzeren oder die längeren oder beide Klassen von Betrachtungsintervallen für die längeren Produktionen relevant sind.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 27 dargestellt. Die Ergebnisse der Varianzanalyse lassen vermuten, dass die längeren Betrachtungsintervalle für die Dauer der längeren Produktionen allein relevant sind. Wohl variieren auch die kurzen Betrachtungsdauern im Gefolge des veränderten Reizangebots. Wie aus Tabelle // ersichtlich, ist ihre Variation gar nicht unbeträchtlich, wenngleich allerdings etwas geringer als die Streubreite der längeren Intervalle. Man kann also kaum den fehlenden Zusammenhang zwischen kwrzen Betrachtungsintervallen und LDQ auf nur mangelhaft gelungene Beeinflussung der kurzen Intervalle zurückführen.

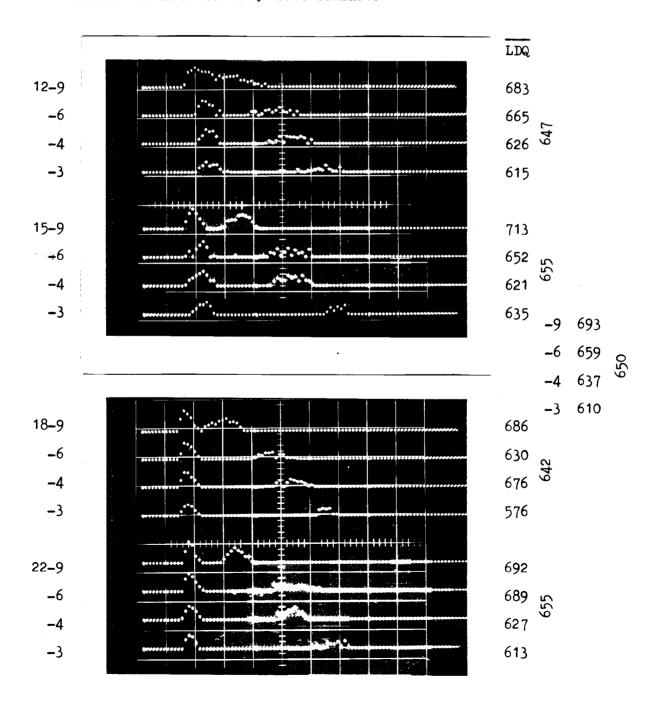
Betrachtet man die Ergebnisse im Einzelnen, so sind wiederum die schon besprochenen Phänomene, welche wir für Indizien des Systemcharakters des Zeitverhaltens halten, deutlich sichtbar. So steigen die ABB-Werte sprunghaft von 45 über 65 auf die Grössenordnung von 100 bzw. 125. Interessant ist dabei, dass bei den Bedingungen -4 und -6 praktisch gleiche Sollwerte für die Anzahl der zu betrachtenden Bilder wirksam zu sein scheinen. Dem entspricht auf Seiten der längeren Betrachtungsintervalle unter diesen Bedingungen eine weitgehende Kongruenz der Teil-

# Abbildung 27

163

Häufigkeitshistogramme (in logarithmischer Ordinatenachse) aus einem 4x4 Versuchsplan mit Variation der lurzen und der längeren Betrachtungsdauern. Jedes Spektrum ist die Summe von 4 Einzelversuchen an zwei Versuchstagen der Vp FJ. Eine Abszissenteilung misst 400 msec.

Die Varianzanalyse der LDQ-Werte ergibt einzig auf dem 5%-Niveau gesicherte Unterschiede zwischen den längeren Betrachtungsintervallen; die Unterschiede zwischen den kurzen und die Wechselwirkung kurze x lange sind zufällig. Durch die Unterschiede zwischen den langen Betrachtungsdauern sind 16,6% der erfassten Varianz der LDQ-Werte erklärt.



Zusammenstellung der Statistiken der in Abbildung 27 dargestellen Ergebnisse.

| Anzahl<br>Knoten                    | ABB                          | LDQ                      | Mediane der Betrachtungsintervalle (msec)<br>kürzere längere |            |      |      |  |
|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------|--|------------|------|------|--|
| 12-9<br>12-6<br>12-4<br>12-3        | 125<br>62<br>63<br>44        | 683<br>665<br>626<br>615 | 815 13<br>920<br>965<br>975                                  | 1975       | 2140 | 2620 |  |
| 12-                                 |                              | 647                      | 919  |            |      |      |  |
| 15–9<br>15–6<br>15–4<br>15–3        | 93<br>62<br>72<br>47         | 713<br>652<br>621<br>635 | 730 14<br>940<br>850<br>890                                  | 2350       | 2320 | 2775 |  |
| 15-                                 |                              | 655                      | 853  |            |      |      |  |
| 18–9<br>18–6<br>18–4<br>18–3        | 103<br>69<br>66<br>43        | 686<br>630<br>676<br>576 | 650 12<br>675<br>670<br>680<br>66 <b>9</b>                   | 10<br>1860 | 2140 | 2630 |  |
| 22-9<br>22-6<br>22-4<br>22-3<br>22- | 95<br>71<br>56<br><b>4</b> 6 | 692<br>689<br>627<br>613 | 690 13<br>695<br>700<br>690                                  | 40<br>2105 | 2150 | 2730 |  |
| -9<br>-6<br>-4<br>-3                | 104<br>66<br>64<br>45        | 693<br>659<br>637<br>610 | 13   | 29<br>2073 | 2188 | 2689 |  |

verteilungen mit Medianwerten von im Durchschnitt 2188 bzw. 2073 msec. Bei 18-4 und 18-6 ist auch (abgesehen von 15-3, was ja auch mit 15-4 zusammenhangen kann) die einzige Intransitivität bei den LDQ-Durchschnitten festzustellen. Offenbar weist das manifeste Zeitverhalten dieser Vp bei Intervallen in den Grössenordnung von 2 bis 2,2 sec einen kritischen Bereich auf in der oben besprochenen Bedeutung, dass die allmähliche Verlängerung der Betrachtungsintervalle zunächst gleichsinnig die längere Produktion erhöht (vol. bei 18-6 die relativ kleinsten Werte sowohl des zweiten Medians wie auch des LDQ!), bis dann ohne grosse Veränderung des manifestem Zeitverhaltens das es bedingende Oszillatorsystem sich plötzlich umstrukturiert und zu niedrigeren LDQ-Werten führt. Diese Feststellung darf gewagt werden in Anbetracht der Tatsache, dass in den früheren Resultaten deutlich analoge Verhältnisse beobachtet wurden. Auch in Abbildung 25 unter den Versuchsbedingungen 22-6 bis 22-4 steigt LDQ zunächst mit dem Median des längeren Betrachtungsintervalles um dann mit dessen weiteren Anstieg plötzlich abzufallen. Und in Abbildung 26 ist es unter den Bedingungen 5-3 bis 7-3 das kürzere Betrachtungsintervall, dessen Median von derselben Grössenordnung nun mit den LDQ-Werten kovariiert.

Weitere solche Analysen treffen auf die Schwierigkeit, dass häufig infolge des Systemcharakters des Zeitverhaltens Verlagerungen der Betrachtungsdauern simultan, und zwar sowohl gleichgerichtet wie auch kontrastierend, vorkommen. Es ist dann unmöglich zu entscheiden, welchem Bereich der Betrachtungsintervalle die ausschlaggebende Rolle bei der längeren Produktion zukommt. Die Ergebnisse der zweidimensionalen Varianzanalyse lassen immerhin vermuten, dass normalerweise die längeren Betrachtungsdauern mehr ins Gewicht fallen. Durch die Einführung einer dritten Reizklasse kann vielleicht ein festerer Bezugsrahmen des Oszillatorsystems provoziert werden, wobei dann unter Konstanthaltung von zwei Teilprozessen die Variation des dritten für die Dauer der längeren Produktionen umso deutlicher relevant sein müsste.

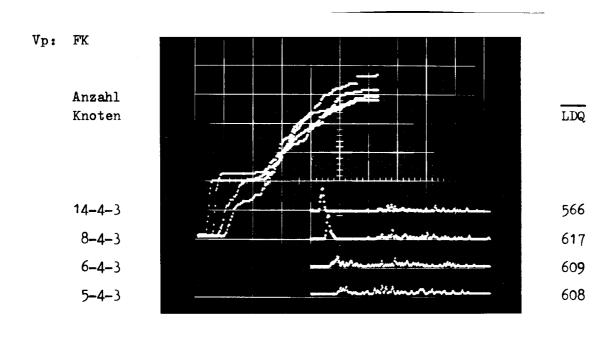
#### Zeitverhalten in drei Betrachtungsintervall-Klassen

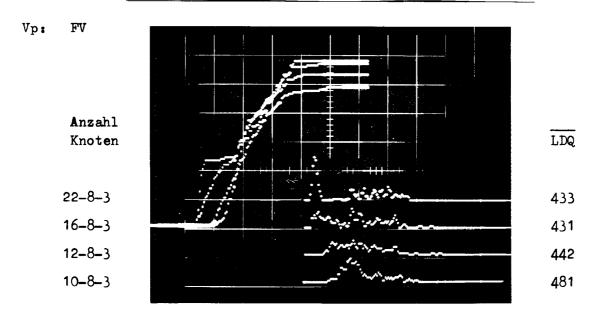
Variation der kurzen Betrachtungsdauern. Abbildung 28 stellt typische Daten aus Versuchen dar, bei denen unter Konstanthaltung der mittellangen und der längeren Betrachtungsintervalle die kürzesten in 4 Stufen variiert worden sind. Um ein strukturell ähnliches Zeitverhalten zu erreichen, mussten den beiden Vpn unterschiedliche Reizbedingungen dargeboten werden. Die kumulativen Kurven belegen, dass die experimentelle Manipulation erfolgreich gewesen ist, insofern Unterschiede der 4 Kurven im Teilbereich zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $4\frac{1}{2}$  sec bei beiden Vpn deutlich heraustreten, während sich die Verteilungen der längeren Betrachtungsdauern nur geringfügig voneinander unterscheiden.

Dennoch sind die Unterschiede der LDQ-Werte, wie wir es nach den früheren Ergebnissen erwarten würden, nur zufällig voneinander verschieden. Drei weitere ähnliche Versuchspläne mit den Vpn FJ und FK, bei denen allerdings teilweise die kurzen Betrachtungsintervalle weniger deutlich differenziert sind, ergaben ebenfalls insignifikante Varianzanalysen. In einem Versuch wurde als Standard der längeren Produktion  $\frac{1}{2}$ min verwendet, ebenfalls ohne Effekt. Wir schliessen aus diesen Ergebnissen, dass die Produktionen in der Grössenordnung von  $\frac{1}{2}$  bis 1 min kaum oder überhaupt nicht durch Teilprozesse der innern Uhr bedingt sind, welche in Betrachtungsintervallen der Grössenordnung von 1/3 bis einige Sekunden manifest werden, sofern diese Betrachtungsintervalle den kürzeren Pol eines komplexen Bezugsrahmens bilden.

Variation der mittellangen Betrachtungsdauern. Ebenfalls keine gesicherten Unterschiede der LDQ-Werte ergaben die Versuche, in denen die beiden Extreme der Knotenanzahl konstant gehalten und durch Veränderung der dazwischen liegenden Reizdichte die mittellangen Betrachtungsdauern variiert wurden. In Abbildung 29 sind typische Daten derselben Vpn zusammengestellt. Auch hier ist zweifellos die experimentelle Manipulation in bezug auf Betrachtungsdauer-Verteilungen erfolgreich gewesen. Jedoch sind kaum Systemwirkungen festzustellen. Wenn nämlich die Gesamtmengen der unter jeder Reizbedingung betrachteten

Häufigkeitshistogramme (statistisch ausgeglichen) und kumulative Kurven (absolute Werte) mit zugehörigen LDQ-Werten aus zwei Versuchsplänen unter Variation der kurzen bei konstanten mittleren und längeren Betrachtungs-intervallen. Im oberen Bild ist jedes Spektrum die Summe von 7 Einzelversuchen der Vp FK von einem Versuchstag, im unteren Bild die Summe von je 8 Einzelversuchen der Vp FV. Eine Abszissenteilung misst in beiden Darstellungen 2 sec. In beiden Datensätzen ergibt die Varianzanalyse der LDQ-Werte nicht-signifikante F-Werte.



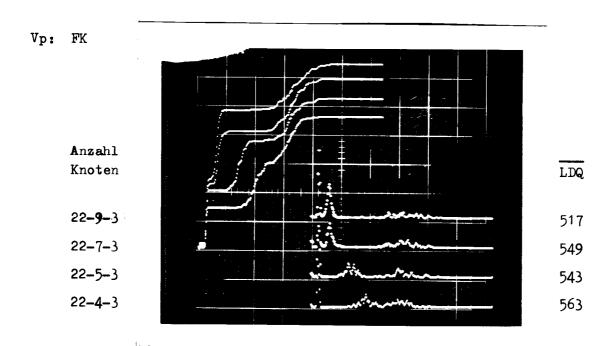


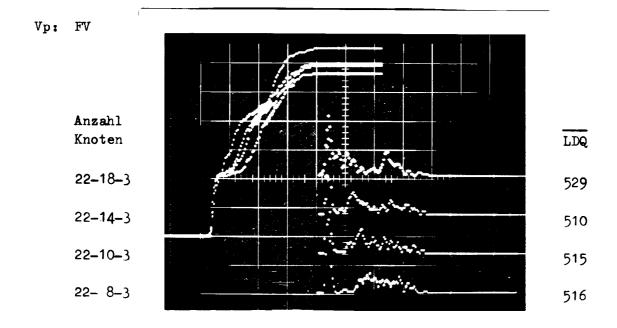
Bilder gleichgesetzt und die Häufigkeiten der Betrachtungsintervalle jeder Dauer relativiert werden, so unterscheiden sich die kumulativen Kurven praktisch nur noch im Bereich der mittleren Betrachtungsintervalle.

Im Versuchsergebnis von FK ist interessant zu beobachten, dass die Verschiebung der mittleren Betrachtungsintervalle nur schwache und jedenfalls keine überkompensatorischen Umstellungen in bezug auf die Anzahl der betrachteten Bilder nach sich zieht. Zwar werden mit dem Längerwerden der Betrachtungsdauern insgesamt weniger Bilder betrachtet (vgl. die kumulativen Kurven im oberen Bild der Abb. 29), aber trotzdem sind die LDQ-Werte bei 22-4-3 möglicherweise höher als bei 22-9-3 (Unterschied statistisch nicht gesichert). Es scheint demnach, dass unter diesen Bedingungen die innere Uhr weitgehend durch die beiden festbleibenden Pole des manifesten Zeitverhaltens bestimmt ist; die Veränderung der mittleren Intervalle ist in diesem System nur akzessorisch und beeinflusst die längeren Produktionen nicht.

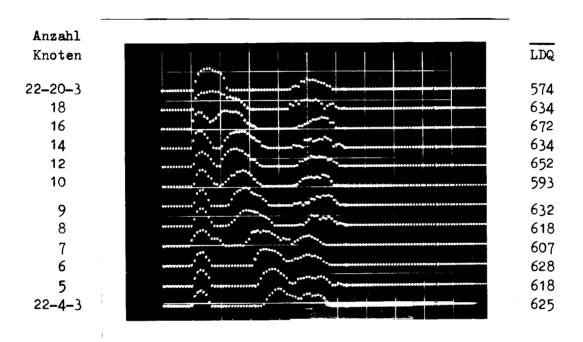
Um diese Aussage zu bekräftigen wurde noch der in Abb. 30 dargestellte Versuch mit einer feineren Abstufung der Reize für die mittellangen Betrachtungsintervalle unternommen. Zugleich wurden, um diesen Intervallen für das Insgesamt der Uhr mehr Gewicht zukommen zu lassen, kurze, mittlere und längere in den Proportionen 1:2:1 provoziert. Die grafisch und tabellarisch zusammengefassten Ergebnisse lassen wiederum den Erfolg der experimentellen Manipulation erkennen; doch zeigt die Analyse der LDQ-Werte keinen systematischen Effekt. Leichte Systemwirkungen innerhalb des manifesten Zeitverhaltens sind festzustellen. So sind die langen Betrachtungsdauern unter den Reizangeboten 22-4-3 bis 22-4-7 durch die grössere Nähe der mittellangen etwas verkürzt, während bei 22-8-3 und 22-9-3 eine kontrastähnliche Verlängerung auftritt. Bei den kurzen Intervallen sind die Beeinflussungen geringer und infolge Verschmelzens der beiden Teilverteilungen nicht genau festzustellen. Die Abgrenzung der Teilverteilungen ist übrigens in einigen Bedingungen nicht unproblematisch. In Ermangelung weiterer Information ist die bestmögliche Trennung die Betrachtungsdauer

Häufigkeitshistogramme (statistisch ausgeglichen) und kumulative Kurven (absolute Werte) mit zugehörigen LDQ-Werten aus zwei Versuchsplänen unter Variation der mittellangen bei konstanten kurzen und längeren Betrachtungs-intervallen. Im oberen Bild stellt jedes Spektrum die Summe von 9 Einzelversuchen an einem Versuchstag der Vp FK, im unteren Bilde dasselbe der Vp FV dar. Die Abszissenteilung ist 2 sec pro Teilstrich. In beiden Datensätzen ergibt die Varianzanalyse nur zufällige Unterschiede zwischen den LDQ-Werten.





Häufigkeitshistogramme (in logarithmischer Ordinatenachse) und zugehörige Statistiken aus einem Versuchsplan unter <u>Variation der mittellangen</u> Betrachtungsdauern in 12 Stufen bei konstanten kurzen und längeren. Jedes Spektrum ist die Summe von 6 Einzelversuchen an zwei Tagen der Vp FJ. Kurze, mittellange und längere Betrachtungsdauern sind im Verhältnis 1:2:1 provoziert. Eine Abszissenteilung misst 500 msec. Die Varianzanalyse der LDQ-Werte ergibt F < 1.



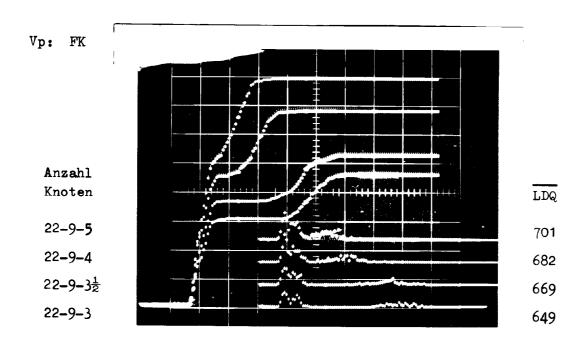
| Anzahl  |                                  | Mediane der Betrachtungsdauern (msec) |       |             |         |  |  |
|---------|----------------------------------|---------------------------------------|-------|-------------|---------|--|--|
| Knoten  | $\mathbf{A}\mathbf{B}\mathbf{B}$ | LDQ                                   | kurze | mittellange | längere |  |  |
| 22-20-3 | 57                               | 574                                   |       |             | 2650    |  |  |
| 18      | 62                               | 634                                   |       |             | 2650    |  |  |
| 16      | 63                               | 672                                   | 695   | 1210        | 2785    |  |  |
| 14      | 57                               | 634                                   | 705   | 1400        | 2765    |  |  |
| 12      | 55                               | 652                                   | 730   | 1320        | 2740    |  |  |
| 10      | <b>4</b> 7                       | 593                                   | 730   | 1410        | 2740    |  |  |
| 9       | 51                               | 632                                   | 705   | 1475        | 2805    |  |  |
| 8       | 49                               | 618                                   | 705   | 1545        | 2770    |  |  |
| 7       | 49                               | 607                                   | 730   | 1775        | 2580    |  |  |
| 6       | 44                               | 628                                   | 695   | 1800        | 2560    |  |  |
| 5       | 44                               | 618                                   | 700   | 1940        | 2655    |  |  |
| 22-4-3  | 44                               | 625                                   | 680   | 2055        | 2630    |  |  |

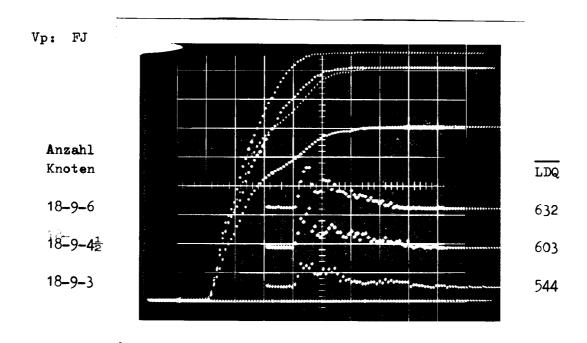
mit der kleinsten Häufigkeit. Die gefundenen Werte für die längeren Intervalle bei 22-4-3 bis 22-7-3 in der Grössenordnung von 2600msec sind demnach eher Überschätzungen.

Im Gegensatz zu stufenweisen Verlagerung der Verteilungsschwerpunkte der längeren und der kürzeren Betrachtungsintervalle in den Abb. 25 und 26 fällt in Abb. 30 auf, dass die
Dauer der mittellangen Intervalle bei jeder Reizbedingung der
Knotenzahl fast kontinuierlich folgt. Die Reihe der Medianwerte
in der beigefügten Tabelle lässt eine einzige Diskontinuität
bei 22-12-3 erkennen. Diese Feststellung unterstützt unsere
Schlussfolgerung über die geringere und wahrscheinlich nichtkonstitutive Rolle der mittellangen Betrachtungsintervalle bei
Variation in drei Klassen im Gesamtgefüge der inneren Uhr.

Variation der längeren Betrachtungsdauern. Nach den Ergebnissen des Grundversuchs (aa vs. bb) und nach den Ergebnissen der Versuche mit zwei Betrachtungsintervall-Klassen müssten sich unterschiedliche längere Betrachtungsintervalle nun für die Dauer der Minuten-Produktionen als relevant erweisen. Typische Resultate sind in Abbildung 3f dargestellt. Hier hat nun die experimentelle Variation der dargebotenen Knotenschnüren nicht nur eine unterschiedliches Zeitverhalten in bezug auf die Verteilung der Betrachtungsdauern hervorgerufen, sondern darüber hinaus erweisen sich die LDQ-Werte entsprechend der früher festgestellten Regel als von diesem Zeitverhalten abhängig. Je mehr die langen Betrachtungsintervalle verlängert werden, desto kürzer werden die längeren Produktionen. Die Unterschiede der LDQ-Werte sind varianzanalytisch auf dem 5%-Niveau signifikant. Rund ein Drittel der erfassten Varianz der LDQ-Werte scheint durch die experimentelle Variation aufgeklärt zu werden. In 5 weiteren ähnlichen Versuchsplänen ergaben sich vergleichbare Resultate, wobei der Prozentsatz der durch die Variation der langen Betrachtungsdauern erklärten Varianz zwischen 20 und 50. in einem Fall sogar 58% betrug. Dabei wurde in einem Fall als Standard der längeren Produktion ½ min verwendet. In einem weiteren Versuch mit Standard 2 min ergab sich ein gleicher Trend der LDQ-Durchschnitte, doch erreichte der F-Test nur knapp den für ein Signifikanzniveau von 10% geforderten Wert (vgl Abb. 32).

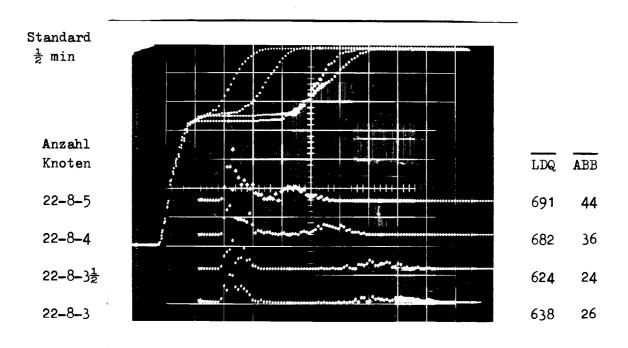
Häufigkeitshistogramme und kumulative Kurven (in absoluten Werten) mit zugehörigen LDQ-Werten aus zwei Versuchsplänen unter <u>Variation der langen</u> bei konstanten kurzen und mittleren Betrachtungsintervallen. Im oberen Bild ist jedes Spektrum die Summe aus 5 Versuchen der Vp FK; die Abszissenteilung misst 600 msec; 38% der Varianz der LDQ-Werte sind durch die vierstufige Reizvariation erklärt (p < .05). Im unteren Bild ist jedes Spektrum die Summe von 10 Versuchen der Vp FJ; hier ist die Abszissenteilung 500 msec; die dreistufige Reizvariation erklärt 30% der Varianz der LDQ-Werte (p < .05).

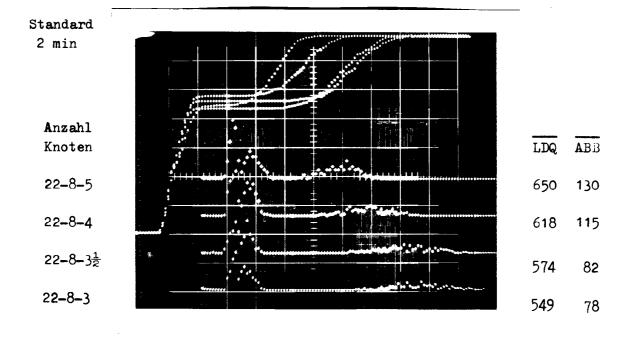




Häufigkeitshistogramme und kumulative Kurven (mit relativierter Gesamtmenge der betrachteten Bilder) aus zwei Versuchsplänen der Vp FK unter <u>Variation</u> <u>der langen</u> bei konstanten kurzen und mittleren Betrachtungsintervallen.

Der Standard der längeren Produktion ist im oberen Bild ½ min, im unteren 2 min. Im oberen Bild sind je 12 Einzelversuche zu einem Spektrum summiert, im unteren je 5. Die Unterschiede zwischen den LDQ-Werten sind im oberen Bild mit p <.01 gesichert, im unteren erreicht der F-Wert infolge der geringeren Versuchszahl nur knapp p≈.10; beim Standard ½ min sind 38%, beim Standard 2 min nur 21% der erfassten Varianz durch die unabh.Variable erklärt. Die Anszissenteilung misst in beiden Abbildungen 500 msec.





Es scheint demnach, dass in der Variation der längeren von drei Klassen von Betrachtungsintervallen eine bedeutsame Beeinflussungsmöglichkeit des Gesamtsystems der multiplen Uhr gefunden worden ist. Eingehende parametrische Untersuchungen unter Variation sowohl des Reizangebotes bzw. der Betrachtungsdauern wie auch der Standards der längeren Produktion werden unternommen werden müssen, um im Einzelnen einen Einblick in den Aufbau der multiplen Uhr zu gewinnen.

Der Einsatz von drei Reizklassen scheint gegenüber den oben dargestellten Resultaten mit zwei Klassen keinen wesentlichen Gewinn zu bringen, da alle Vpn kurze und mittellange Betrachtungsintervalle sehr ähnlich wählen, so dass die beiden Teilverteilungen in den Histogrammen praktisch verschmelzen und in den kumulativen Kurven ihre Separierung nur noch als leichter Knick erkenntlich bleibt. Die Frage muss aber offen bleiben, ob dies bloss mit den gegebenen Versuchsbedingungen mit ihren beschränkten Variationsmöglichkeiten der Reize zusammenhängt oder allgemein ein Merkmal des Zeitverhaltens darstellt.

# Schlussbemerkung

Damit ist die explorative Untersuchung der multiplen inneren Uhr in einem Stadium angelangt, wo einerseits systematische parametrische Untersuchungen über den Einfluss der Variation der längeren Betrachtungsdauern auf verschiedene Dauern von längeren Produktionen angezeigt sind. Anderseits scheint die neue Theorie nun zwar nicht sehr präzise fassbar, aber doch so weit mitteilbar, dass sich möglicherweise andere Forscher für den Ansatz zu interessieren vermögen. Die Erwartung richtet sich dabei ebensosehr auf unabhängige Replikationen im vorliegenden experimentellen Ansatz wie auf die Entwicklung neuer experimenteller Strategien, welche andere Aspekte der Theorie einer empirischen Realisation näherführen.

Die bisherigen Befunde haben herausgestellt, dass Dauer durch ein System von unterschiedlich raschen, voneinander teilweise abhängigen Teilprozessen konstituiert sein kann. Die experimentellen Bemühungen haben sich allerdings auf die Operationalisierung verhältnismässig rascher Teilprozesse (mit Periodenlängen bis etwa 10 sec) beschränken müssen, während im theoretischen Ansatz spekuliert wurde, dass stets gerade solchen Teilprozessen der inneren Uhr das grösste Gewicht zukommen müsste, welche von einer ähnlichen Grössenordnung sind wie die vom System zu verarbeitenden Dauern. Das Gelingen einer Operationalisierumg solcher Teilprozesse wird für den Fortschritt der multiplen Theorie entscheidend sein.

Trotz dieser Mängel scheint ein Anfang zu einer echten Alternative zum mechanistischen Einheitenzählmodell vorzuliegen, welcher viel besser als dieses zu unserem allgemeinen Wissen vom Wahrnehmen und Handeln passt.

#### Literaturverzeichnis

ADAMSON, R. & K.EVERETT: Response modification by "irrelevant" stimulus attributes. Psychonomic Science 14(2) 1969 81-83.

ADKINS, S.: Performance, heart-rate, and respiration rate on the day-night continuum. Percept.Mot.Skills 18 1964 409-412.

AIKEN, L.R. jr.: Reaction time and the expectancy hypothesis. Percept.Mot.Skills 19 1964 655-661.

AIKEN, L.R. jr.: Learning and retention in the estimation of short time intervals: a circuit and a study. Percept.Mot.Skills 20 1965 509-517.

ALLPORT, D.A.: Phenomenal simultaneity and the perceptual moment hypothesis. Brit.J.Psychol. 59 1968 395-406.

ASCHOFF, J.: Circadian Clocks. Amsterdam, North Holland Publ. Comp., 1965.

AUGENSTINE, L.G.: Evidence of periodicities in human task performance. In: QUASTLER, H. (Ed.): <u>Information theory in psychology</u>. Glencoe Ill., Free Press, 1955. 208-226.

von BAER, K.E.: Welche Auffassung der lebenden Natur ist die richtige? und wie ist diese Auffassung auf die Entomologie anzuwenden? Rede Nr. V in Reden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen und kleiner Aufsätze vermischten Inhalts, I. Theil: Reden. St. Petersburg, H. Schmitzdorff, 1864. 237-283.

BAKAN, P.: Retrospective awareness of error in time estimation. Percept.Mot.Skills 15 1962 342.

BAKER, C.H.: On temporal extrapolation. <u>Canad.J.Psychol.</u> 16 1962 37-41.

BELL, C.R. & K.A.PROVINS: Relations between physiological responses to environmental heat and time judgments. <u>J.exp.Psychol.</u> 66 1963 572-579.

BEHAR, I. & W. BEVAN: The perceived duration of auditory and visual intervals: cross-modal comparison and interaction. American J. Psychol. 74 1961 17-26.

BERGIUS, R.: Vom Zeitsinn zum Verhaltensparameter Zeit. In: IRLE, M. (Ed.): Bericht 26.Kongr.Deutsche Ges.Psychol. in Tübingen 1968. Göttingen, Hogrefe, 1969. 1-21.

BERGSON, H. (1908): (Creative evolution.) New York, Holt. 1911.

BERTELSON, P.: Central intermittency twenty years later. Quart. J.exp.Psychol. 18 1966 153-163.

BINDRA, D. & H. WAKSBERG: Methods and terminology in studies of time estimation. Psychol. Bull. 53 1956 155-159.

BJÖRKMAN, M. & O.HOLMKVIST: The time order error in the construction of a subjective time scale. <u>Scand.J.Psychol.</u> 1 1960 7-13.

BLANC-GARIN, J.: Le masquage visuel rétroactif. Année Psychol. 67(1) 1967 153-193.

BONFITTO, M., V.M. VASIL'EVA & L.G. VORONIN: (Electrophysiological study of conditioned reactions to time in man. russisch). Zhurnal Vysshei Nervonoi Deyatel'nosti 18(2) 1968 179-186. Zit.nach Psychol. Abstr. 43 1969 Nr. 3434.

BORING, E.: Sensation and perception in the history of experimental psychology. New York, Appleton-Century-Crofts, 1942.

von BOSE, H.J., M.PFLANZ & Th.von UEXKÜLL: Untersuchungen zur pharmakologischen Beeinflussung der kleinsten Zeiteinheit ("Moment") der optischen Wahrnehmung. Klin.Wochenschr. 31 1953 1073-1075 und 32 1954 704-705.

BOULTER, L. & M.H.APPLEY: Time and effort as determiners of time-production error. J.exp.Psychol. 75 1967 447-452.

BOWER, T.G.R.: A local sign for depth. Nature 210 1966 1081-1082.

BRACKBILL, Y., L.M.LINTZ & H.E.FITZGERALD: Differences in the autonomic and somatic conditioning of infants. <u>Psychosom.Med.</u> 30(2) 1968 193-200.

BRECHER, G.A.: Die Entstehung und biologische Bedeutung der subjektiven Zeiteinheit, - des Momentes. Z.vergl.Physiol. 18 1932 204-243.

BRECHER, G.A.: Die Momentgrenze im optischen Gebiet. Z.Biol. 48 1937 232-247.

BREESKIN, J.: The development of time estimation in children. Ph.D. Thesis, University of Texas, 1966 (Manuscript). Cf. Diss. Abstr. 27 (9-B) 1967 3266.

- BROADBENT, D.E. & LADEFOGED, P.: Auditory perception of temporal order. J.accoust.Soc.Amer. 31 1959 1539-
- BROZEK, J.: Psychorhythmics: a special review. <u>Psychphysiology</u> 1(2) 1964 127-141.
- BRUNSWIK, E.: Wahrnehmung und Gegenstandswelt: Grundlegung einer Psychologie vom Gegenstand her. Leipzig-Wien, Deuticke, 1934.
- BÜNNING, E.: The physiological clock: endogenous diurnal rhythms and biological chronometry. New York, Academic Press, 1964. (Übersetzung der 2. Auflage von "Die physiologische Uhr. Berlin, Springer, 1963.)
- BÜNNING, E.: Known and unknown principles of biological chronometry. In: FISCHER, 1967: 515-524.
- CARLSON, V.R. & I. FEINBERG: Individual variations in time judgment and the concept of an internal clock. <u>J.exp.Psychol.</u> 77 (4) 1968 631-640.
- CHATTERJEA, R.G.: Time gap in the estimation of long duration. Percept.Mot.Skills 17 1963 143-149.
- CHATTERJEA, R.G. & P. RAKSHIT: Estimation of temporal interval. Percept.Mot.Skills.22 1966 176.
- CHATTERJEA, R.G. & G.B.SAHA: Influence of controlled time gap on estimation of duration. Indian J.Psychol. 37 1962 85-88.
- CHATTERJEA, R.G. & A.K.SIRKAR: Practice effect in the estimation of short temporal duration. <u>J.Psychol.Research (Madras)</u> 5 1961 81-84.
- CHISTOVICH, L.A., Soviet Phys.: Accoustics 5 1959 480-484. Zit. nach CREELMAN, 1962.
- CLAUSER, G.: <u>Die Kopfuhr: das automatische Erwachen:</u> wunsch- und vorsatzgemässe Terminleistungen zur ungewohnten Zeit, besonders während des Schlafes. Stuttgart, Enke-Verlag, 1954. 108 S.
- COFER, C.N. & M.H.APPLEY: Motivation: theory and research. New York, Wiley, 1964. 958 S.
- COHEN, J.: Psychological time in health and disease. Springfield Ill., Thomas, 1967. 103 p.

COLERIDGE, T.S.: Biographia literaria. (1817). London, Dent, 1908.

COLTHEART, M. & G.von STURMER: A serial effect in time estimation. Psychonomic Science 10 1968 283-284.

COSTELLO, C.G.: The effects of meprobamate on time perception. J.ment.Sci. 107 1961 67-73.

CRAIK, K.H. & T.R.SARBIN: Effects of covert alterations of clock rate upon time estimations and personal tempo. Percept.Mot.Skills 16 1963 597-610.

CREELMAN, C.D.: Human discrimination of auditory duration. <u>J.accoust.</u> Soc.Amer. 34 1962 582-593.

DANZIGER, K.: Effect of variable stimulus intensity on estimates. of duration. Percept.Mot.Skills 20 1965 505-508.

DAUMER, K.: Die biologische Uhr. In: MEYER, R.E. (Ed.): <u>Das Zeit-problem im 20. Jahrhundert.</u> Bern, Francke (Sammlung Dalp), 1964. 180-196.

DAVIS, R.: Time uncertainty and the estimation of time-intervals.

Nature 195 1962 311-312. (a)

DAVIS, R.: L'estimation d'intervalles temporels en comptant plus ou moins rapidement. Année Psychol. 62 1962 29-44. (b)

DENNER, B., S.WAPNER, J.H.McFARLAND & H.WERNER: Rhythmic activity and the perception of time. Amer.J.Psychol. 76 1963 287-292.

DMITRIEV, A.S. & A.M.KOCHIGINA: The importance of time as a stimulus of conditioned reflex activity. <u>Psychol.Bull.</u> 56 1959 106-132.

DMITRIEV, A.S. & M.A.KRIVOSHEEVA: (Features of the formation, change, and switching over of conditioned reflexes to time in man. russisch). Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatek'nosti 17(1) 1967 20-28. Zit. nach Psychol.Abstr. 41 1967 Nr.9854.

DOEHRING, D.G.: Accuracy and consistency of time-estimation by four methods of reproduction. <a href="Maintain-estimation"><u>Amer.J.Psychol.</u></a> 74 1961 27-35.

DOEHRING, D.G., J.E.HELMER & E.A.FULLER: Physiological responses associated with time estimation in a human operant situation. Psychol.Record 14 1964 355-362.

- DuPREEZ, P.: Reproduction of time intervals after short periods of delay. J.General Psychol. 76 1967 59-71.
- EFRON, R.: The duration of the present. In: FISCHER, 1967: 713-729.
- EL'KIN, D.G.: Time perception and anticipatory reflection. Soviet Psychol. Psychiat. 3(3) 1965 42-48.
- ELKIN, D.G.: Die Zeitwahrnehmung. In: HIEBSCH et al. (Dtsch.Hrsg.): Ergebnisse der sowjetischen Psychologie. Stuttgart, Klett-Verlag, 1969. 173-190.
- EMLEY, G.S., C.R.SCHUSTER & B.R.LUCCHESI: Trends observed in the time estimation of three stimulus intervals within and across sessions. Percept.Mot.Skills 26(2) 1968 391-398.
- ESTEL, V.: Neue Versuche über den Zeitsinn. Philos. Stud. 2 1885 37-65.
- EYSENCK, H.J.: Personality and the estimation of time. Percept. Mot.Skills 9 1959 405-406.
- EYSENCK, H.J.: The biological basis of personality. Springfield Ill., Thomas, 1967. 399 p.
- FALK, J.L. & D.BINDRA: Judgment of time as a function of serial position and stress. J.exp.Psychol. 47 1959 279-282.
- FAROQI, M.A. & E.G.PARAMESWARAN: Effect of the interval between signals on temporal judgment. Canad. J. Psychol. 20 1966 12-17.
- FISCHER, R. (Ed.): <u>Interdisciplinary perspectives of time.</u> (Papers presented at a conference, January 1966) <u>Annals New York Acad. Sci.</u> 138 (2) 1967 367-915.
- FISCHER, R.: The biological fabric of time. In: FISCHER, 1967: 440-488.
- FITZGERALD, H.E., L.M.LINTZ & Y.BRACKBILL: Time perception and conditioning an autonomic response in human infants. Percept. Mot.Skills 24 1967 479-486.
- FOPPA, K.; Lernen, Gedächtnis, Verhalten: Ergebnisse und Probleme der Lernpsychologie. Köln, Kiepenheuer & Witsch, 1965. 466 S.

- FRAISSE, P.: Etudes sur la mémoire immédiate: II. La reproduction de formes rhythmiques. AnnéePsychol. 43/44 1942/44 105-143.
- FRAISSE, P.: Influence de la durée et de la fréquence des changements sur l'estimation du temps. <u>Année Psychol</u>. 61 1961 325-339.
- FRAISSE, P.: Perception et estimation du temps. In: FRAISSE, P. & J.PIAGET (Eds.): <u>Traité de psychologie expérimentale</u>. Paris, PUF, 1963. Vol. 6, 60-95. Deutsch u.d.T. Zeitwahrnehmung und Zeitschätzung. In: METZGER, W. (Ed.): <u>Handbuch der Psychologie</u>. Göttingen, Hogrefe, 1966. Band I/1, 656-690.
- FRAISSE, P.: L'Oppel-Kundt temporel, ou l'influence de la fréquence des stimulations sur la perception du temps. <u>Psychologie Française</u> 10(4) 1965 352-358.
- FRAISSE, P.: Psychologie du temps. Paris, PUF, 2 éd., 1967.
- FRAISSE, P.: Le seuil différentiel de durée dans une suite régulière d'intervalles. Année Psychol. 67 (1) 1967 43-49.
- FRAISSE, P.: Time: psychological aspects. In: <u>International Encyclopedia of the social sciences</u>. MacMillan and Free Press, 1968 25-30.
- FRAISSE, P., C.BONNET, N.GELLY & F. MICHAUT: Vergleich der Zeitschätzungsmethoden. Z.Psychol. 167 1962 268-277.
- FRAISSE, P. & N. ZUILI: L'estimation de la durée. Dans: <u>Psychologie</u> et épistémologie génétiques: Thèmes <u>Piagetiens</u>. Paris, Dunod, 1966 253-269.
- FRANKENHAEUSER, M.: Estimation of time: an experimental study. Stockholm, Almquist & Wiksell, 1959. 135 p.
- FRANKENHAEUSER, M.: Subjective time as affected by gravitational stress. Scand. J. Psychol. 1 1960 1-6.
- FRASER, J.T. (Ed.): The voices of time: a cooperative survey of man's views of time as understood and described by the sciences and by the humanities. New York, Braziller, 1966. 710 p.
- FRIEL, C.M. & W.T.LHAMON: Gestalt study of time estimation. <u>Percept. Mot.Skills</u> 21 1965 603-606.
- GARNER, W.R.: To perceive is to know. Amer. Psychologist 21 1966 11-19.

- GENGEL, R.W. & I.J.HIRSH: Temporal order: the effect of single versus repeated presentations, practice, and verbal feedback. Pere. & Psychophysics 7(4) 1970 209-211.
- GIBSON, J.J.: The senses considered as perceptual systems. Boston, HoughtonMifflin, 1966. 335 p.
- GILLILAND, A.R., J.HOFELD & G.ECKSTRAND: Studies in time perception. Psychol.Bull. 43 1946 162-176.
- GLASS, R.: Kritisches und Experimentelles über den Zeitsinn. Philosoph. Stud. 4 1887 423-456.
- GOLDFARB, J.L. & S. GOLDSTONE: Time judgment: a comparison of filled and unfilled duration. Percept.Mot.Skills 16 1963 376.
- GOLDSTONE, S.: The human clock: a framework for the study of healthy and deviant time perception. In: FISCHER, 1967: 767-783.
- GOLDSTONE, S., W.K.BOARDMAN & W.T.LHAMON: Intersensory comparisons of temporal judgments. J.exp.Psychol. 57 1959 243-248.
- GOLDSTONE, S., W.K.BOARDMAN, W.T.LHAMON, F.L.FASON & C. JERNIGAN: Sociometric status and apparent duration. <u>J.soc.Psychol.</u> 61 1963 303-310.
- GOLDSTONE, S. & J.L.GOLDFARB: Judgment of filled and unfilled durations: intersensory factors. Percept.Mot.Skills 17 1963 763-774.
- GOLDSTONE, S. & J.L.GOLDFARB: Auditory and visual time judgment. J.general Psychol. 70 1964 369-387.
- GOLDSTONE, S. & J.L.GOLDFARB: The perception of time by children. In: KIDD, A.H. & J.L.RIVOIRE (Eds.): <u>Perceptual development in children</u>. New York, InternationalUniv.Press, 1966.
- GRANT, E.: The effect of zygosity on intra-pair similarity in the estimation of short time intervals. Atlantic Psychologist 16(2) 1967 41-54.
- GREEN, D.M. & J.A.SWETS: Signal detection theory and psychophysics. New York, Wiley, 1966. 455 p.
- HARE, R.D.: The estimation of short tempral intervals terminated by shock. <u>J.clin.Psychol.</u> 19 1963 378-380. (a)
- HARE, R.D.: Anxiety, temporal estimation, and rate of counting. Percept.Mot.Skills 16 1963 441-444. (b)

HAWKES, G.R., R.W.BAILEY & J.S.WARM: Method and modality in judgments of brief stimulus durations. J.audit.Res. 1 1961 133-144.

HELSON, H.: Adaptation-level theory: an experimental and systematic approach to behavior. New York, Harper & Row, 1964. 732 p.

HENRY, F.M.: Discrimination of the duration of a sound. <u>J.exp.</u> <u>Psychol.</u> 38 1948 734-743.

HERMAN, L.M. & B.H.KANTOWITZ: The psychological refractory period effect: only half the double-stimulation story. <u>Psychol.Bull.</u> 73 1970 74-88.

HIRSH, I.J., R.C.BILGER & B.H.DEATHERAGE: The effects of auditory and visual background on apparent duration. Amer.J.Psychol. 69 1956 561-574.

HIRSH, I.J. & P.FRAISSE: Simultanéité et succession de stimuli hétérogènes. Année Psychole 64 1964 1-19.

HIRSH, I.J. & C.E.SHERRICK jr.: Perceived order in different sense modalities. <u>J.exp.Psychol.</u> 62 1961 423-432.

von HOLST, E.: Vom Wesen der Ordnung im Zentralnervensystem. Naturwissenschaften 25 1937 625-631 & 641-647.

HORMIA, A.: On the sensation of duration: especially regarding the relations between the intensity and the duration of sensation. Ann.Acad.Sci.Fennicae, Ser. A, V.Med.Anthropol. 58 1956 8-81.

HORNSTEIN, A.D. & G.S.ROTTER: Research methodology in temporal perception. <u>J.exp.Psychol.</u> 79 (3/1) 1969 561-564.

HUPPERT, F. & G.SINGER: An aftereffect in judgment of auditory duration. Percept.&Psychophysics 2 (11) 1967 544-546.

ILLIG, H., M.PFLANZ & Th. von UEXKÜLL: Experimentelle Untersuchungen über die kleinste Zeiteinheit (Moment) der optischen Wahrnehmung. <u>Pflügers Arch.ges.Physiol.</u> 257 1953 121-136.

JOERGER, K.: Das Erleben der Zeit und seine Veränderung durch Alkoholeinfluss. Z.exp.ang.Psychol. 7 1960 126-161.

- KAHNEMAN, D.: Methods, findings, and theory in studies of visual masking. Psychol.Bull. 70 1968 404-425.
- KELM, H.: Consistency of successive time estimates during positive feed-back. Percept.Mot.Skills 15 1962 216.
- KLEBER, R.J., W.T.LHAMON & S.GOLDSTONE: Hyperthermia, hyperthyroidism, and time judgment. J.comp.physiol.Psychol. 56 1963 362-365.
- KLEITMAN, N.: Sleep and wakefulness. Chicago Univ. Press, 1963.
- KNAPP, R.H. & H.B.GREEN: The judgment of music-filled intervals and n-Achievement. J.soc.Psychol. 54-1961 263-267.
- KOFFKA, K.: Principles of Gestalt psychology. London, Routledge & KeganPaul, 1935. 720 p.
- KÖHLER, W. & H.WALLACH: Figural after-effects: an investigation of visual processes. Proc.Amer.Philos.Soc. 88 1944 264-357.
- KRISTOFFERSON, A.B.: Successiveness discrimination as a two-state, quantal process. Science 158 (3806) 1967 1337-1339.
- KRUUP, K.: The influence of method on time judgments. Austral. J.Psychol. 13 1961 44-54.
- KRUUP, K.: The effect of corrective practice on the reliability of counting seconds. <u>Psychol.Record</u> 18 1968 59-62.
- LANG, A.: Über zwei Teilsysteme der Persönlichkeit: Beitrag zur psychologischen Theorie und Diagnostik. Bern, Huber, 1964. 147 S.
- LANG, A. Über den Primat der subjektiven Wahrnehmungsdimension, dargestellt am Beispiel der Zeitpsychologie. <u>Schweiz.Z.Psychol.</u> Anw. 29 (1/2) 1970 45-51.
- LANG, A.: Psychologie der Zeit. In: ARNOLD, W., H.J.EYSENCK & R.MEILI (Eds.): <u>Lexikon der Psychologie</u> (in 3 Bänden). Freiburg i.B., Herder-Verlag, im Druck.
- LANGER, J., S. WAPNER & H. WERNER: The effect of danger upon the experience of time. Amer. J. Psychol. 74 1961 94-97.
- LEWIN, K.: Der Begriff der Genese in Physik, Biologie und Entwicklungsgeschichte: eine Untersuchung zur vergleichenden Wissenschaftslehre. Berlin, Bornträger/Springer, 1922. 240 S.

LEWIN, K.: Feldtheorie in den Sozialwissenschaften. Bern, Huber, 1963. 395 S.

LICHTENSTEIN, M.: Relative visual regular timing of components of the visual stimulus. Percept.Mot.Skills 12 1961 47-60.

LICKLIDER, J.C.R.: Three auditory theories. In: KOCH, S. (Ed.): Psychology, a study of a science. New York, McGraw-Hill, 1959. Vol. I, 41-144.

LLEWELLYN-THOMAS, E.: Successive time estimates during positive feedback. Percept.Mot.Skills 9 1959 219-224.

LOCKHART, R.A.: Temporal conditioning of GSR. J.exp.Psychol. 71(3) 1966 438-446.

LYNN, R.: Introversion-Extraversion differences in judgments of time. <u>J.abn.soc.Psychol.</u> 63 1961 457-458.

McADAM, D.W.: Development of the contingent negative variation during the learning of a temporal interval. <u>EEG & clin.Neurophys.</u> 23(5) 1967 491.

McGRATH, J.J. & J.F.O'HANLON jr.: Relationships among chronological age, intelligence, and rate of subjective time. Percept.Mot. Skills 26 (3/2) 1968 1083-1088.

MEHNER, M.: Zur Lehre vom Zeitsinn. Philos. Stud. 2 1885 546-602.

MEZEY, A.G. & E.J. KNIGHT: Time sense in hypomanic illness. Arch. general Psychiat. 12 1965 184-186.

MICHON, J.A.: Studies on subjective duration: I. Differential sensitivity in the perception of repeated temporal intervals. Acta Psychol. 22 1964 441-450.

MICHON, J.A.: Studies on subjective duration: II. Subjective time measurement during tasks with different information content. <u>Acta Psychol.</u> 24 1965 205-219.

MICHON, J.A.: Timing in temporal tracking. Soesterberg (Netherlands), Institute for Perception RVO-TNO, 1967. 127 p.

MÖNKS, F.J.: Zeitperspektive als psychologische Variable (Sammel-referat). Arch.ges.Psychol. 119 1967 131-161.

MOWBRAY, G.H. & J.W.GEBHARD: Differential sensitivity of the eye to intermittent white light. Science 121 1955 173-175.

MÜNSTERBERG, H.: Beiträge zur experimentellen Psychologie, Heft 2. Freiburg i.B., Siebeck, 1889.

MURPHREE, O.D.: Maximum rates of form perception and the alpha rhythm: an investigation and test of current nerve net theory. <u>J.exp.Psychol.</u> 48 1954 57-61.

NICHOLS, H.: The psychology of time. Amer. J. Psychol. 3 1890 453-529.

ORME, J.E.: Time studies in normal and abnormal personalities. Acta Psychol. 20 1962 285-303.

PITTENDRIGH, C.S. & V.G.BRUCE: Daily rhythms as coupled oscillators systems and their relation to thermoperiodism and photoperiodism. In: WITHROW, R.B. (Ed.): Photoperiodism and related phenomena in plants and animals. Washington, Amer.Assoc.Advancm.Sci.Publ. 55 1959 475-505.

PLUTCHIK, R. & A.K.SCHWARTZ: Critical analysis of the problem of time-error. Percept.Mot.Skills 27(1) 1968 79-82.

POLLACK, I.: Auditory flutter. Amer.J.Psychol. 65 1952 544ff.

POLLACK, I.: Asynchrony: the perception of temporal gaps within periodic auditory pulse patterns. <u>J.accoust.Soc.Amer.</u> 42 1967 1335-1340.

POLLACK, I.: Descrimination of mean temporal interval within jittered auditory pulse trains. <u>J.accoust.Soc.Amer.</u> 43 1968 1107-1112.

PÖPPEL, E.: Oszillatorische Vorgänge bei der menschlichen Zeit-wahrnehmung. In: IRLE, M.(Ed.): Bericht 26. Kongr. Deutsche Ges. Psychol. in Tübingen 1968. Göttingen, Hogrefe, 1969. 388-398.

POPPER, K.R. Logik der Forschung. Tübingen, Mohr, 2.Aufl., 1966.

REED, G.F. & J.C. KENNA: Personality and time estimation in sensory deprivation. Percept.Mot.Skills 18 1964 182.

RICHARDS, W.: Time estimates measured by reproduction. <u>Percept.</u> <u>Mot.Skills</u> 18 1964 929-943.

ROBINSON, E.: The effect of degree of knowledge of results on time estimation. Psychol.Record.13 1963 355-360.

ROSS, D.A.: Lengthening of time estmates in four different temporal patterns of visual light stimulation. <u>Psychonomic Science</u> 16(4) 1969 194-195.

RUTSCHMANN, J. & L.RUBINSTEIN: Time estimation, knowledge of results and drug effects. <u>J.psychiat.Research</u> 4(2) 1966 107-114.

SCHMIDT, M.W. & A.B.KRISTOFFERSON: Discrimination of successiveness: a test of a model of attention. Science 139 (3550) 1963 112-113.

SCHÖNBACH, P.: Cognition, motivation, and time perception. J.abn. soc.Psychol. 58 1959 195-202.

SCHÖNPFLUG, W.: Methoden der Aktivierungsforschung. Bern, Huber, 1959.

SIEGMANN, A.W.: The relationship between future time perspective, timeestmation, and impulse control in a group of young offenders and in a control group. J.consult.Psychol. 25 1961 470-475.

SIEGMANN, A.W.: Intercorrelations of some measures of time estimation. Percept.Mot.Skills 14 1962 381-382.

SIXTL, F.: Der Zeitfehler beim Schätzen der Reizzeit und als Funktion der Reizlänge, der Intervallzeit und der Versuchswiederholung. Z.exp.ang.Psychol. 10 1963 209-225.

SMALL, A.M. & R.A.CAMPBELL: Temporal differential sensitivity for auditory stimuli. Amer.J.Psychol. 75 1962 401-410.

SMITH, A.K., S.WING & H.T.JERISON: Effect of accoustic noise on time judgment. Amer, Psychologist 10 1955 428-429.

SMITH, M.C.: Theories of the psychological refractory period. Psychol.Bull. 67 1967 202-213.

SOLLBERGER, A.: Biological rhythm research. New York, Elsevier, 1965. 461 p.

SPIVACK, G. & M.LEVINE: Consistency of individual differences in time judgments. Percept.Mot.Skills 19 1964 83-92.

STOTT, L.H.: Time-order errors in the discrimination of short tonal durations. <u>J.exp.Psychol.</u> 18 1935 741-766.

STROUD, J.M.: The fine structure of psychological time. In: QUASTLER, H. (Ed.): <u>Information theory in psychology</u>. Glencoe Ill., Free Press, 1955. 174-207.

STROUD, J.M.: The fine structure of psychological time. In: FISCHER, 1967. 623-631.

von STURMER, G.: Stimulus variation and sequential judgment of duration. Quart.J.exp.Psychol. 18 1966 354-357.

von STURMER, G.: Time perception, vigilance, and decision theory. Percept.& Psychophysics 3 1968 197-200.

SURWILLO, W.W.: Age and the perception of short intervals of time. J.Gerontology 19 1964 322-324.

TABER, J.I., L.E.HOMME & A.P.CSANYI: The differentiation of human time estmations. <u>J.exp.Anal.Behav</u>. 4 1961 299-304.

TANNER, T.A. jr., R.M. PATTON & R.C. ATKINSON: Intermodality judgments of signal duration. <u>Psychonomic Science</u> 2 1965 271-272.

TANNER, T.A.jr., R.M.PATTON & R.C.ATKINSON: The effects of signal intensity on comparative judgments of auditory durations. <u>Psychonomic Science</u> 4 1966 353-354.

TEJMAR, J.: Age differences in cyclic motor reactions. <u>Nature</u> 195 1962 813-814.

TREISMAN, M.: Temporal discrimination and the indifference interval: implications for a model of the "internal clock". <u>Psychol.Monogr.</u> 77(13) 1963 Nr.576 1-31.

TUCKMAN, J.: Older persons' judgment of the passage of time over the life-span. Geriatrics 20 1965 136-140.

von UEXKÜLL, J.: Theoretische Biologie. Berlin, Springer, 2.Aufl., 1928.

UNDERWOOD, B.J.: Experimental psychology. New York, Appleton-Century-Crofts, 2.ed., 1966. 678 p.

UTTAL, W.R.: Violations of visual simultaneity. Percept. Psychophysics 7(3) 1970 133-136.

VIERORDT, K.: Der Zeitsinn. Tübingen, Laupp-Verlag, 1868.

WALLACE, M. & A.I.RABIN: Temporal experience. Psychol.Bull. 57 1960 213-236.

WALTER, W.G.: Intrinsic rhythms of the brain. In: FIELD, MAGOUN & HALL (Eds.): <u>Handbook of physiology</u>. Washington, Amer.Physiol.Soc. 1959. Section 1, Vol.1, 279-298.

WARM, J.S., E. FOULKE & M. LOEB: The influence of stimulus modality and duration on changes in temporal judgments over trials. <u>Amer.J.</u> Psychol. 79 1966 628-631.

WARM, J.S., L.F.GREENBERG & C.S.DUBE: Stimulus and motivational determinants in temporal perception. J.Psychol. 58 1964 243-248.

WEISSTEIN, N.: Backward masking and models of perceptual processing. J.exp.Psychol. 72 1966 232-240.

WERBOFF, J.: Time judgment as a function of electroencephalographic activity. Exp. Neurol. 6 1962 152-160.

WHITE, C.T.: Temporal numerosity and the psychological unit of time. Psychol.Monogr. 77(12) 1963 Nr.575 1-37.

WHITE, C.T. & R.G.EASON: Evoked cortical potentials in relation to certain aspects of visual perception. <u>Psychol.Monogr.</u> 80(25) 1966 1-14.

WHITE, C.T. & M.LICHTENSTEIN: Some aspects of temporal discrimination. Percept.Mot.Skills 17 1963 471-482.

WHITE, H.L.: Feedack and transfer of training in time estimation. Diss.Abstr. 25 1964 655.

WHITE, H.L.: Comment on the 'positive feedback' method of time estimation. Percept.Mot.Skills 19 1964 851-854.

WIENER, N.: <u>Time and organization</u> (2nd Fawley Foundation Lecture). University of Southampton, 1955. 16 p.

WITTE, W.: Experimentelle Untersuchungen von Bezugsystemen. I. Struktur, Dynamik und Genese von Bezugsystemen. Psychol. Beiträge 4 1960 218-252.

WOODROW, H.: The reproduction of temporal intervals. J.exp.Psychol. 13 1930 473-499.

WOODROW, H.: The temporal indifference interval determined by the method of mean error. J.exp.Psychol. 17 1934 167-188.

WOODROW, H.: Time perception. In: STEVENS, S.S. (Ed.) Handbook of experimental psychology. New York, Wiley, 1951. 1224-1236.

YATES, A.: Delayed auditory feedback. Psychol.Bull. 60 1963 213-232.

ZOLTOBROCKI, J.: Über systematische Fehler bei wiederholter Schätzung von Zeitintervallen. Frankfurt, Kramer, 1965.