

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik der Freien Universität Berlin (damaliger Direktor: Prof. Dr. med. WERNER KINDLER) und aus der Psychiatrischen und Nervenklinik der Freien Universität Berlin (Direktor: Prof. Dr. med. HELMUT SELBACH)

Das Wesen des Rhythmus im Experiment an Gehörlosen und Normalsinnigen

Von

HARALD FELDMANN

Mit 4 Textabbildungen

(Eingegangen am 19. Juli 1955)

I. Problemstellung

Folgende drei Vorstellungen über das Wesen des Rhythmus und die Bedeutung sensibler und sensorischer Einrichtungen ergaben in der Zusammenschau die Arbeitshypothese für die Untersuchungen, über die hier berichtet werden soll.

1. Das Phänomen *Rhythmus* manifestiert sich in erster Linie in akustischen Erscheinungen; sie sind dem eigentlichen Rhythmus-Erleben am meisten adäquat.

Rhythmische Vorgänge in der Natur und der gewöhnlichen Umwelt des Menschen sind fast ausnahmslos von akustischen Erscheinungen begleitet. Dabei wird es häufig erst durch das Hinzutreten dieser akustischen Erscheinungen möglich, einen Vorgang als rhythmisch, d. h. zeitlich geordnet zu erkennen. Die zeitliche Aufeinanderfolge eines periodisch sich wiederholenden Ablaufes, z. B. der Hufschläge eines Pferdes, mit dem Auge zu erfassen, hieße, durch Abstraktion aus der stetigen Wiederkehr bestimmter dreidimensionaler räumlicher Konstellationen die Ordnung und Zuordnung der Dimension der Zeit als der eigentlichen Trägerin des Rhythmus zu gewinnen. Die akustische Begleiterscheinung dieses selben Vorganges hingegen ist schon eindimensional, sie bedarf keiner Abstraktion mehr und ist daher um vieles ursprünglicher und eindringlicher in ihrer rhythmischen Wirkung. Wesentlich für das Primat des Akustischen über die anderen Sinnesgebiete in ihrer Bedeutung für den Rhythmus scheint auch die Unausweichlichkeit akustischer Reize zu sein sowie die Tatsache, daß der Mensch eigens über ein Organ zur Erzeugung akustischer, nicht aber z. B. optischer Reize verfügt.

2. Die *Präzision*, mit der eine *aktive Leistung* ausgeführt werden kann, ist neben der Differenzierungs- und Dosierungsmöglichkeit der efferenten Impulse in erster Linie eine Funktion der sensiblen Apparate, die durch die aktive Leistung erregt werden und nun ihrerseits eine regulatorische Kontrollfunktion auf die efferenten Impulse ausüben.

Dieser „Regelkreis“ ist für viele Einzelfunktionen bekannt und genau studiert, z. B. für die Motorik (v. HOLST u. a.), die Aufrechterhaltung der Statik oder die vegetativen Funktionen (SELBACH). Je komplexer und differenzierter eine aktive Leistung wird, um so größer ist die Einflußnahme der sensiblen und sensorischen Kontrolle. Bei den höchsten Leistungen, die bezeichnenderweise nur dem Menschen

als Kulturgüter eigen sind, kehrt sich das Verhältnis um: die Sensorik steht nicht mehr im Dienste der Motorik, sondern umgekehrt, sie induziert und formt bestimmte motorische Leistungen, die nur dadurch sinnvoll werden, daß sie wiederum durch das Sensorium desselben oder eines anderen Individuums perzipiert werden: Sprache, Gesang, Musik, Schrift, die bildenden Künste usw.

3. Für jedes Individuum existiert nur das als *Umwelt*, was ihm durch seine *Sinnesorgane* zugänglich ist (v. UEXKÜLL).

Ist nun eines der Sinnesorgane nicht ausgebildet oder geht seine Funktion früh verloren, so fällt damit für das betreffende Individuum derjenige Teil der Umwelt aus, der nur durch dieses Sinnesorgan für die Begriffsbildung wie für das aktive Handeln erschlossen werden konnte. Licht und Farbe haben für einen Blinden keine Realität, während für den Gehörlosen die ganze Welt der Geräusche, Töne und — trotz allen Unterrichtes — auch der Sprache nicht eigentlich existiert.

Diese drei Konzeptionen führten zwanglos zu folgenden Problemstellungen:

- a) Haben Gehörlose ein Rhythmus-Empfinden?
- b) Welche Rolle kommt dabei den Hörresten bzw. der Funktionstüchtigkeit des Vestibularapparates zu?
- c) Welche Bedeutung hat das Gehör für die Auffassung und Produktion von Rhythmen?
- d) Ist die Rhythmusproduktion eine Leistung, die irgendwelcher Sinnesorgane zur Kontrolle und Regulierung bedarf?

II. Übersicht über die Literatur

Das Studium der einschlägigen *Literatur* ergibt zu diesen Fragen wie zu dem Phänomen des *Rhythmus*, seinem Ursprung und Wesen, kein einheitliches Bild. PAVLOV glaubt, im Puls den Ursprung des Rhythmus gefunden zu haben, während GONDRIAN eine Beziehung des selbstgewählten Rhythmus zu Puls und Atmung nicht nachweisen konnte. v. CYON schließt sich der Meinung WUNDTs und VIERORDTs an, nach denen das Labyrinth maßgeblich für das Rhythmus- und Zeitempfinden sei. GÜTTICH kommt auf Grund theoretischer Überlegungen zu dem Schluß, daß der Otolithenapparat akustisch-rhythmische Reize in rhythmische Bewegungen umsetzen könnte und daß er, wie auch schon v. BECHTEREW annahm, der eigentliche Sitz des ganzen musikalischen Empfindens sei. BÉNESI deutet die Ergebnisse seiner Studien an Taubstummen in ähnlichem Sinne. Ein zentrales, verzweigtes Rhythmuszentrum wird von LANGE LÜDDEKE postuliert. KOFFKA unterstreicht immer wieder die überragende Rolle der Motorik für den Rhythmus, kommt aber doch zu dem bedeutsamen Schluß, daß „eine weit genug durchgeführte Analyse des Rhythmuserlebnisses zur vollständigen Trennung des eigentlichen Rhythmuserlebnisses von von den begleitenden Vorstellungsreihen führt“. Die Erscheinungen cerebraler Herdstörungen veranlassen auch HOFF u. PÖTZL, zwischen einem inneren Rhythmus und dessen äußerer Manifestation zu unterscheiden, wie denn überhaupt die Klinik der Hirntumoren und -läsionen die Bedeutung dieser höchsten Zentren für den Rhythmus erkennen läßt (PÖTZL, GERSTMANN u. a.).

Auch dort, wo versucht wird, das Charakteristische des Rhythmus in einer *Definition* zusammenzufassen, herrscht keine Einheitlichkeit. Der Musiktheoretiker HUGO RIEMANN definiert Rhythmus schlicht als geordnete Bewegung. WERNER sieht das Wesentliche im „Eingebettetsein eines Betonten zwischen zwei Unbetonten und der Betonungsverschiedenheit zweier Elementargestalten“, während KLAGES

die bekannte Definition gibt, nach der Takt Wiederholung des Gleichen, Rhythmus Wiederholung des Ähnlichen sei.

Die Bedeutung der verschiedenen *Sinnesqualitäten* für die Rhythmusperzeption und das Rhythmuserleben ist von mehreren Autoren in psychologischen Experimenten untersucht worden (WERNER, IMHOFER, GAULT u. GOODFELLOW, KOFFKA, BÉNESI, LAMM). Es geht daraus zweifelsfrei hervor, daß sich rhythmische Reize über verschiedene Sinnesqualitäten übermitteln lassen, so über akustische, optische, kinaesthetische und taktile. Übereinstimmend wird die Vorrangstellung der akustischen Reize für das rhythmische Empfinden hervorgehoben, doch konnte KOFFKA zeigen, „daß die Vorstellungen des Gesichtssinnes denen des Gehörs für das Rhythmuserlebnis durchaus gleichstehen“, und er meint, nur dem Umstande, daß Rhythmus im Tonreich fortwährend erlebt würde, im Reiche des Gesichtssinnes dagegen nur selten, sei es zuzuschreiben, daß der Einfluß des Akustischen so hoch, der des Optischen so gering angeschlagen würde.

Auf die Untersuchungen des Rhythmusempfindens bei *Gehörlosen* muß wegen ihrer besonderen Bedeutung etwas näher eingegangen werden. In der Weltliteratur sind bisher derartige Untersuchungen von drei Autoren an insgesamt 28 Versuchspersonen beschrieben worden.

KOFFKA (1909) fand, daß Normalsinnige fast ausnahmslos gleichmäßige Folgen optischer Eindrücke (das periodische Aufleuchten einer Lampe) rhythmisieren, d. h. durch Akzentverteilung und Gruppenbildung zu rhythmischen Perioden gliedern. Mit gleicher Methodik untersuchte er daraufhin 3 taubstumme Kinder im Alter von 12–15 Jahren und konnte bei einem gute, bei den beiden anderen dagegen nur geringe bzw. keine Bereitschaft zur Rhythmisierung feststellen.

IMHOFER (1929) untersuchte im Rahmen seiner Studien an Musikern und Nichtmusikern auch ein taubstummes 15-jähriges Mädchen, das als Tänzerin ausgebildet und schon öffentlich mit Erfolg aufgetreten war, auf ihre Fähigkeit, optisch und taktil vorgegebene Rhythmen zu reproduzieren. Er fand eine völlige Unfähigkeit, einen Rhythmus aufzunehmen. Es wurde bei den Versuchen wie auch beim Tanzen ein eigener Rhythmus produziert, dem sich die Musik anzupassen hatte. Er folgert daraus: „Es besteht eine Produktionsfähigkeit für Rhythmus von innen heraus, es fehlt dagegen die Perzeptions- und Reproduktionsfähigkeit.“

Die ausführlichste Arbeit über dieses Problem verdanken wir BÉNESI (1926). Er untersuchte 24 taubstumme Kinder im Alter von 8–15 Jahren in je 6 Übungen auf ihre Fähigkeit, optisch, taktil und kinaesthetisch vorgegebene Rhythmen zu reproduzieren. Es zeigte sich, daß nach optischer und taktiler Darbietung nur 6 Kinder annähernd richtig zu reproduzieren vermochten. Die schlechtesten Ergebnisse erzielte er mit optischer, die besten mit kinaesthetischer Darbietung. Einen Einfluß der Funktionstüchtigkeit des N. cochlearis auf die Rhythmusreproduktion konnte BÉNESI nicht feststellen, dagegen glaubte er, zeigen zu können, daß unter den Taubstummen, welche Rhythmen reproduzierten, die Fälle mit erhaltener Labyrinthfunktion überwiegen. Er kommt auch auf Grund theoretischer Überlegungen zu dem Schluß, daß eine von dem Otolithenapparat ausgehende, labyrinthäre Beeinflussung der Rhythmizität vorliege. Da alle Kinder auch gleichmäßige Folgen rein mechanisch und offensichtlich ohne rhythmisches Erleben klopfen, fühlt sich BÉNESI „gedrängt, bei seinen taubstummen Versuchspersonen nicht nur an der Fähigkeit zur Wiedergabe, sondern offenbar auch an der zu rhythmischem Erleben zu zweifeln“.

Diese Übersicht über die Literatur zeigt, daß bisher keine der oben angeführten Problemstellungen erschöpfend geklärt werden konnte, so daß eine erneute Beschäftigung mit dem in den letzten Jahren wenig beachteten Phänomen Rhythmus hinreichend gerechtfertigt erscheint.

Unter *Rhythmus* soll nun im folgenden das Ordnungsprinzip im zeitlichen Ablauf eines Geschehens verstanden werden, durch das sich die Einzelelemente dieses Geschehens in ihrer zeitlichen Gestaltung gegenseitig determinieren.

Aus methodischen Gründen wird dabei die Dynamik unberücksichtigt gelassen; eine Unterscheidung zwischen Metrik, Takt und Rhythmus, wie sie KLAGES durchzuführen versucht, wird nicht getroffen; die aus den vegetativen biologischen Abläufen bekannten Rhythmen (Schlafen, Wachen, mensueller Cyclus usw.) gehören einer anderen Größenordnung an und fallen nicht in den Bereich dieser Betrachtungen.

III. Versuchsanordnung und Methodik

Mit der besonderen Fragestellung, die sich aus den drei eingangs dargelegten Konzeptionen ergibt, sollten taube Versuchspersonen auf ihre Fähigkeit untersucht werden, vorgegebene Rhythmen zu reproduzieren. Dabei mußte die Versuchsanordnung so getroffen werden, daß die Versuchsperson bei der Reproduktion des Rhythmus die gleichen sinnlich wahrnehmbaren Reize erzeugt, durch die ihr der Rhythmus vorgegeben wurde. Gleichzeitig mußte die Möglichkeit bestehen, die vorgegebenen und reproduzierten Rhythmen graphisch aufzuzeichnen, um eine quantitativ exakte Aussage über die Abweichung im Einzelfall machen zu können.

Als *Sinnesqualität* für die Darbietung wie für die reafferente Kontrolle der Reproduktion wurden verwendet:

1. Optische Reize; einmal wegen der überragenden Bedeutung des Gesichtssinnes für Gehörlose, zum anderen, da erwiesen ist (KOFFKA), daß das Rhythmusempfinden auf diesem Wege angesprochen werden kann.
2. Vibratorische Reize wegen der phylogenetisch bedingten Analogien zwischen Vibrationssinn und Gehör (KIETZMANN, PETZOLDT, THIEL, SETZEPFAND).
3. Akustische Reize bei normalsinnigen Vergleichspersonen als die für sie adäquate Sinnesqualität.

Demnach gestaltete sich die *Versuchsanordnung* in ihren technischen Einzelheiten wie folgt:

Die Versuchsperson hatte vor sich auf einem Tisch eine Morsetaste und zwei kleine Glühlampen. Die übrigen Apparate befanden sich, um eine Ablenkung der Versuchsperson zu vermeiden, hinter einer Pappwand auf dem gleichen Tisch. Als Registriergerät diente ein Kymographion mit zwei voneinander unabhängigen elektrischen Schreibhebeln. Ein Metronom mit Quecksilberkontakten ermöglichte, den Stromkreis in gleichmäßiger Folge zu öffnen und zu schließen. An Stelle des Metronoms konnte eine zweite Morsetaste eingeschaltet werden, die der Versuchsleiter bediente, wenn kompliziertere Impulsfolgen gegeben werden sollten. Dabei ließ er sich von dem Ticken des Metronoms leiten, so daß auch auf diesem Wege eine hinreichend genaue Darbietung der Rhythmen gewährleistet war. Auf die Verwendung einer „Zeitmaschine“ nach WUNDT, durch die beliebige Impulsfolgen mit mathematischer Genauigkeit gegeben werden können, wurde nicht nur aus technischen Gründen verzichtet. Es hatte sich nämlich gezeigt (LAMM), daß solche mathematisch berechneten Folgen als starr und tot empfunden werden, so daß ein echtes Rhythmus erleben durch sie nicht geweckt wird. Der gewählte Weg der Darbietung erschien also nicht nur einfacher, sondern auch physiologischer¹.

¹ Teile der Apparatur wurden in dankenswerter Weise von Herrn Prof. Dr. med. M. H. FISCHER (Direktor des Physiologischen Institutes der Freien Universität Berlin) und Herrn Prof. Dr. med. K. JUNKMANN (Schering-AG Berlin) zur Verfügung gestellt.

Die einzelnen Geräte waren so miteinander verbunden, daß durch das Metronom bzw. die vom Versuchsleiter betätigte Taste immer gleichzeitig der Stromkreis für die linke Lampe und den oberen Schreibhebel geöffnet bzw. geschlossen wurde, während die Taste der Versuchsperson in den Stromkreisen für die rechte Lampe und den unteren Schreibhebel lag. Der Ausschlag eines Hebels entsprach also immer nach Zeitpunkt und Dauer dem Aufleuchten der entsprechenden Lampe.

Statt der Lampen konnte für die vibratorische bzw. akustische Darbietung ein Summer angeschlossen werden, den die Versuchsperson in die Hand nahm und der bei Stromdurchfluß ein deutlich fühlbares Schwirren erzeugte.

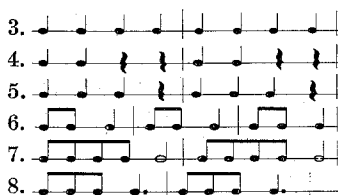
Für die Untersuchung der Reproduktion ohne sensorische Kontrolle konnte die rechte Lampe bzw. der Summer aus dem Stromkreis herausgenommen werden, so daß die Versuchsperson mit ihrer Taste nur mehr den unteren Schreibhebel betätigte.

Jede Versuchsperson erhielt die gleiche Serie von 8 *Aufgaben*, die folgendermaßen charakterisiert waren:

1. Das Metronom brachte mit einer Frequenz von 60 Schlägen/min die linke Lampe in gleichmäßiger Folge zum Aufleuchten. Die Versuchsperson hatte die Aufgabe, die rechte Lampe immer synchron mit der linken aufleuchten zu lassen.

2. Die linke Lampe gab wie bei Aufg. 1 eine gleichmäßige Folge von Lichtreizen. Die Versuchsperson hatte die Aufgabe, die so vorgegebenen Zeitintervalle möglichst genau durch ein Aufleuchtenlassen der rechten Lampe zu halbieren.

3—8. Die folgenden Rhythmen, die über mehrere Perioden vorgegeben wurden, sollten frei reproduziert werden.



Den Aufgaben 4—8, die vom Versuchsleiter über die Morsetaste gegeben wurden, lag die Metronomfrequenz von 80 Schlägen/min zugrunde. Die Frequenzen 60 und 80 wurden als metrische Grundeinheiten gewählt, weil sie nach den Untersuchungen über das persönliche Tempo (FRISCHEISEN-KÖHLER, BRAUN, RICCI, CAMPANINI u. BONAVENTURA) als Mittelwerte angesehen werden können, die am ehesten als weder zu schnell noch zu langsam empfunden würden. Die Verwendung nur einer Frequenz für alle 8 Aufgaben wurde vermieden, um nicht eine starre Gewöhnung an das eine Metrum aufkommen zu lassen.

IV. Durchführung der Versuche

Mit der oben beschriebenen Versuchsanordnung und Methodik wurden 50 taube Kinder im Alter von 10—16 Jahren untersucht. Um zu verhindern, daß sich die Kinder durch ein fremdes Milieu befangen fühlten, wurden die Versuche in einem Raum der Gehörlosenschule (Berlin-Kreuzberg) und teilweise im Beisein der Lehrer durchgeführt. Es wurde jeweils eine Gruppe von 2—4 Kindern gleichzeitig in die Aufgabenstellung eingewiesen. Dabei hatten sie Gelegenheit, sich durch kurze, unregistrierte Vorversuche mit der Bedienung der Morsetaste vertraut zu machen.

Um die Frage zu klären, welche Bedeutung der *sensorischen Kontrolle* bei der Rhythmus-Reproduktion zukommt, wurde bei 20 Kindern die ganze Versuchsserie zweimal durchgeführt, einmal mit (Serie A) und einmal ohne die Kontrollmöglichkeit durch die rechte Lampe (Serie B). Dadurch, daß 10 Versuchspersonen in der Reihenfolge A—B, die anderen in der Reihenfolge B—A untersucht wurden, bestand die Möglichkeit, den Einfluß des Übungsfaktors gegenüber dem der sensorischen Kontrolle abzugrenzen. Bei der Reihenfolge B—A war es äußerst schwierig, den Versuchspersonen die Aufgabenstellung verständlich zu machen. Es war daher nötig, auch bei dieser Serie zunächst kurz einige Vorversuche mit der Kontrolllampe zu demonstrieren. So konnte auch hier in jedem Falle völliges Verständnis der Aufgabenstellung erzielt werden.

Zehn Kindern mit relativ schwachen Leistungen wurden die gleichen Aufgaben noch einmal nach vibratorischer Darbietung und mit der Möglichkeit einer vibratorischen Kontrolle vorgelegt (Serie C).

Diese Versuche wurden ergänzt durch eine *klinische Untersuchung* aller derer (33), die keine sicher nachgewiesenen Hörreste hatten. Bei ihnen wurde die Hörfähigkeit sowie die Funktionsfähigkeit des Vestibularapparates mit massiven Reizen (Hupe und Stimmgabeln, bzw. rotatorisch und calorisch) überprüft, um auch geringste Funktionsreste nicht zu übersehen¹.

Um eine exakte *Vergleichsbasis* für die rhythmischen Leistungen der Gehörlosen mit denen Hörender zu gewinnen, mußten *Normalsinnige* unter möglichst entsprechenden Versuchsbedingungen, d. h. unter Ausschaltung ihres Gehörs, mit derselben Aufgabenstellung geprüft werden. Dazu befand sich die Versuchsperson in einem schalldichten Raum, in welchem durch einen Rauschgenerator zusätzlich ein gleichmäßiges Geräusch von etwa 20—30 Dezibel erzeugt wurde, so daß ohne Irritation der Versuchsperson alle rhythmischen akustischen Eindrücke, auch die der eigenen Morsetaste, ausgeschaltet waren. In der gleichen Anordnung und an denselben Personen wurden auch entsprechende Versuche mit akustischen Reizen, die durch den Summer gegeben wurden, vorgenommen (Serie D). Insgesamt wurden 20 normalsinnige Kinder im Alter von 6—17 Jahren unter diesen Versuchsbedingungen untersucht.

V. Methodik der Auswertung

Die *Auswertung* der bei diesen Versuchen gewonnenen Kurven erfolgte nach einem kombinierten Verfahren, bei dem die schwer meßbaren, aber wesentlichen Kriterien der einzelnen Rhythmen neben den Ergebnissen statistischer Berechnungen berücksichtigt wurden.

¹ Die Leitung der klinischen Untersuchung lag in den Händen von Herrn O. A. Dozent Dr. med. U. LEGLER.

Jede Kurve wurde im Vergleich zu dem vorgegebenen Rhythmus nach folgenden Gesichtspunkten beurteilt:

1. Anzahl der Impulse einer Rhythmusperiode,
2. Verhältnis der Längen der einzelnen Impulse einer Periode zueinander,
3. Länge der Gesamtperiode,
4. Gleichmäßigkeit der produzierten Reihe in sich.

Durch diese vier Kriterien ist jede Kurve genau charakterisiert; die Abweichungen des reproduzierten Rhythmus vom vorgegebenen in jedem dieser Charakteristica wurde je nach Schwere mit 1—2 Minuspunkten bezeichnet, jedoch so, daß als Gesamtzahl nicht mehr als 6 Punkte erreicht wurden. Die genaue Wiedergabe

aller Einzelheiten wurde mit 1 bewertet, so daß als Gesamturteil jeder Einzelkurve Zensuren von 1 (beste Leistung) bis 6 (schlechteste Leistung) resultierten.

Die Abb. 1 zeigt im Schema die Kurve der Aufgabe 6 und darunter 6 typische Varianten der Reproduktion, an Hand derer das Prinzip der Beurteilung noch einmal erläutert werden soll:

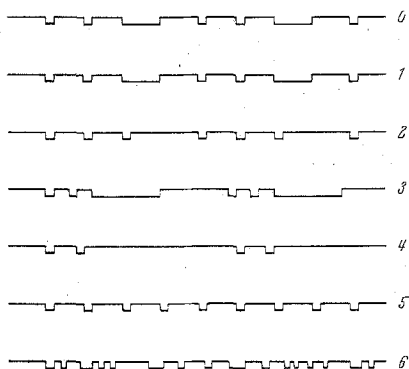


Abb. 1. Schematische Darstellung der Aufgabe 6 (0) und 6 typische Varianten der Reproduktion mit ihrer Bewertung nach dem Punktsystem (1—6)

1. Die Reproduktion ist in allen Einzelheiten identisch mit dem Vorbild: Note 1.

2. Die Anzahl der Impulse und die Länge der Gesamtperiode entsprechen dem Vorbild; die produzierte Reihe ist in sich gleichmäßig; die Länge der Impulse weicht vom Vorbild ab: Note 2.

3. Die Anzahl der Impulse entspricht dem Vorbild; die Länge der Gesamtperiode und der Einzelimpulse weicht ab; die Reihe ist in sich gleichmäßig: Note 3.

4. Die Zahl der Impulse, die Länge der Periode und der Einzelimpulse weichen ab; die Reihe ist in sich gleichmäßig: Note 4.

5. Es sind keinerlei Charakteristica des Vorbildes erhalten, aber die Reihe ist in sich gleichmäßig: Note 5.

6. Es sind keinerlei Charakteristica des Vorbildes erhalten, und die produzierte Folge ist in sich ungleichmäßig: Note 6.

Auf die ersten drei Übungen lassen sich diese Kriterien natürlich nicht anwenden; hier wurde nur entsprechend der Abweichung und Streuung der reproduzierten Werte von dem Sollwert eine Einstufung von 1—6 vorgenommen.

Das arithmetische Mittel aus den 8 Urteilen einer Versuchsreihe und einer Versuchsperson ergab dann das für diese Versuchsperson und diese Versuchsreihe geltende Gesamturteil.

Diese Methode erwies sich als außerordentlich zweckmäßig, um über die Leistungen jeder Versuchsperson zu einem Gesamturteil zu kommen; aber es bestanden Zweifel, ob hierbei nicht eventuell feinste Leistungsunterschiede übersehen würden, wie sie z. B. zwischen der Reproduktion mit und ohne Kontrolle bei ein und derselben Versuchsperson bestehen könnten. Es wurden daher über 200 Einzelkurven unter diesem Gesichtspunkt durch *Ausmessung* und *statistische Berechnungen* einer genauen Analyse unterzogen.

Hierzu wurde folgendermaßen vorgegangen: von jeder Kurve wurden aus 10 aufeinander folgenden Perioden die für jede Aufgabe charakteristischen Strecken

ausgemessen, und zwar für Aufgabe 1 und 2 die Differenz (b) zwischen dem vorgegebenen und dem synchron bzw. intermittierend reproduzierten Impuls, bei Aufgabe 3 die Länge jeder produzierten Zeitstrecke und bei Aufgabe 4—8 die Länge der jeweiligen Gesamtperiode (a) sowie der Teilperiode (b). Abb. 2 veranschaulicht die Abgrenzung dieser Strecken.

Aus den jeweils 10 Einzelmessungen einer Meßreihe wurde das arithmetische Mittel gebildet und dessen Abweichung vom Sollwert, d. h. der entsprechenden vorgegebenen Strecke, in Prozent dieser Strecke ausgedrückt. So bedeutet z. B. eine Abweichung von + 10%, daß die reproduzierte Strecke im Mittel um ein Zehntel länger ist als die vorgegebene, bzw. bei Aufgabe 1 und 2, daß die Impulse der Versuchsperson um ein Zehntel der Periodenlänge zu früh liegen; negative Werte sinngemäß umgekehrt. Da für Aufgabe 4—8 ein wesentliches Charakteristicum das Verhältnis der Teilperiode zur jeweiligen Gesamtperiode ist, wurde hier als Maß der Quotient $a : b$ ($b = 1$) gebildet, so daß seine Abweichung von den Sollwerten (4 : 1 bzw. 2 : 1) unmittelbar ersichtlich wurde.

Diese Werte besagen nun, für sich allein gesehen, noch nicht viel, da unter Umständen auch bei sehr unregelmäßigen Leistungen als Mittel ± 0 resultieren kann. Er mußte daher zusätzlich die *Streuung* um diesen Mittelwert errechnet werden. Ist M das arithmetische Mittel aus den Einzelwerten $a_1, a_2 \dots a_n$, so ist die Streuung definiert als

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{(a_1 - M)^2 + (a_2 - M)^2 + \dots + (a_n - M)^2}{n - 1}}$$

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{v=1}^n (a_v - M)^2}{n - 1}}$$

Die Gesamtheit dieser Zahlen bildet dann die Grundlage, auf der exakte Vergleiche der einzelnen Leistungen möglich sind. Bevor jedoch eine solche quantitative Auswertung durchgeführt werden konnte, war in einigen Testserien die Fehlerbreite festzustellen, die der Registriervorrichtung und dem Meßverfahren zur Last gelegt werden mußten. Für eine einfache, vom Kymographion registrierte Schlagfolge des Metronoms wurde so eine Streuung von $\pm 1,8\%$ ermittelt.

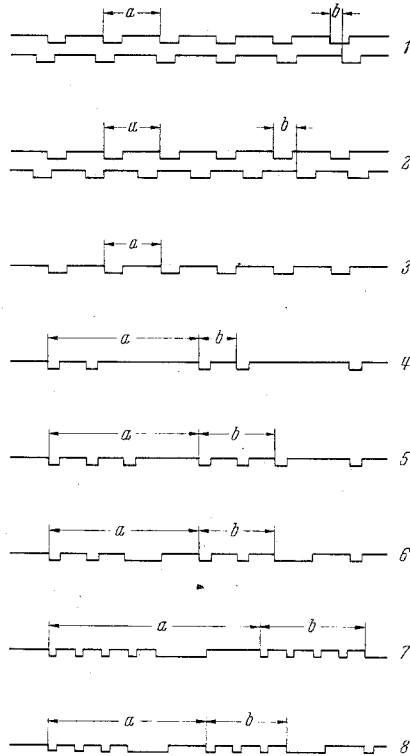


Abb. 2. Schematische Darstellung der Aufgabe 1—8 und Abgrenzung der für die Berechnungen ausgemessenen Strecken jeder Aufgabe

Die Tab. 1 zeigt als Beispiel die so gewonnenen Werte für die Abweichung und Streuung in Prozent, die Bewertung nach dem Punktsystem und für Aufgabe 4—8 den Quotienten $a : b$, dessen Sollgröße in der Vorspalte eingetragen ist. Sie stammen

Tabelle 1. *Erklärung siehe Text*

Aufg. Nr.		Lothar K.		Ursula R.	
		Serie A	Serie B	Serie B	Serie A
1	Abw.	—2,9%	+2,0%	—0,2%	—2,8%
	Str.	±15,3%	±6,3%	±13,6%	±11,6%
	Note	3	2	3	3
2	Abw.	—13,2%	—14,5%	+2,7%	—2,8%
	Str.	±7,4	±6,8	±4,5	±2,3
	Note	3	3	1	1
3	Abw.	—3,5%	+8,3%	+9,7%	+12,1%
	Str.	±6,2%	±3,2%	±7,0%	±5,3%
	Note	2	2	2	2
4	Abw.	—43,0%	—27,8%	—2,0%	—7,5%
	Str.	±10,8%	±4,0%	±2,5%	±6,2%
	4:1	2,5:1	3,8:1	3,3:1	3,2:1
	Note	3	2	2	2
5	Abw.	+17,4%	—9,9%	+11,7%	+6,0%
	Str.	±2,9%	±1,5%	±5,3%	±7,3%
	2:1	1,9:1	1,8:1	2,5:1	2,2:1
6	Note	2	2	2	2
	Abw.	+55,0%	+50,0%	+21,0%	+35,0%
	Str.	±17,8%	±6,8%	±9,2%	±4,0%
	2:1	2,6:1	2,1:1	2,1:1	1,9:1
7	Note	3	2	2	2
	Abw.	+5,2%	+4,0%	+13,9%	—16,7%
	Str.	±8,5%	±5,9%	±7,6%	±3,7%
	2:1	1,7:1	1,8:1	1,6:1	2,3:1
8	Note	2	2	3	3
	Abw.	+35,8%	+22,0%		—8,3%
	Str.	±4,2%	±5,7%	nicht regi- striert	±5,8%
	2:1	1,9:1	2,2:1		1,8:1
	Note	3	3		2

von einer 17jährigen normalen Versuchsperson (Lothar K.) und einem 14jährigen tauben Mädchen (Ursula R.), bei dem nach einer Meningitis im ersten Lebensjahr die Cochlearis- und Vestibularisfunktionen völlig ausgefallen waren.

VI. Ergebnisse

Zunächst sei in Form einer tabellarischen Übersicht eine kurze statistische *Aufgliederung* der untersuchten taubstummen Kinder gegeben.

Tabelle 2. *Aufgliederung der untersuchten taubstummten Kinder*

Gesamtzahl	50
Jungen	27
Mädchen	23
Angeborene Taubheit	28
Erworbene Taubheit	17
Fälle unklarer Genese	5
Mit Hörresten	20
Ohne Hörreste	30
Mit intakter Vestibularisfunktion	28
Mit eingeschränkter Vestibularisfunktion	8
Mit erloschener Vestibularisfunktion	14

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß die Fälle angeborener Taubheit überwiegen, zumal wohl auch die meisten mit unklarer Genese hierzu gerechnet werden müssen. Bei der sicher erworbenen Taubheit sind die Schädigungen durch Meningitis am schwersten; in allen Fällen (9) war hier neben einem völligen Ausfall der cochlearen Funktion auch der Vestibularisapparat mit betroffen. Während einige Fälle trotz restlosen Verlustes der Hörfähigkeit noch vestibuläre Reaktionen aufwiesen, konnte das umgekehrte Verhalten nicht beobachtet werden.

Der Vergleich der rhythmischen Leistungen der 50 untersuchten taubstummten mit denen der 20 normalsinnigen Versuchspersonen führt nun zu dem überraschenden Ergebnis, daß zwischen beiden Gruppen praktisch kein Unterschied besteht. Schon während der Durchführung der Untersuchungen fiel bei einer beträchtlichen Zahl der Taubstummten (16) die lebhafteste rhythmische Bereitschaft auf, mit der sie auf die Lichtreize reagierten. Sie begleiteten häufig die dargebotenen, mehr aber noch die reproduzierten Rhythmen mit Körperbewegungen. Bisweilen war es so, daß die ganze Gruppe, die einem Versuch zusah, nach und nach in solche rhythmischen Bewegungen verfiel, da hierbei offensichtlich das Beispiel dessen, dem sich diese Art des Mitgehens am ersten aufgedrängt hatte, für die anderen ansteckend wirkte. Diese unverkennbaren Äußerungen echten rhythmischen Erlebens sind wohl der beste Beweis dafür, daß die Reproduktion der Rhythmen aus diesem Erleben heraus erfolgte und nicht eine angelernte intellektuelle Leistung darstellte.

Legt man die Beurteilung nach dem Punktsystem zugrunde und bestimmt für jede Gruppe von Versuchspersonen das arithmetische Mittel aus allen Einzelleistungen, so erhält man einen guten Einblick in das jeweilige Leistungsniveau, wie es durch die Kriterien der Gruppierung bedingt ist. Als *Gesamtdurchschnitt* der Leistungen aller Versuchspersonen findet man so 2,64 für die 50 *Taubstummten* gegenüber 2,58 für die 20

Hörenden, also zwei praktisch identische Werte, die ein durchaus gutes Leistungsniveau repräsentieren.

Die Gegenüberstellung der Leistungen der beiden *Geschlechter* zeigt keinerlei Unterschied. Die *Intelligenz*, gemessen an der Schulleistung, macht sich nur in den extremen Fällen bemerkbar. So kommen zwei schwachsinnige Taubstumme im Alter von 15 und 17 Jahren nur auf einen Leistungsdurchschnitt von 4,1, der sich unter alleiniger Berücksichtigung der Übungen 4—8 sogar auf 5,0 verschlechtert. Umgekehrt erreichen die Kinder mit guten bis sehr guten Schulleistungen (insgesamt 20) nur den allgemeinen Durchschnittswert von 2,6, der von 1,6 bei den Besten bis 4,5 bei den Schlechtesten streut. Die beiden schwachsinnigen Versuchspersonen werden bei den folgenden Gegenüberstellungen nicht berücksichtigt, da sie das Niveau der betreffenden Gruppe in einer Weise senken würden, die nicht den jeweiligen Gruppenmerkmalen zur Last gelegt werden kann.

Gruppiert man die 48 Gehörlosen nach den *Altersklassen* und vergleicht ihre Leistungen, so ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 3
Einfluß des Alters auf die Rhythmusreproduktion bei 48 Gehörlosen

Alter	Zahl der Fälle	Leistungsdurchschnitt
10	6	3,8 (4,0)
11	3	3,2 (3,5)
12	5	3,0 (3,2)
13	9	2,4 (2,4)
14	9	2,4 (2,3)
15	11	2,3 (2,4)
16	5	2,4 (2,5)

Bei den ersten Jahrgängen ist ein stetiger altersbedingter Anstieg der Leistung zu beobachten, der aber mit etwa 13 Jahren einen anscheinend endgültigen Höhepunkt erreicht. Andererseits liegt bei 10—11 Jahren die Grenze, unterhalb derer eine Reproduktion differenzierter Rhythmen noch nicht erwartet werden kann. Die relativ günstigen Durchschnittswerte von 3,8 verschlechtern sich auf 4,0 (siehe die eingeklammerten Werte der Tabelle), wenn man die einfacheren Aufgaben 1—3 unberücksichtigt läßt, und werden auch hier nur durch einige wenige verhältnismäßig gute Leistungen über das eigentliche Niveau von 5,0 erhoben.

Es zeigt sich hier ein eigenartiges Phänomen, das offenbar die erste Stufe in der Entwicklung rhythmischer Fähigkeiten darstellt und das auch schon IMHOFFER bei normalen Kindern beobachtete. Es wird, gleichgültig welcher Rhythmus vorgegeben ist, als Antwort immer nur eine gleichmäßige Schlagfolge ohne Variation des Zeitintervalles produziert. Es fehlt offensichtlich noch völlig die Fähigkeit, das Besondere einer

rhythmischen Folge, d. h. das Ordnungsprinzip eines zeitlichen Ablaufes zu erkennen und zu reproduzieren, sobald ihm kompliziertere Relationen zugrunde liegen als die der steten Wiederkehr einer nur auf sich bezogenen Größe. Die Reaktion der beiden schwachsinnigen Versuchspersonen auf die verschiedenen Rhythmen entsprach genau dem Typus, wie er bei den 10- und 11jährigen zu finden war.

Der Vergleich mit den Leistungen der *Hörenden* läßt auch in dieser Hinsicht ein grundsätzlich gleiches Verhalten erkennen, nur liegt hier die untere Grenze bei etwa 6—7 Jahren, während optimale Leistungen schon mit 10—11 Jahren erreicht werden. Dieser Unterschied darf wohl ganz allgemein als ein Ausdruck der verzögerten und behinderten geistigen Entwicklung der Gehörlosen interpretiert werden und erscheint auch unter diesem Gesichtspunkt erstaunlich gering.

Die hier gewonnenen Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses von Geschlecht, Intelligenz und Alter auf die rhythmischen Fähigkeiten entsprechen in den wesentlichen Zügen den Erkenntnissen, die schon von anderen Autoren (LEIBOLD; PRAGER; IMHOFFER) in Untersuchungen an Normalsinnigen erarbeitet worden sind.

Schon der erste Vergleich der Gesamtleistungen und die Tatsache, daß sich unter den 50 Gehörlosen nicht einer gefunden hatte, der nicht wenigstens eine gleichmäßige Schlagfolge hätte produzieren können, machte die Annahme unwahrscheinlich, daß dem Funktionszustand des *Cochlear- und Vestibularapparates* eine wesentliche Bedeutung für die Rhythmus-Produktion zukäme. Eine entsprechende Aufschlüsselung der Ergebnisse bestätigt diese Vorstellung vollends: während die 20 Taubstummen, bei denen geringe Hörreste nachzuweisen waren, auf einen Leistungsdurchschnitt von 2,5 kamen, erreichten die 28 absolut Gehörlosen einen Durchschnittswert von 2,6. Das Leistungsniveau der 13 Versuchspersonen mit völlig erloschener Vestibularisfunktion, bei denen gleichzeitig auch keinerlei Hörreste vorhanden waren, lag sogar bei 2,4, ist also auf keinen Fall vermindert.

Es muß hieraus die Schlußfolgerung gezogen werden, daß entgegen der Anschauung v. BECHTEREWS, BÉNESIS und GÜTTICHS die Cochlearis- und Vestibularisfunktion nicht nur keine zentrale Stellung für die Auffassung und Produktion von Rhythmen einnimmt, sondern daß sie für das eigentliche Phänomen der Rhythmizität offensichtlich belanglos ist.

Da mit dieser grundlegenden Erkenntnis zugleich auch wenigstens für die Gehörlosen die Frage in negativem Sinne entschieden ist, ob dem *Ohr* die Rolle eines *regulierenden Kontrollorgans* für die Rhythmusproduktion zukommt, bleibt noch zu untersuchen, ob hierin eventuell das *Auge* vicariierend eingesprungen ist und diese Funktion übernommen hat oder ob die Notwendigkeit einer solchen Kontrolle überhaupt nicht besteht.

Auch für die Klärung dieser Frage war die Beobachtung der Versuchspersonen außerordentlich aufschlußreich. So nützlich, ja unentbehrlich sich die von der Versuchsperson zu betätigende Kontrollampe gezeigt hatte, um den gehörlosen Kindern die Aufgabenstellung zu erklären, so wenig wurde sie später von den meisten während der freien Reproduktion beachtet. Einige Versuchspersonen schlossen dabei sogar die Augen, andere blickten ins Leere. Bemerkenswert war die Sicherheit, mit der diejenigen Versuchspersonen, die mit den Aufgaben ohne Kontrolle beginnen mußten, alle verschiedenen Rhythmen aufnahmen und ohne Zögern reproduzierten, nachdem ihnen nur an einer Übung mit Hilfe der Kontrollampe das Prinzip erläutert worden war.

Während der Darbietung der Rhythmen ließ sich immer wieder in dem lebhaften Mienenspiel der Taubstummen deutlich ablesen, wie das Begreifen einer rhythmischen Folge gleichsam sprunghaft und nicht in Form einer allmählichen Annäherung eintrat: der Ausdruck der gespannten Aufmerksamkeit oder auch der Ratlosigkeit wechselte dann plötzlich als sichtbares Zeichen eines Aha-Erlebnisses über in den der Erleichterung und stolzen Zufriedenheit. Aus dem Bewußtsein, die Aufgabe gelöst zu haben, erlahmte danach meist sehr schnell die Aufmerksamkeit, und erst die Reproduktion zeigte dann, daß mit diesem Begreifen oft nur ein Merkmal der rhythmischen Gruppe, z. B. die Zahl der Impulse, erkannt worden war, das dann allerdings auch konsequent produziert wurde.

Dieses sprunghafte Erkennen, das sich in bezug auf jedes einzelne Merkmal einer rhythmischen Gruppe fast nach dem *Alles-oder-Nichts-Gesetz* zu vollziehen scheint, führte dazu, daß gelegentlich eine Versuchsperson ähnliche Rhythmen oder sogar den gleichen Rhythmus in verschiedenen Serien einmal völlig verkannte und eine gleichmäßige Schlagfolge produzierte (Note 5), das andere Mal nahezu fehlerfrei wiedergab (Note 1). Dabei ließ sich jedoch keine Gesetzmäßigkeit erkennen, die darauf hindeuten würde, daß der Übungsfaktor, die Sinnesqualität der Darbietung oder die sensorische Kontrollmöglichkeit bei der Reproduktion für diese Unterschiede verantwortlich wären. Wahrscheinlich liegen diesem Verhalten nur wechselnde Grade der Aufmerksamkeit und Konzentration zugrunde.

Die genaue *quantitative Auswertung* von über 200 ausgewählten Einzelkurven aller Serien (siehe als Beispiel Tab. 1) bestätigt nun, was sich nach den beschriebenen Beobachtungen schon vermuten ließ: die Möglichkeit einer *sensorischen Kontrolle* bei der Rhythmus-Reproduktion beeinflusst die Leistung in keiner erkennbaren Weise. Weder die Abweichung gegenüber dem Vorbild noch die Streuung der produzierten Zeitstrecken noch deren Verhältnis innerhalb einer Rhythmus-Periode ändern sich unter den verschiedenen Versuchsbedingungen und -reihenfolgen in irgendeiner charakteristischen Art.

Die *vibratorische* Darbietung der Rhythmen ist, wenigstens bei den verwendeten Intensitäten beider Sinnesreize, der optischen in ihrer Wirkung nicht überlegen.

Die entsprechenden Versuche an *Hörenden* zeigten, daß hier die Produktion der an einen Schrittmacher gebundenen Rhythmen (Aufgabe 1 und 2) mit akustischen Reizen zum Teil bessere Resultate gibt als mit optischen. Bei der freien Rhythmus-Reproduktion sind dagegen die Leistungen nach akustischer Darbietung nicht besser als nach optischer.

Ein *Übungsfaktor*, durch den die Ergebnisse im Laufe einer Untersuchungsreihe verbessert würden, konnte nur bei einigen Versuchspersonen wahrscheinlich gemacht werden, spielt aber sicher bei der relativ kurzen Dauer der Versuche keine wesentliche Rolle.

Aus diesen Ergebnissen kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß für die Produktion eines Rhythmus eine reafferente Kontrolle durch das Auge, das Ohr oder den Vibrationssinn nicht erforderlich ist und die Güte der Leistung durch sie nicht beeinflußt wird. Diese Erkenntnis läßt zwei grundsätzliche Erklärungsmöglichkeiten zu: entweder liegt der Rhythmizität eine autonome, zentrale Steuerung zugrunde, deren spezifische Leistung, die Apperzeption und Integration zeitlicher Größen, von keinem peripheren Sinnesorgan adäquat erfaßt und korrigiert werden kann, oder es genügt für die Steuerung rhythmischer Impulse die relativ geringe Reafferenz aus den Propriozeptoren der Muskeln oder den sensiblen Organen der Haut, deren Erregung bei der aktiven Reproduktion eines Rhythmus nicht vermieden werden kann. Auf diese Frage wird weiter unten bei der Diskussion anderer Untersuchungsergebnisse noch einmal einzugehen sein.

Ferner läßt sich folgern, daß die drei genannten Sinnesorgane für die Perception eines Rhythmus grundsätzlich gleichwertig sind, sofern die gebotenen Reize unter sich vergleichbar, d. h. nur in der zeitlichen Gestaltung variiert, von ähnlicher Intensität und gleicher Frequenz sind. Die Bedeutung dieser beiden Faktoren wie auch der Dynamik konnte hier nicht untersucht werden; es braucht aber nur an Begriffe wie Flimmerfrequenz und positives Nachbild erinnert zu werden, um ihren möglichen Einfluß bei extremen Tempi, die hier bewußt vermieden wurden, in Rechnung zu stellen.

Die eingangs aufgeworfenen 4 Probleme lassen sich aus den gewonnenen Ergebnissen zusammenfassend etwa folgendermaßen beantworten.

a) Aus der Art, wie Gehörlose optisch oder vibratorisch vorgegebene Rhythmen reproduzieren, muß geschlossen werden, daß sie über ein Rhythmus-Empfinden verfügen, welches sich grundsätzlich in nichts von dem Hörender unterscheidet.

b) Die Cochlearis- und Vestibularisfunktionen haben auf diese rhythmischen Fähigkeiten sicher keinen Einfluß.

c) Das Gehör ist, bei vergleichbaren Untersuchungsbedingungen, in der Perzeption rhythmischer Reize den anderen Sinnesorganen nicht überlegen. Seine Vormachtstellung ist nicht Folge einer besonderen Organleistung, sondern Folge der Besonderheiten akustischer Phänomene.

d) Die Rhythmus-Produktion als aktive Leistung bedarf nicht der Steuerung und Kontrolle durch eines der großen Sinnesorgane.

Da diese Ergebnisse der vorherrschenden Meinung (IMHOFFER; GÜTTICH; BÉNESI; v. BECHTEREW) widersprechen und in völligem Gegensatz zu den Befunden stehen, die BÉNESI aus ganz ähnlichen Untersuchungen gewann, muß noch einmal kritisch Stellung zur Arbeit dieses Autors genommen werden. Wenn BÉNESI feststellte, daß von 24 taubstummen Kindern nur 6 annähernd richtig Rhythmen reproduzieren konnten, hier aber gefunden wurde, daß von 50 Kindern 43 sehr gute bis befriedigende Leistungen zeigten und die restlichen 7 wenigstens gleichmäßige Schlagfolgen produzierten, so kann die Ursache für diesen Unterschied nur in der Methodik zu suchen sein. Leider macht BÉNESI keine genaueren Angaben über die Art seiner Versuchsanordnung und -durchführung; aber seine negativen Resultate legen die Vermutung nahe, daß es ihm nicht gelungen ist, seinen Versuchspersonen die Scheu vor der Prüfung zu nehmen und bei ihnen Verständnis und Interesse für die Aufgabenstellung zu wecken. Die Folgerung, daß eine labyrinthäre Beeinflussung der Rhythmizität vorliege, erscheint durch die Fragwürdigkeit seiner negativen Untersuchungsergebnisse, von denen er ausgeht, anfechtbar und wird durch den positiven Beweis des Gegenteils vollends widerlegt.

VII. Ergänzende Untersuchungen und Ergebnisse

Da sich gezeigt hatte, daß die Rhythmus-Produktion der Gehörlosen unter den gewählten Versuchsbedingungen in keiner Weise von der Normalsinniger abweicht, erschien es erlaubt, das umfangreiche Untersuchungsmaterial auch noch unter anderen Gesichtspunkten auszuwerten, um auf diesem Wege vielleicht neue Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, die zu einer Klärung des eigentlichen Wesens der Rhythmizität beitragen könnten.

Durch die bisher beschriebenen Untersuchungen hatte bewiesen werden können, daß die Rhythmus-Produktion sicher nicht auf eine sensorische Kontrolle seitens des Gehörs oder des Auges angewiesen ist; es konnte aber daraus nicht gefolgert werden, daß eine solche Kontrolle grundsätzlich nicht erforderlich wäre, da die bei einer aktiven Rhythmus-Produktion unvermeidlich auftretenden afferenten Impulse aus Muskeln, Gelenken und Haut ebenfalls für eine solche Funktion in Betracht kämen. Weiteren Aufschluß über diese Frage versprach nun eine genaue Analyse der Art und Weise, in der die produzierten Zeitstrecken um ihren arithmetischen Mittelwert streuen.

Die Aufgaben 1 und 3, d. h. also die an einen Schrittmacher gebundene bzw. freie Produktion einer gleichmäßigen Schlagfolge boten die übersichtlichsten Verhältnisse und wurden darum für diese Untersuchungen herangezogen. Eine graphische Darstellung veranschaulicht die hierbei vorliegenden Verhältnisse.

Die Abb. 3 zeigt als Beispiel 4 Paare von Schaubildern, die jeweils zur gleichen Versuchsserie einer Versuchsperson gehören. Die mit (a) bezeichneten Reihen entsprechen der Aufgabe 1, also der Produktion synchron mit der vorgegebenen Schlagfolge, die mit (b) bezeichneten der Aufgabe 3, also der freien Reproduktion der gleichen Schlagfolge. Auf der Abszisse ist jedes fortlaufend produzierte Zeitintervall einer Schlagfolge mit gleichen Abständen als Basis einer Säule abgetragen. Die Nulllinie repräsentiert den arithmetischen Mittelwert der Länge dieser Zeitintervalle, und auf der Ordinate erscheint die jeweilige Abweichung der einzelnen Zeitstrecken von diesem Mittelwert in Prozent ihrer mittleren Länge, wobei positive Werte zeitlich zu früh, negative zeitlich zu spät liegende Impulse darstellen.

Durch die Gegenüberstellung der beiden jeweils zusammengehörenden Reihen wird ein grundlegender Unterschied zwischen ihnen deutlich: bei der Produktion der einfachen Schlagfolge synchron mit der vorgegebenen Impulsfolge wird der angestrebte Wert durch die produzierten Zeitstrecken in *sinusähnlichen Schwankungen* langsam pendelnd über- und unterschritten; bei der freien Reproduktion der gleichen Zeitstrecke

herrscht keine erkennbare Regelmäßigkeit, die produzierten Zeitabschnitte streuen vielmehr wahllos und nur *statistischen Gesetzen* gehorchend um einen Mittelwert.

Im ersten Falle zwingt der ständige Vergleich mit dem Vorbild zu immer erneuter Korrektur der eigenen Leistung und führt so, allerdings

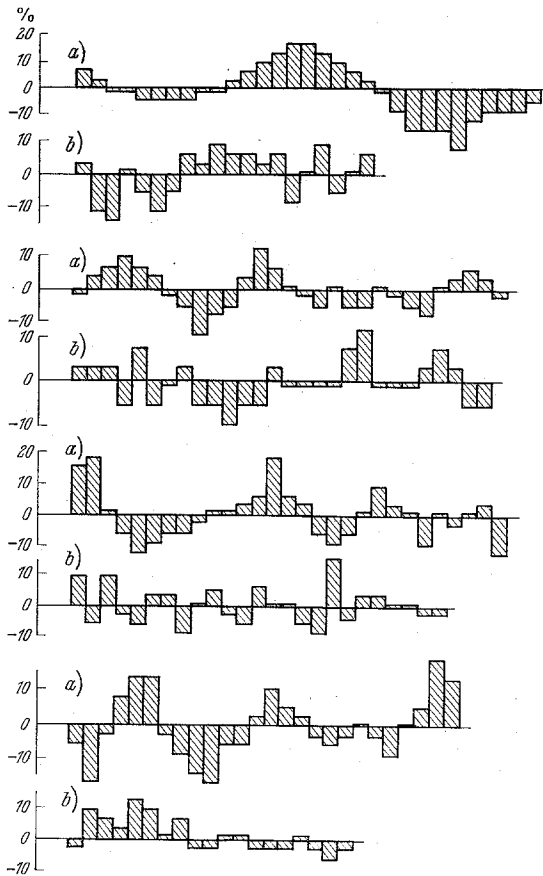


Abb. 3. Darstellung der Streuung bei der Reproduktion einer einfachen Schlagfolge von 60 Impulsen pro Minute bei 4 Versuchspersonen. Abszisse: die einzelnen fortlaufend produzierten Zeitstrecken eines Versuches. Ordinate: die jeweilige Abweichung der Zeitstrecken von ihrem arithmetischen Mittel in Prozent ihrer mittleren Länge. a) Bei der Reproduktion synchron mit der vorgegebenen Schlagfolge (Aufgabe 1); b) bei freier Reproduktion der gleichen Schlagfolge (Aufgabe 3)

mit Hilfe exogener Reize, zu einem geradezu klassischen *Regelvorgang*, bei dem die Amplitude der Regelkurve durch die Schwellenwerte bestimmt wird, die erreicht werden müssen, wenn eine gegensinnige Regulation ausgelöst werden soll, während die Wellenlänge ein Maß für die Reaktionsgeschwindigkeit des Regelsystems darstellt.

Im zweiten Fall, bei dem der exogene Maßstab für die eigene Leistung fortgefallen ist, zeigt die Art der Streuung, daß es einen endogenen Ersatz für diese Funktion offensichtlich nicht gibt. Es hat vielmehr den Anschein, als produziere ein auf sich allein gestelltes, völlig *autonomes System* innerhalb einer gewissen Fehlerbreite die Zeitstrecke, auf die es eingestellt worden ist, ohne außerhalb seiner selbst eine übergeordnete Vergleichs- und Korrekturmöglichkeit für die eigene Leistung zu besitzen. Dieses Verhalten findet sich unabhängig davon, ob bei der Rhythmus-Produktion sensorisch wahrnehmbare Reize (Kontrollampe) erzeugt wurden oder nicht (Beispiel 1 und 2 der Abb. 3 aus Serie B, 3 und 4 aus Serie A) bzw., in welcher Sinnesqualität die Rhythmusfolge vorgegeben wurde.

Diese Tatsachen machen in Verbindung mit den anderen oben beschriebenen Untersuchungsergebnissen folgendes wahrscheinlich: Die freie Produktion einer rhythmischen Folge geht von einem autonomen, zentralen System aus, dessen spezifische Leistung, die Apperzeption, Demarkation und Integration zeitlicher Größen, von keinem Sinnesorgan adäquat erfaßt und im Sinne einer reafferenten Steuerung reguliert werden kann. Wird durch die gleichzeitige Darbietung einer exogenen Impulsfolge der subjektiven Leistung eine objektive gegenübergestellt, so bedarf es zum Angleich der subjektiven an die objektive Folge nicht des Zusammentreffens beider auf der Ebene einer Sinnesqualität, sondern diese Gegenüberstellung spielt sich auf einer Ebene jenseits der Sinnesorgane ab, in der alle exterozeptiven, propriozeptiven afferenten, wahrscheinlich auch efferenten und psychischen Vorgänge äquivalent sind, d. h. etwas Gemeinsames, Vergleichbares haben.

War bisher das Augenmerk ungeachtet der absoluten Größe der produzierten Zeitintervalle nur auf die Art der Streuung gerichtet gewesen, sollten nun einmal die *Größenverhältnisse* der produzierten zu den vorgegebenen Zeitstrecken näher untersucht werden.

Es war namentlich bei den Aufgaben 4 und 7 aufgefallen, daß die dort geforderten langen Zeitintervalle beinahe regelmäßig zu kurz wiedergegeben wurden, ein Fehler, der jedem Musikausübenden gut bekannt ist und der hier in der rechnerischen Auswertung seinen Ausdruck in einer Verkleinerung der Quotienten 4:1 bzw. 2:1 fand. (Siehe auch die Tab. 1, Aufgaben 4 und 7.) Da ein ähnliches Verhalten bei kleineren Zeitstrecken nicht zu beobachten ist und ein Geübter auch große Zeitstrecken dann richtig reproduziert, wenn er sie „auszählt“, d. h. in kleine Abschnitte

zerlegt, schien die Genauigkeit der Reproduktion eines vorgegebenen Zeitintervalles in Abhängigkeit von der Länge dieses Intervalles zu stehen. Wegen der grundlegenden Bedeutung, die einer solchen Gesetzmäßigkeit zukäme, wurden diese Verhältnisse noch einmal in einer eigens auf diese Fragestellung ausgerichteten Versuchsanordnung untersucht.

16 normalsinnigen Versuchspersonen wurde die Aufgabe gestellt, 9 gleichmäßige Impulsfolgen verschiedener Frequenz zu reproduzieren, die ihnen in bekannter Weise durch Lichtreize vorgegeben wurden. Dabei kamen Frequenzen zwischen 20 und 100 Impulsen pro Minute oder umgerechnet Zeitstrecken von 3—0,6 sec in Anwendung. Das arithmetische Mittel der reproduzierten Intervalle wurde in einem Koordinatensystem über den entsprechenden Sollwerten aufgetragen, wobei im Idealfall eine Gerade resultieren müßte (siehe Kurve 1 der Abb. 4).

Da der Sinn dieser Versuche war, die Reproduktion größerer, *ungeteilter Zeitstrecken* zu untersuchen, wurden die Versuchspersonen gebeten, die Zeitintervalle nach Möglichkeit nicht durch Zählen, Klopfen oder irgendeine andere Aktivität auszufüllen. Es zeigte sich jedoch bald, daß diese Forderung von Erwachsenen und älteren Kindern praktisch nicht erfüllt werden konnte. Entweder gaben sie am Ende der Versuchsserie zu, daß sie ihrer Reproduktion minimale Körperbewegungen, die Atemfrequenz oder auch nur eine rein psychische „gedachte“ Zeitmarkierung zugrunde gelegt hatten, oder aber die reproduzierte Kurve verriet, daß eine solche Unterteilung unbewußt vorgenommen worden war. Während bei der Darbietung der Zeitstrecken streng darauf geachtet wurde, daß die Länge der Lichtreize möglichst kurz war und kein einfaches Zahlenverhältnis mit der Gesamtlänge des Zeitintervalles bildete, konnte man bei der Reproduktion sehr häufig eine solche Relation finden. Meistens wurde die Taste so bedient, daß durch das Niederdrücken der Anfang, durch das Loslassen genau die Hälfte, seltener auch ein Viertel oder ein Drittel der zu produzierenden Zeitstrecke markiert wurde.

Dieser *psychologische Faktor* ließ sich auch dadurch nicht beseitigen, daß die vielleicht suggestive Aufforderung, nicht zu zählen, unterlassen wurde; ebenso war es hierfür belanglos, ob die Versuchsserie mit den schnellen oder langsamen Frequenzen begonnen wurde. Es überraschte daher nicht, daß bei diesen Versuchen keine charakteristische Abweichung der reproduzierten Zeitstrecke gegenüber der vorgegebenen auftrat. Es war vielmehr ein nahezu lineares Verhältnis zu beobachten, bei dem sich auch die Streuung, bezogen auf die jeweilige Gesamtstrecke, nicht änderte (siehe als Beispiel die Kurve 32 der Abb. 4).

Ein ursprünglicheres Verhalten war aber von den *Kindern* zu erwarten, die differenziertere Rhythmen noch nicht auffassen können und stereotyp als gleichmäßige Schlagfolge reproduzieren, weil sie offenbar noch nicht die Fähigkeit zur Integration zeitlicher Größen erworben haben. Bei ihnen brachten diese Versuche ein ganz anderes Ergebnis:

während bei den kleineren Zeitintervallen bzw. schnelleren Frequenzen gute Übereinstimmung zwischen vorgegebenen und reproduzierten Werten herrschte, trat bei größeren Zeitintervallen in zunehmendem Maße eine Tendenz zur Verkürzung der reproduzierten Zeitstrecke gegenüber der vorgegebenen zu Tage. In der graphischen Darstellung (siehe die Kurven 5, 8, 9 der Abb. 4; die Zahlen geben gleichzeitig das Alter der

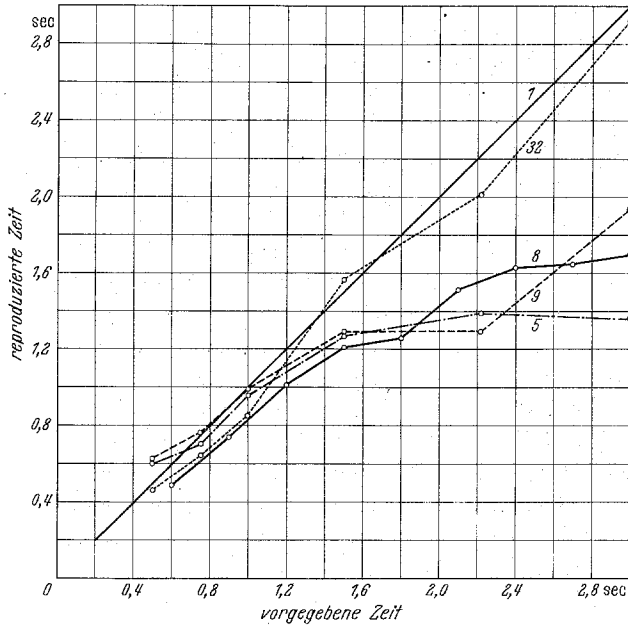


Abb. 4. Abhängigkeit der Reproduktion vorgegebener Zeitintervalle von 0,5—3 sec von der Länge dieser Intervalle und dem Alter der Versuchsperson. (1) Vergleichsgerade als Fall einer idealen Reproduktion. Die übrigen Zahlen an den Kurven geben das Alter der betreffenden Versuchsperson an

Versuchsperson an) wird dieses Verhalten durch eine Kurve gekennzeichnet, die im Anfang annähernd linear ansteigt, dann aber abbiegt und nur noch geringe steigende Tendenz zeigt. Der Punkt, bei dem die Abweichung gegenüber der Geraden, die eine ideale Reproduktion bedeuten würde, deutlich wird, liegt bei einem Zeitintervall von 1,4—1,5 sec. Dieser Wert entspricht aber genau der oberen Grenze, bis zu welcher ein Zeitintervall überhaupt rhythmisch erlebt werden kann. BOLTON (1893) fand bei seinen Untersuchungen, unter welchen Bedingungen gleichmäßige akustische Schlagfolgen rhythmisiert wurden, die obere Grenze bei 1,581 sec, und KOFFKA (1909) bei entsprechenden Versuchen mit optischen Reizen bei 1,4 sec. Ein ursächlicher Zusammenhang scheint hier auf der Hand zu liegen.

VIII. Diskussion

Es würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, wollte man dem ganzen sich hier auftuenden Fragenkomplex in weiteren Versuchen nachgehen; auch muß es späteren Arbeiten überlassen bleiben, die sich hier andeutenden Gesetzmäßigkeiten an einer größeren Zahl von Versuchspersonen und mit verfeinerten Apparaten zu verifizieren. Mit allem Vorbehalt und in dem Bewußtsein, hierin nicht viel mehr als eine Hypothese geben zu können, sollen aber dennoch schon aus diesen vorläufigen Ergebnissen einige Folgerungen gezogen werden, soweit sie für die Synthese der übrigen gewonnenen Einzelerkenntnisse von Belang sind.

Die Tatsache, daß erwachsene Versuchspersonen offenbar nicht in der Lage sind, eine größere Zeitstrecke als ein Ganzes zu erfassen und zu reproduzieren, sondern bewußt oder unbewußt in kleinere Abschnitte unterteilen, deutet auf eine Eigenart des Zeitsinnes hin, die ein solches Verhalten notwendig macht. Die ursprünglichere Reaktionsweise der Kinder, die darin besteht, daß sie wirklich Zeitganze und nicht Summen von Zeiteilen produzieren, gestattet einen Einblick in die tieferen Zusammenhänge.

Wenn man die Reproduktion einer vorgegebenen Zeitstrecke als adäquate Äußerung des subjektiven Zeitempfindens ansehen darf, so muß aus diesen Versuchen geschlossen werden, daß das subjektive Zeitempfinden der objektiven Zeit nicht unbegrenzt linear folgt. Die Annahme, daß der Relation zwischen subjektivem Empfinden und objektiver Zeit eine *logarithmische Funktion* zugrunde liege, zu der die Kurven verleiten könnten (WEBER-FECHNERSches Gesetz), stößt auf erhebliche theoretische Bedenken und könnte daher aus diesen vorläufigen Untersuchungen allein kaum gestützt werden. Eine solche Konzeption müßte z. B. völlig getrennte Funktionen des Zeitempfindens für die Apperzeption und die aktive Reproduktion zeitlicher Größen postulieren, da nicht einzusehen ist, daß der gleichgültig wie geartete Maßstab eines einheitlichen Zeitempfindens die Reproduktion vorgegebener Zeitgrößen beeinflussen könnte.

Es ließe sich damit auch nicht erklären, warum Erwachsene und ältere Kinder nicht zu einer primären Erlebnisform einer Zeitgröße fähig sind, sondern geradezu zwangsläufig durch eine Hilfsmaßnahme, nämlich die Aufteilung eines Zeitganzen in Zeiteile, die naturgegebene Fehlleistung ihres Zeitempfindens überbrücken. Eine empirisch gewonnene Erkenntnis, daß das Zeitempfinden bei der Begrenzung größerer Zeitabschnitte objektiv fehlerhaft ist, dürfte nur bei den wenigsten Versuchspersonen ausgeprägt sein und könnte auch wohl kaum ohne Beteiligung des Bewußtseins und der Willkür einen so dominierenden Einfluß ausüben. Es muß dafür ein Faktor angenommen werden, durch den die Unzuverlässigkeit einer direkten Abgrenzung größerer zeitlicher Werte unmittelbar erlebt wird.

Hier kommt nun eine Vorstellung der modernen Psychologie zu Hilfe, die in der Ausführung KRETSCHMERS wörtlich wiedergegeben werden soll.

„Einmal beteiligt er (der Gehörsinn) sich bei der Entwicklung der Zeitvorstellung, die durch rhythmische Gehörreize, ähnlich wie durch den rhythmischen Ablauf der Körperempfindungen etwa beim Gang entschieden begünstigt wird, wie WUNDT richtig hervorhebt. Wichtiger für die Entwicklung der Zeitvorstellung scheint allerdings die mnestische Funktion des Großhirns, die ein Nebeneinandervorhandensein von Engrammen von abgestufter Abgeblaßtheit neben den graduell stärksten Neueindrücken ermöglicht. Auf diesem quantitativen Faktor, der ungefähren Gradabstufung der Erlebnisfrische der inneren Bilder dürfte die Zeitvorstellung wie auf einer Art gedächtnismäßiger ‚Lokalzeichen‘ in erster Linie beruhen. Jedenfalls zeigt der KORSAKOWSche Symptomenkomplex, daß die Zeitvorstellung aufs engste an die Intaktheit der Merk- und Gedächtnisfunktionen geknüpft ist und daß sie bei schweren Schädigungen derselben ebenfalls mit verschwindet. Ebenso sehen wir, daß dort, wo die mnestische Gradabstufung der Erlebnisstärke durch überstarke affektive Akzente (z. B. erschütterndes Trauererlebnis oder Schreckerlebnis) durchbrochen wird, auch der Zeitsinn sehr stark notleidet.“

Da in der Natur alle Vorgänge, die durch eine natürliche Abnahme gekennzeichnet sind (z. B. gedämpfte Schwingung, Entladung eines Kondensators) einer *Exponentialfunktion* von e (der Basis der nat. Log.) gehorchen, erscheint es nicht abwegig, auch für das Abblassen der Engramme eine ähnliche Gesetzmäßigkeit anzunehmen. Die Kurve einer solchen Funktion ist dadurch charakterisiert, daß ihre Steilheit in jedem Punkt proportional der Ordinate ist oder, übertragen auf diese Verhältnisse, daß der *Intensitätsabfall eines Engrammes* pro Zeiteinheit proportional der jeweiligen absoluten Intensität ist.

Das würde bedeuten, daß die Intensitätsänderung eines frischen Engrammes in den ersten Zeiteinheiten relativ groß ist, dann geringer wird und sich schließlich in einem langsamen Verdünnern überhaupt nicht mehr fassen läßt. Ist aber das Zeitempfinden eine Funktion dieser Intensitätsänderung, so leuchtet ein, daß es um so sicherer ist, je stärker der Intensitätsabfall pro Zeiteinheit ist.

Eine solche Vorstellung würde auch befriedigend das Verhalten der Kinder bei der Reproduktion vorgegebener Zeitstrecken erklären: der anfänglich starke Intensitätsabfall, dem das Engramm des dargebotenen Reizes unterliegt, gewährleistet eine sichere Abgrenzung sowohl des vorgegebenen wie des reproduzierten Zeitintervalles. Bei längeren Intervallen tritt mit geringer werdender Intensitätsänderung des Engrammes zunehmend eine Unsicherheit in der Beurteilung auf, bis sich nach einer Zeit von etwa 1,4—1,5 sec diese Intensitätsänderung der Wahrnehmung entzieht und das Zeitempfinden ohne Substrat, gewissermaßen „leer“ läßt. Alle Zeitstrecken, die dieses primäre Auffassungsvermögen überschreiten, sind dann nur noch negativ durch das Erlöschen des Zeitgefühls charakterisiert und werden von den Kindern unterschiedslos durch die Zeitstrecke wiedergegeben, bei der dieses Phänomen gerade

eintritt. Bei dieser Auffassung würde also die gefundene Kurve eine Funktion des nach einer e-Funktion ablassenden Engrammes darstellen.

Die Unsicherheit, die entsteht, wenn die Intensitätsänderung des letzten Engrammes oder auch seine absolute Intensität imperzeptibel geworden ist, kann nun dadurch überwunden werden, daß jeweils periodisch neue Engramme durch Zählen, motorische Bewegungen oder auch rein psychisch geschaffen werden, wie dies bei den erwachsenen Versuchspersonen regelmäßig zu beobachten war.

In diesem Intensitätsabfall der Engramme ist das Gemeinsame zu sehen, daß allen bewußt ablaufenden Vorgängen die grundsätzlich äquivalente Potenz verleiht, als Substrat des Zeit- und Rhythmus-Erlebens aufzutreten. Wie auf Grund der anderen Untersuchungsergebnisse gefordert, begegnen sich auf dieser Ebene jenseits der Sinnesorgane alle Zustandsänderungen, die durch exterozeptive, propriozeptive afferente, efferente und psychische Vorgänge ausgelöst werden.

Auf die engen Beziehungen zwischen Zeit- und Rhythmus-Empfinden weist auch LAMM hin, der zeigen konnte, daß die Genauigkeit der Reproduktion kleiner Zeitstrecken (0,6; 1,01; 1,4 sec) der rhythmischen Veranlagung parallel geht.

Für das Phänomen des Rhythmus ließe sich aus diesen Ergebnissen und Betrachtungen entnehmen, daß es nur innerhalb jenes begrenzten, intensiven primären Zeiterlebens auftritt, das durch den initialen Intensitätsabfall von Engrammen, gleichgültig welcher Herkunft, erzeugt wird.

Damit ist das *Substrat* des Rhythmus-Erlebens gekennzeichnet und abgegrenzt, sein eigentliches *Wesen* aber noch nicht erfaßt. Rhythmus wurde oben definiert als Ordnungsprinzip im zeitlichen Ablauf eines Geschehens, durch das sich die Einzelelemente dieses Geschehens in ihrer zeitlichen Gestaltung gegenseitig determinieren. Faßt man diese Einzelelemente als Engramme verschieden abgestufter Intensität oder besser verschieden starken Intensitätsabfalles auf, so ließe sich Rhythmus, bildlich gesehen, darstellen als ein Mosaikspiel, bei dem die einzelnen Steine, die Engramme in immer wechselnder Zuordnung und Unterteilung so in einen Rahmen, die zugrunde liegende metrische Einheit, eingefügt werden, daß sie ihn ganz ausfüllen. Dabei wird diese metrische Einheit, die in Form der einfachen Schlagfolge auch selbständig auftritt, mit einer Beharrlichkeit produziert, die eine autonom wirkende Steuerung dafür vermuten läßt.

Eine Vorstellung, die allen bekannten Erscheinungen gerecht würde, wäre, daß die nach einer e-Funktion ablassenden Engramme jeweils beim Passieren einer gewissen Intensitätsschwelle den einmal vorgebildeten Reaktionsablauf von neuem auslösen würden. Eine solche Selbststeuerung, die in der Technik als *Kippregelung* bekannt ist, würde der Notwendigkeit entheben, jede Phase einer periodisch wiederkehrenden Aktivität durch einen neuen Willensimpuls in Gang zu setzen.

Die fördernde Wirkung, die eine Rhythmisierung einfacher *Arbeitsverrichtungen* auf die Leistung hat (BUSSE), fände hierin eine Erklärung, ebenso die Tatsache, daß ein einmal gewählter Arbeitsrhythmus wohl gegen Ermüdung und andere Störungen resistent ist (BUSSE; WERNER), sich aber einem fremden, exterozeptiv wahrnehmbaren Rhythmus anpaßt, so daß eine rhythmische Gruppenleistung resultiert. Dabei ließe sich vorstellen, daß die Engramme der eigenen Aktivität mit denen der exterozeptiv wahrgenommenen Reize, die als grundsätzlich gleichwertig auftreten, interferieren. Zur Synchronisierung beider müßte dann die Schwelle des Kippregelmechanismus so lange verschoben werden, bis beide Engrammfolgen einen parallelen Intensitätsabfall zeigen. In eindrucksvoller Weise wird dieser Vorgang als sinusähnliche Regelkurve bei der an einen Schrittmacher gebundenen Produktion einer einfachen Schlagfolge deutlich, während die freie Reproduktion der gleichen Schlagfolge mit ihrer rein statistischen Streuung Ausdruck der ungestörten autonomen Kippregelung selbst wäre (vgl. Abb. 3).

Auch die Beobachtung IMHOFFERS, daß die gleichzeitige Perzeption eines Rhythmus über verschiedene Sinnesorgane die Aufmerksamkeit zersplittert und bei der Reproduktion schlechtere Ergebnisse zeitigt, würde durch die Interferenz der verschiedenen Engramme verständlich.

Eine weitere Bestätigung für die hier entwickelten Vorstellungen scheint der Fall von Rhythmusstörung zu bieten, über den v. STÖCKERT u. TRESSER berichten. Sie konnten als Folge einer im 2. Lebensjahr durchgemachten cerebralen Kinderlähmung bei einer 25 jährigen Patientin neben Melodientaubheit und erschwertem Sprachverständnis für längere Sätze einen völligen Verlust der rhythmischen Fähigkeiten feststellen, wobei als einziger objektiver Befund audiologisch eine Erhöhung der Unterschiedswelle für periodische Intensitätsmodulation (etwa 3 Perioden pro Sekunde) nachzuweisen war. Die Autoren führen beides, die Erhöhung der Unterschiedsschwelle wie die Rhythmusstörung auf das Vorhandensein akustischer Nachbilder zurück, die die zeitliche Ordnung der Neueindrücke verwischen. Das Rhythmusempfinden wäre hier also gestört durch ein abnorm verändertes (verlangsamtes?) Abblenden der Engramme, so daß umgekehrt aus dieser Beobachtung ein regelrechtes Abblenden der Engramme als Voraussetzung für ein intaktes Rhythmus-Empfinden zu fordern wäre.

Die Konzeption, daß dem Rhythmus-Empfinden eine Ordnung von Engrammen verschiedener Intensitätsgrade zugrunde liege, bietet aber eine Erklärung nicht nur für die zeitliche, sondern auch für die *dynamische Komponente* des Gesamtphänomens.

In der Musik werden agogische und dynamische Akzente, d. h. geringe zeitliche Dehnungen bzw. Betonungen durch Intensitätsvermehrung miteinander oder füreinander verwendet und in ihrer Wirkung als äquivalent empfunden. Andererseits führt ausgeprägtes Rhythmisieren einer gleichmäßigen Schlagfolge zu objektiv größerer Unregelmäßigkeit als eine dynamisch gleichförmige Produktion der gleichen Folge (LAMM; EBHARDT). Dagegen gelingt es, durch sehr starke Akzente auch extrem langsame Tempi, die sonst als unzusammenhängende Reize aufgefaßt

werden, noch dem Rhythmus-Empfinden zugänglich zu machen (McDOUGALL).

Alle diese Erscheinungen bestätigen, daß Beziehungen zwischen der Dynamik, d. h. dem Intensitätserleben, und der Agogik, d. h. dem Zeiterleben, bestehen. Eine Deutung dieser Zusammenhänge wäre darin zu sehen, daß durch eine Betonung das Engramm des gebotenen Reizes gewissermaßen höher angesetzt wird und erst später die betreffende Schwellenintensität erreicht als das Engramm eines gleichartigen schwächeren Reizes.

Naturgemäß können Vorstellungen über Funktionsabläufe auf diesen höchsten Ebenen nur Bilder sein, die bestenfalls einige Wesenszüge der unendlich komplexeren wahren Zusammenhänge herausstellen, die aber nie einen Anspruch auf Vollständigkeit und absolute Adäquatheit erheben können. Sinn und Bedeutung erhalten sie daher vor allem erst dann, wenn sie als heuristisches Prinzip zu neuen Problemstellungen und damit möglicherweise zu neuen Erkenntnissen führen.

Es konnte hier durch eindeutige Versuchsergebnisse gezeigt werden, daß das Wesen des Rhythmus nicht in einer Bindung an periphere Sinneseinrichtungen zu suchen ist, sondern daß ihm vielmehr die Leistung eines autonomen Systems auf höchster Ebene zugrunde liegt, das sich der peripheren, sensorischen und effektorischen Apparate nur als Werkzeuge bedient. Damit kann die Rhythmus-Produktion als ein Sonderfall allgemeiner koordinativer Leistungen gedeutet werden, bei dem die zeitliche Komponente das Primat über alle anderen Koordinationsfaktoren innehat und bestimmte Ordnungsprinzipien im zeitlichen Ablauf eines Geschehens verwirklicht. Weitere Untersuchungen müssen entscheiden, ob die hier konzipierten Vorstellungen über Wesen und Substrat des rhythmischen Zeiterlebens nicht überhaupt allgemein als Grundlage jeder zeitlichen Koordination angesehen werden können.

Zusammenfassung

Es wurden 50 gehörlose und 20 normalsinnige Versuchspersonen im Alter von 6—17 Jahren unter vergleichbaren Bedingungen auf ihre Fähigkeit untersucht, optisch, vibratorisch und akustisch vorgegebene Rhythmen mit und ohne Möglichkeit einer sensorischen Kontrolle zu reproduzieren. Die vorgegebenen und reproduzierten Rhythmen wurden kymographisch registriert, ausgemessen und in Verbindung mit den Ergebnissen einer klinischen Untersuchung der Taubstummen nach statistischen Methoden ausgewertet. Weitere Untersuchungen erstrecken sich auf die Form der Streuung, der die Reproduktion einer einfachen Schlagfolge unterworfen ist, sowie auf die Beziehungen zwischen vorgegebenen und reproduzierten Zeitstrecken in Abhängigkeit von der Länge dieser Zeitstrecken.

Es konnte folgendes festgestellt werden:

1. Gehörlose stehen in ihren rhythmischen Fähigkeiten den Hörenden in nichts nach.

2. Die Cochlearis- und Vestibularisfunktionen haben auf diese Fähigkeiten sicher keinen Einfluß.

3. Das Gehör ist unter vergleichbaren Versuchsbedingungen in der Perzeption rhythmischer Reize den anderen Sinnesorganen nicht infolge einer besonderen Organleistung überlegen, sondern seine Vormachtstellung liegt in den Besonderheiten akustischer Phänomene begründet.

4. Die Rhythmus-Produktion als aktive Leistung ist nicht auf eine Kontrolle im Sinne einer reafferenten Steuerung durch die großen Sinnesorgane angewiesen.

5. Differenziertere Rhythmen können von Normalsinnigen erst jenseits des 6.—7. Lebensjahres, von Taubstummten jenseits des 10.—11. Lebensjahres wiedergegeben werden; jüngere Versuchspersonen produzieren nur gleichmäßige Schlagfolgen.

6. Die freie Reproduktion einer einfachen Schlagfolge zeigt eine völlig unregelmäßige, rein statistische Streuung; beim Bestreben, die eigene Impulsfolge einer objektiven, simultan dargebotenen anzugleichen, tritt dagegen eine geregelte sinusähnliche Streuung auf.

7. Zeitstrecken können nur bis zu einer Länge von 1,4—1,5 sec als Zeit Ganzes aufgefaßt und reproduziert werden, größere Strecken werden dagegen durch Summation von Zeitteilen abgegrenzt.

8. Für das Zeit- und Rhythmus-Empfinden sind alle bewußt ablaufenden Vorgänge äquivalent.

Es wird versucht, die hier gewonnenen sowie die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse durch eine Theorie über das Wesen des Rhythmus zusammenzufassen. Danach ist das Rhythmus-Empfinden gebunden an das intensive, primäre Zeiterleben kleiner Zeitabschnitte, das durch den initialen Intensitätsabfall der nach einer e-Funktion ablassenden Engramme, gleichgültig welcher Herkunft, hervorgerufen wird. Rhythmus selbst wird angesehen als eine Zusammenordnung von Engrammen, die durch die Relation ihres verschiedengradigen Intensitätsabfalles gegenseitig determiniert sind.

Literatur

BECHTEREW, W. v.: Pflügers Arch. **30** (1883). — BÉNESI, O.: Über Störungen der Rhythmenproduktion bei taubstummen Kindern. Z. Hals- usw. Heilk. **16**, 7 (1926). — BOLTON, TH. L.: Rhythm. Amer. J. Psychol. **6**, 145 (1893). — BRAUN, FR.: Untersuchungen über das persönliche Tempo. Arch. Psychol. **60**, 317 (1927). — BUSSE, H.: Rhythmische Gestaltbildungen bei der Arbeit in Gruppen. Arch. f. Psychol. **99**, 213 (1937). — CAMPANINI, R., e E. BONAVENTURA: Prime ricerche sui limiti dell'isocronismo nei ritmi motori. Arch. ital. Psicol. **6**, H. 3, 153 (1928). — CYON, E. v.: Das Ohrlabyrinth als Organ der mathematischen Sinne für Raum

und Zeit. Berlin: Springer 1908. — EBHARDT, K.: Zwei Beiträge zur Psychologie des Rhythmus und des Tempos. *Z. Psychol.* **18**, 117 (1898). — FRISCHHEISEN-KÖHLER, I.: Feststellung des weder langsamen noch schnellen (mittelmäßigen) Tempos. *Psychol. Forsch.* **18**, 291 (1933). — GAULT, R. H., and L. D. GOODFELLOW: An Empirical Comparison of Audition, Vision and Touch in the Discrimination of Temporal Patterns and Ability to reproduce them. *J. Gen. Psychol.* **18**, 41 (1938). — GERSTMANN, J.: Über ein neuartiges hirnpathologisches Phänomen. *Wien. klin. Wschr.* **1937** I, 294. — GONDRIAN: Zit. nach BÉNESI: *Arch. néerl. Physiol.* **7** (1907). — GÜTTICH, A.: Neurologie des Ohrlabyrinths. Leipzig: Georg Thieme 1944. — HOFF, H., u. O. PÖTZL: Anatomische Untersuchungen eines Falles von instrumentaler Amusie. *Jb. Psychiatr.* **54**, 89 (1937). — HOLST, E. v.: Zentralnervensystem und Peripherie in ihrem gegenseitigen Verhältnis. *Klin. Wschr.* **1951**, I, 97. — IMHOFER, R.: Perzeption und Reproduktion des Rhythmus. *Z. Laryng. usw.* **18**, 234 (1929). — Über musikalisches Gehör bei Schwachsinnigen. *Die Stimme* **1907**, II. — KRETZMANN, O.: Zur Lehre vom Vibrationssinn. *Z. Psychol.* **101**, (1927). — KLAGES, L.: Vom Wesen des Rhythmus. Kampen a. Sylt: Niels Kampmann 1934. — KOFFKA, K.: Experimental-Untersuchungen zur Lehre vom Rhythmus. *Z. Psychol.* **52**, 1 (1909). — KRETSCHMER, E.: Medizinische Psychologie. S. 27, 8. Aufl., Leipzig: Georg Thieme 1945. — LAMM, TH.: Zur experimentellen Untersuchung der rhythmischen Veranlagung. *Z. Psychol.* **118**, 209 (1930). — LANGELEDDEKE, A.: Rhythmische Kurven von metencephalitischen und schizophrenen Kranken. *Kongr. nordwestdeutsch. Psychiatr. u. Neurol. Hamburg. Sitzg.* **30. X. 1926**. Ref.: *Zbl. Neur.* **46**, 133 (1927). — Untersuchungen über die Rhythmik Gesunder und Geisteskranker. *Z. Neur.* **101**, 320 (1926); Rhythmus und Takt bei Gesunden und Geisteskranken. *Z. Neur.* **113**, 1 (1928). — LEIBOLD, R.: Zur rhythmischen Erziehung im Taubstummen-Kindergarten und -Elementarunterricht. *Dtsch. Sonderschule* **4**, 639 (1937). — Akustisch-motorischer Rhythmus in früher Kindheit. Eine strukturpsychologische Studie. München: C. H. Beck 1936. — LINDNER, R.: Das taubstumme Kind im Vergleich mit vollsinnigen Kindern. Pädagogisch-psychologische Arbeiten aus dem Institut des Leipziger Lehrervereins. Leipzig 1925, XIV. — McDougall, W.: Zit. nach KOFFKA. Ohne Literaturangabe. — PAVLOV, M.: Sur l'origine du sens du rhythme. *J. de Psychol.* **24**, 719 (1927). — PETZOLDT, S.: Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Vibrationssinn. *Z. Psychol.* **108** (1928). — PÖTZL, O.: Bemerkungen zum Agnosie-Fall von Clemens Faust. *Nervenarzt* **19**, 349 (1948). — PRAGER, F.: Experimental-psychologische Untersuchungen über rhythmische Leistungsfähigkeit von Kindern. *Z. angew. Psychol.* **26**, 1 (1925). — RICCI, A.: Ritmo spontaneo e stimoli esterni (visivi ed acustici). *Cervello* **16**, 321 (1937). — RIEMANN, H.: Zit. nach IMHOFER. Ohne Literaturangabe. — SELBACH, H.: Das Kippeschwingsprinzip in der Analyse der vegetativen Selbststeuerung. *Fortschr. Neur.* **17**, 129 (1949). — Grundregeln der vegetativen Dynamik. (Zur Analyse biologischer Einschwingvorgänge.) *Arch. Ohr- usw. Heilk. u. Z. Hals- usw. Heilk.* **163** (Kongreßbericht 1953), 250 (1953). — SETZEPPAND, W.: Zur Frequenzabhängigkeit der Vibrationsempfindungen des Menschen. *Z. Biol.* **96**, H. 2, 236 (1935). — STOCKERT, F., G. v., u. E. TRESSER: Melodientaubheit bei akustischem Funktionswandel. Gleichzeitig ein Beitrag zur Frage der sensorischen Hörstummheit. *Arch. Psychiatr. u. Z. Neur.* **192**, 174 (1954). — THIEL, F. C.: Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Vibrationssinn. *Z. Psychol.* **119**, 109 (1931). — UEXKÜLL, J. v.: Das allmächtige Leben. Hamburg: Wegner (1950). — VIERORDT, K.: Zit. nach v. CYON. Ohne Literaturangabe. — WUNDT, W.: Zit. nach v. CYON. Ohne Literaturangabe. — WERNER, H.: Rhythmus eine mehrwertige Gestaltenverkettung. *Z. Psychol.* **82**, 198 (1919). — Über optische Rhythmik. *Arch. f. Psychol.* **38**, 115 (1919).