

BIBLIOTEKA
WYŻSZEJ SZKOLENIA PEDAGOGICZNEJ
w GDANSKU



FORTSCHRITTE DER PSYCHOLOGIE UND IHRER ANWENDUNGEN

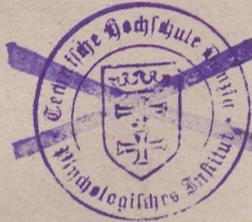
UNTER MITWIRKUNG VON PROFESSOR DR. W. PETERS

HERAUSGEGEBEN VON

DR. KARL MARBE

O. Ö. PROFESSOR UND VORSTAND DES PSYCHOLOGISCHEN INSTITUTS DER UNIVERSITÄT WÜRZBURG

IV. BAND



8. 935

VERLAG VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG UND BERLIN 1917

C-II 359



ARTS CHARITABLE
DEPARTMENT OF PSYCHOLOGY
UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY



308

UNIVERSITY OF MICHIGAN LIBRARY

INHALT:

	Seite
C. Müller: Einiges über Beobachtungsfehler beim Abschätzen an Teilungen geodätischer Instrumente	1
A. Pick: Zur Frage nach der Natur der Echolalie	34
F. Gropp: Zur Ästhetik und statistischen Beschreibung des Prosarhythmus	43
H. Kniep: Botanische Analogien zur Psychophysik	81
A. Peters: Gefühl und Wiedererkennen	120
K. Marbe: Die Rechenkunst der Schimpansin Basso im Frankfurter zoo- logischen Garten nebst Bemerkungen zur Tierpsychologie und einem offenen Brief an Herrn Krall	135
A. Schütz: Zur Psychologie der bevorzugten Assoziationen und des Denkens	187
A. Prandtl: Die spezifische Tiefenauffassung des Einzelauges und das Tiefensehen mit zwei Augen	257
H. Klugmann: Über Fehler bei der Reproduktion von Zahlen	327

EINIGES ÜBER BEOBACHTUNGSFEHLER BEIM ABSCHÄTZEN AN TEILUNGEN GEODÄTISCHER INSTRUMENTE

VON

PROFESSOR CURTIUS MÜLLER

VORSTEHER DES GEODÄTISCHEN INSTITUTS DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN
AKADEMIE BONN-POPPELSDORF.

INHALT.

§ 1. Einleitung	1
§ 2. Das Vorkommen scharfer Schätzungen von Bruchteilen eines Teilungs- feldes bei der Beobachtungstätigkeit in der Geodäsie	2
§ 3. Übersicht über die wesentlichsten vorliegenden Untersuchungen	8
§ 4. Jetziger Stand der Frage	23
§ 5. Einige eigene Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Ge- samtschätzungsfehler und Feldgröße	27
§ 6. Die Untersuchungen von M. Bauch vom Standpunkte des Geodäten beurteilt	32
§ 7. Zusammenfassung	33

§ 1. EINLEITUNG.

Im Band 1 (1913) dieser Fortschritte S. 169 ff. und im Band 2 (1914) S. 246 ff. hat M. Bauch über Beobachtungsfehler beim Abschätzen an Teilungen teilweise auf Grund eigener Untersuchungen berichtet und hat darauf hingewiesen, daß für die Beurteilung dieser Fehler auch die Gleichförmigkeit des psychischen Geschehens in Betracht kommt. Wie ich weiter unten zeigen werde, sind die Fragen nach der Größe solcher Schätzungsfehler, nach ihrer Abhängigkeit von der Größe und Beschaffenheit des Feldes, von der Feldstelle usw. für die geodätischen Beobachtungsverfahren von großer Bedeutung.

Viele Geodäten haben sich schon mit diesen Schätzungsfehlern näher beschäftigt und es liegen eine ganze Reihe planmäßiger Untersuchungen über die Fragen vor. Man ist auch nicht unbeachtet an den Forschungen der Psychologen und Physiologen vorbeigegangen und hat insbesondere die Arbeiten von Volkmann und Fechner beachtet ¹⁾. Umgekehrt dagegen sind die Bemühungen der Geodäten in den Kreisen der Psychologen nicht bekannt geworden. Ich folge darum der Einladung des Herrn Herausgebers dieser Fortschritte gern, um über den Stand dieser Fragen in der Geodäsie kurz zu berichten und füge auf besonderen Wunsch eine größere Anzahl von Literaturangaben bei. Gleichzeitig will ich dabei erörtern, welchen Wert die Untersuchungen von M. Bauch für das geodätische Beobachtungsverfahren haben.

Da diese Zeitschrift einem mannigfaltigen Leserkreis dienen soll, werde ich versuchen, die Darstellung möglichst einfach und kurz zu halten und werde insbesondere alle geodätischen Betrachtungen, soweit sie nicht unbedingt zum Verständnis meiner eigentlichen Aufgabe gehören, vermeiden. Auch rein psychologische Erörterungen scheiden aus, da ich nicht Fachmann dafür bin.

§ 2. DAS VORKOMMEN SCHARFER SCHÄTZUNGEN VON BRUCHTEILEN EINES TEILUNGSFELDES BEI DER BEOBACHTUNGSTÄTIGKEIT IN DER GEODÄSIE.

Bei den geodätischen Beobachtungsverfahren handelt es sich, wenn man von astronomischen Arbeiten und von Pendelmessungen absieht, im wesentlichen um die Ermittlung von Strecken und Winkeln. Die Winkelmessung wird auf eine Streckenmessung, die in der Regel am Rande eines Kreises vorgenommen wird, zurückgeführt. Fast bei allen diesen Messungen hat man den Abstand eines Zeigers vom Nullpunkte einer Teilung zu bestimmen. Der Zeiger kann in der Regel dabei jede beliebige Stellung im Felde der Teilung einnehmen. Vielfach wird für die Abstandsbestimmung eine sehr hohe Genauigkeit gefordert.

Solange man beim reinen Abzählen voller Teilungsfelder stehen blieb, konnte man die Genauigkeit der Abstandsermittlung durch

¹⁾ F. R. Helmert, Die Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. 2. Aufl. Leipzig 1907. S. 332. Ferner: C. Reinhertz, Mitteilungen einiger Beobachtungen über die Schätzungsgenauigkeit an Maßstäben, insbesondere an Nivellierskalen. Nova acta der Kgl. Leop.-Karol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. 52. Nr. 2. S. 91 ff. Halle 1894.

gehörige Verkleinerung der Teilungsfelder vergrößern. Diese Verkleinerung der Teilungsfelder ist aber aus mechanischen Gründen nur bis zu einem gewissen Grad möglich. Außerdem wird das Abzählen mit der Verkleinerung der Feldgröße und damit Vergrößerung der Anzahl der Felder immer schwieriger und grobe Versehen treten häufiger auf. Auch die Kosten für solche Teilungen steigen gewaltig. Fast bei allen Geräten und Verfahren für feinere Bestimmungen verwendet man heute größere Teilungsfelder und ermittelt die Lage des Zeigers im Teilungsfelde entweder durch reine Schätzung, wobei man bei scharfen Arbeiten bis auf $\frac{1}{20}$ des Feldes herabgeht, oder man bringt besondere Ablesevorrichtungen an.

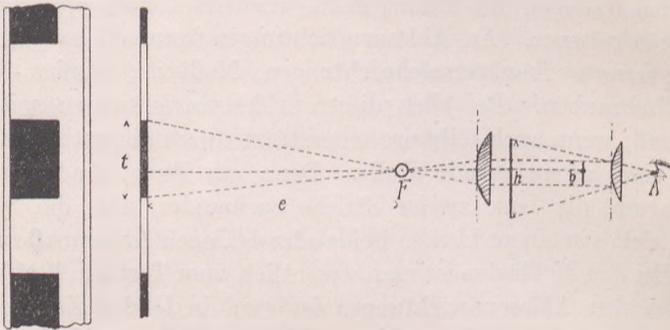
Mit den Ablesevorrichtungen verbindet man in der Regel optische Hilfsmittel: Lupe, Mikroskop oder Fernrohr (Teleskop). Bei den reinen Schätzungen im Teilungsfelde verwendet man optische Einrichtungen seltener. An Ablesevorrichtungen kommen hauptsächlich vor sogenannte Transversaleinrichtungen, Meßkeile, Nonien, Gitter, Feinstellschrauben. Bei allen diesen Ablesevorrichtungen spielt das Augenmaß, wenn auch teilweise unterstützt durch die optischen Hilfsmittel, eine hervorragende Rolle. Denn am Ende handelt es sich doch darum, die Lage zweier Striche zueinander, oder die Stellung eines Striches in einem kleinen Felde oder dgl. nach Augenmaß zu beurteilen. Bei den Meßkeilen ist man wesentlich vom Tastsinn ¹⁾ abhängig. Auch bei den Ablesevorrichtungen ist man in letzter Zeit teilweise mehr von der Art des reinen Ablesens kleinster Teile der Felder zur Abschätzung übergegangen. So pflegt man Nonien heute nicht mehr so einzurichten, daß man das scharfe Zusammenfallen eines Nonienstrichs mit einem Striche der Hauptteilung aufsucht, sondern man macht den Unterschied zwischen Nonienfeld und Teilungsfeld nicht allzu klein und schätzt lieber nach $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ der Nonienangabe. Hierbei erzielt man wesentlich übersichtlichere Ablesevorrichtungen, ohne an Genauigkeit in der Abstandsermittlung zu verlieren.

Daß eine große Anzahl von Untersuchungen der Geodäten darauf hinausgehen, die Wirkung der Ablesevorrichtungen näher zu erforschen und den Einfluß der optischen Hilfsmittel auf das Schätzen zu erkennen, kann nicht wundernehmen. Auf solche Untersuchungen an Ablesevorrichtungen soll in diesem Aufsatz nicht eingegangen werden.

Bei einer großen Anzahl von Meßgeräten lassen sich nun aber besondere Ablesevorrichtungen überhaupt nicht anbringen oder ihre

¹⁾ Vgl. dazu auch Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. Bd. 3. 5. Aufl. Stuttgart 1907. S. 101.

Verwendung wird unbequem. Wenn darum einfaches Abzählen von Teilungsfeldern nicht genügt, muß zur Schätzung der Lage des Zeigers im Felde übergegangen werden. Von den Geräten, bei denen man so verfährt, nenne ich als wichtigste: Meßplatten und Meßbänder, die in der Regel in Dezimeter eingeteilt werden, während man Zentimeter und bei feineren Messungen noch halbe Zentimeter schätzt, Libellen, die in der Regel in Pariser Linien (n 2,26 mm) geteilt sind, und wo ebenfalls in der Regel $\frac{1}{20}$ des Feldes geschätzt werden, Bussolenteilungen, Teilungen der Metallbarometer, Handhöhenmesser, die meisten Kartierinstrumente, Rechenschieber, Planimeter, graphische Rechenhilfsmittel usw. Bei den letztgenannten Instrumenten schwankt der Abstand der Teilstriche in der Regel von $\frac{1}{2}$ bis 2 mm.



Figur I.
Schätzung beim Nivellieren.

Eine ganz besondere Bedeutung kommt der Bruchteilsschätzung im Teilungsfelde beim Ablesen an Nivellierlatten und Entfernungszellatten zu. Und da gerade die meisten Untersuchungen der Geodäten sich auf die Schätzungen an solchen Latten beziehen, will ich die hierbei auftretenden Verhältnisse kurz näher erörtern.

Zunächst soll der Grundgedanke beim Nivellieren klargelegt werden. In der Figur I, die der Deutlichkeit wegen sehr verzerrt entworfen ist, sieht das Auge A im rechts liegenden Teile der Figur ein Stück der vertikal stehenden Latte, die in der Regel in Zentimeter eingeteilt ist. Die Teilung ist dem in der Figur angedeuteten Fernrohr zugewandt. Links zeigt die Figur I, ebenfalls verzerrt entworfen, das Lattenstück in Ansicht. Von einem Teile der Latte, insbesondere vom Felde t, entwirft das Objektiv des Fernrohrs ein verkleinertes reelles Bildchen b.

Dort, wo dieses entsteht, ist im Fernrohr ein feiner Faden aufgespannt. Fernrohr samt Faden erhalten im Raume eine vorgeschriebene Lage und es kommt nun darauf an, bei dieser Lage scharf den Stand des Fadens im Bildchen anzugeben. Das Auge A des Beobachters betrachtet das Bildchen samt Faden durch eine stark vergrößernde Lupeneinrichtung (Okular) und hat bei Einstellung der Augenlinse auf deutliche Schweite s (im Durchschnitt $s = 25$ cm) den Anblick des scheinbaren Bildes h , in dem an entsprechender Stelle auch der Faden erscheint. Schon aus dem in der Figur I angedeuteten Verlauf der geometrischen Strahlen ersieht man, daß bei konstantem t die Größe des Bildchens b und damit auch des scheinbaren Bildes h mit der Entfernung e des Feldes t vom vorderen Brennpunkt F des Objektivs sich ändert. Außerdem ist leicht einzusehen, daß die Größe h bei konstantem t und e von der Vergrößerungszahl des Fernrohrs, d. h. von dem Verhältnis v der Winkel bei A und F abhängig ist.

Es ist nicht unschwer herzuleiten, daß

$$h = \frac{s}{e} \cdot v \cdot t$$

ist. Für die am meisten vorkommende Einteilung der Nivellierlatten in Felder von 1 cm gibt die nachfolgende Tabelle I die Werte h in mm, während e in m gerechnet ist.

Tabelle I.

$$h = \frac{s}{e} \cdot v \cdot t \text{ bei } t = 1 \text{ cm.}$$

e Meter \ v	15	25	35	45
	-fach vergrößernd			
h in mm				
10	3,8	6,2	8,8	11,2
30	1,3	2,1	2,9	3,7
50	0,8	1,2	1,8	2,2
70	0,5	0,9	1,3	1,6
90	0,4	0,7	1,0	1,2

Hierzu sei noch bemerkt, daß bei den schärfsten Nivellements, den sogenannten Feinnivellements, etwa 35 bis 45fach vergrößernde Fernrohre bei 30 bis 70 m Entfernung verwendet werden, so daß hierbei mit scheinbaren Bildern von etwa 1,3 bis 3,7 mm Größe zu rechnen

ist. Die Felder auf den Latten werden in der Regel durch Wechsel in der Farbe, meist rot und weiß, hergestellt. Seltener verwendet man Strichlatten, die nach Art einfacher Zeichenmaßstäbe eingeteilt sind. Ordnet man neben jedem weißen Feld ein rotes und entsprechend neben dem roten ein weißes an, so spricht man von schachbrettartig geteilten Nivellierlatten. Näheres über übliche Form und Farbe der Latten geben die meisten Hand- und Lehrbücher der Geodäsie, insbesondere verweise ich auf das verbreitete Handbuch der Vermessungskunde von W. Jordan und Eggert, Bd. 2, 8. Auflage, Stuttgart 1914, S. 530 ff.

Da es sich beim Nivellieren um ein großes und wichtiges Arbeitsgebiet handelt und man wirkliche und scheinbare Größe des Feldes, seine Form, seine Farbe, im gewissen Grade auch seine Helligkeit und die Stelle im Felde, wo die Schätzung erfolgen soll, teilweise in der Hand hat, ist es leicht erklärlich, daß die Geodäten gerade den hier auftretenden Schätzungsfragen große Aufmerksamkeit zugewandt haben.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der sogenannten Multiplikationslängenmessung, die auch indirekte Distanzmessung heißt. Mit dem ersten Namen will ich sie scharf unterscheiden von der gewöhnlichen Längenmessung „der Additionslängenmessung“, bei der ein Maßstab an den anderen gelegt wird.

Den grundlegenden Gedanken der einfachsten Art der Multiplikationslängenmessung können wir auch leicht aus der Figur I entnehmen. Dort im Fernrohr, wo das Bildchen b entsteht, sind zwei feine Fäden angebracht, an denen man die Abschätzungen macht. Den Faden, der beim Nivellieren verwendet wurde, wollen wir uns jetzt wegdenken. Würden die beiden Fäden gerade den Lattenabschnitt t fassen, so würden sie das Bild b einschließen. Stehen nun die Fäden nicht im Abstände b , sondern in dem festen Abstände p , so werden sie nicht den Lattenabschnitt t , sondern einen anderen l fassen. Bezeichnet man noch mit f die Brennweite des Objektivs, so folgt durch Betrachtung der beiden gleichschenkligen Dreiecke, die ihre gemeinsame Spitze in F haben, daß

$$e = l \cdot (f : p)$$

ist. Der Betrag $f : p$, d. h. (Brennweite : Fadenabstand) ist konstant und wird gewöhnlich zu 100 gewählt. Der 100fache Lattenabschnitt gibt also die Entfernung der Latte vom vorderen Brennpunkt. Es ist klar, daß der Lattenabschnitt, der mit 100 multipliziert wird, sehr

sorgfältig ermittelt werden muß, wenn man scharfe Ergebnisse erzielen will. Da diese Entfernungsmessung äußerst bequem ist und bei hinreichender Genauigkeit die sehr teure und von den äußeren Verhältnissen außerordentlich abhängige Additionsängenmessung vielfach ersetzen könnte, sind und werden alle möglichen Versuche gemacht, dieses Verfahren zu verfeinern; und damit ist auch mancher Beitrag zum Studium der Schätzungsfragen im Teilungsfelde gebracht worden.

Erwähnt sei hierbei gleich, daß man auch bei Nivellierinstrumenten zu feinen Arbeiten öfter nicht einen, sondern drei Horizontalfäden anbringt. Die drei Fäden dienen dann dazu, die Lattenhöhe bei vorgeschriebener Stellung des Fernrohrs im Raume durch Abschätzen an allen drei Fäden schärfer zu erfassen als durch Schätzung an nur einem Faden, worauf wir unten noch zurückkommen werden. Eine etwaige Entfernungsbestimmung der Latten vom Instrument aus den äußeren Fadenablesungen ist beim Nivellieren für die Schärfe der Abschätzung unwesentlich. Da infolge der optischen Wirkungen der Okulareinrichtung die Schärfe der Abschätzung abnimmt, wenn man die Fäden wesentlich aus der Mitte des Gesichtsfeldes im Fernrohr herausrückt, wählt man bei solchem Nivellieren den Abstand zwischen je zwei Fäden gewöhnlich zu ($f : 400$).

Schließlich sei noch erwähnt, daß man die Einstellung eines Diopters oder eines Fernrohrfadens oder Fadenpaares auf ein Ziel, eines Fadens oder Fadenpaares im Mikroskop auf einen Strich usw. im Zusammenhang mit unseren Fragen betrachten kann. Es handelt sich bei diesen „Einstellungen“, bei denen in der Regel entweder ein Strich mit einem Strich, oder eine Feldmitte mit einem Strich zur Deckung gebracht werden sollen, um gewollte Mittenschätzungen¹⁾.

In den nachfolgenden Zeilen sollen aber im wesentlichen nur die sogenannten „Zehntelschätzungen“, bei denen die Schätzung an beliebiger Stelle des Feldes vorgenommen werden muß, berücksichtigt werden.

Bemerkt sei noch, daß das Vorzeichen für den Fehler entsprechend dem Brauche in der Ausgleichsrechnung stets so genommen wird, daß: Beobachtung + Fehler = Sollwert ist.

¹⁾ Siehe hierzu eine neuere Arbeit von A. Noetzli, Untersuchungen über die Genauigkeit des Zielens mit Fernrohren. Zürich 1915 und den Auszug dazu in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, Jahrgang 35, Berlin 1915. S. 65 ff.

§ 3. ÜBERSICHT ÜBER DIE WESENTLICHEN VORLIEGENDEN UNTERSUCHUNGEN.

A. DIE ÄLTEREN VERSUCHE VON STAMPFER UND HAGEN.

Die ersten planmäßigen Untersuchungen, die über unsere Fragen in der Geodäsie angestellt sind, rühren von S. Stampfer her und sind im Jahrbuch des k. k. polytechnischen Instituts in Wien Bd. 18, Wien 1834, S. 211 ff. unter der Überschrift „Über die Genauigkeit des Visierens bei Winkelmessungen“ veröffentlicht.

Stampfer hat auf eine weiße Tafel 7 schwarze Kreise mit Durchmessern von etwa 2,2 bis 52 mm aufgezeichnet und dann Versuche darüber angestellt, wie genau man einen feinen Faden auf die Mitte der Kreise bringen kann. Es handelt sich also um gewollte Mittenschätzung. Die Tafel stand 24 m vom Beobachter entfernt. Die Versuche wurden von Stampfer selbst und einigen anderen Beobachtern mit und ohne Fernrohre durchgeführt. Die Messung der Abweichungen erfolgte mit einem feinen Fühlhebel. Den Einfluß der wechselnden Luftverhältnisse hält Stampfer bei der gewählten Entfernung von 24 m hinreichend ausgeschaltet.

Als Ergebnis erhielt man folgendes. Mit einem Fernrohr ohne Vergrößerung stellt man im Durchschnitt auf $\pm 2,5''$, d. h. bei 24 m Abstand auf $\pm 0,29$ mm ein, bei Verwendung von Dioptern wird der Fehler etwa drei- bis viermal größer und für gute Fernrohre mit etwa 10 bis 60facher Vergrößerungszahl läßt sich der durchschnittliche Fehler näherungsweise angeben, wenn man den Betrag von $\pm 6''$ durch die Vergrößerungszahl des Fernrohrs dividiert.

Über die Wirkung der Feldgröße auf die Genauigkeit sagt Stampfer: „Das Augenmaß erreicht demnach bei der Pointierung solcher Objekte, welche zu beiden Seiten des Fadens gleiche und ähnliche Teile geben, einen hohen Grad der Schärfe, selbst wenn das Objekt unter einem bedeutend großen Winkel erscheint. Anderen Versuchen gemäß nimmt der Visurfehler durch Verkleinerung des Zielpunktes so lange ab, bis dieser den etwa 50 bis 60fachen Visurfehler nicht mehr übertrifft, bleibt dann für kleinere Punkte konstant und fängt endlich an wieder größer zu werden, sobald der Punkt so klein ist, daß er durch den Faden fast ganz gedeckt wird.“

Stampfer zeigt ferner, daß man den Faden nach Augenmaß mit großer Schärfe als Tangente an einen Kreis einstellen kann. Endlich stellt er noch Versuche an, um den kleinsten Sehwinkel für das

unbewaffnete Auge in deutlicher Sehweite zu ermitteln¹⁾. Für Punkte findet er 30 " bis 60 ", für Linien 1,5 " bis 2,5 ". Bei der von Stampfer angenommenen deutlichen Sehweite von 8 Zoll (n 210 mm) entspricht das Linearmaßen von 0,030 bis 0,061 bzw. 0,0015 bis 0,0025 mm. Stampfer weist darauf hin, daß man bei den Fadeneinstellungen auf Kreise nicht den Sehwinkel für Punkte, sondern für Linien heranziehen muß.

Nach diesen Arbeiten von Stampfer sind die von G. Hagen zu erwähnen, die sich mit den Schätzungen im Felde von Nivellierlatten beschäftigen. Veröffentlicht sind die Versuche in den Grundzügen der Wahrscheinlichkeitsrechnung von G. Hagen, Berlin 1837, S. 184 ff.

Zur Zeit von Hagen benutzte man beim Nivellieren hauptsächlich Nivellierlatten, bei denen eine Scheibe durch eine Rollvorrichtung so lange an der vertikal stehenden Latte herauf- und heruntergeschoben wurde, bis sie der Fernrohrfaden genau genug halbierte. Die Stellung der Scheibe wurde dann an einer Teilung auf der Rückseite der Latte, bei feineren Arbeiten mit einem Nonius, abgelesen. Hagen vertrat dagegen die Ansicht, allerdings nicht als erster, daß es besser sei, auf den Latten Teilungen anzubringen, in denen die Lage des Fadens direkt durch Schätzung bestimmt werden konnte. Seine zahlenmäßigen Untersuchungsergebnisse lassen sich für unsere Fragen nicht ausnutzen, da sich die Schätzungsfehler von anderen mitauftretenden Fehlern nicht trennen lassen.

Nicht uninteressant sind aber die Bemerkungen von Hagen über das Zustandekommen der Schätzungen. Er weist darauf hin, daß in der Astronomie die Zehntelschätzung bei der Aug- und Ohrmethode sehr scharfe Ergebnisse liefert und daß man darum auch ähnliches bei der Schätzung im Felde einer Nivellierlatte erwarten darf, zumal man hier mit aller Ruhe und Bequemlichkeit den einzuteilenden Raum betrachten kann. Auf S. 186 ff. sagt er: „Man überzeugt sich von der Genauigkeit der Methode auch leicht, wenn man bedenkt, daß z. B. ein Halb und ein Drittel Größen sind, die das ungeübteste Auge voneinander unterscheiden kann; findet man daher, daß der Faden z. B. etwas über ein Halb und noch unter zwei Drittel fällt, so wird man sechs Zehntel angeben. In ähnlicher

¹⁾ Geschichtlich vgl. dazu J. H. Lambert, Beiträge zum Gebrauch der Mathematik und deren Anwendung. I. Teil. Berlin 1765. S. 296 und Nitz, Beiträge zu einer Fehlertheorie der geometrischen Konstruktionen. Zeitschrift für Mathematik und Physik. Bd. 53. Leipzig 1906. S. 17 ff.

Art wird man nie zweifelhaft sein, ob der Faden ein Drittel oder ein Viertel abschneidet; die Differenz zwischen beiden ist aber nur ein Zwölftel, also weniger als ein Zehntel. Solange demnach der einzelne Zoll sich noch als eine merkliche Größe darstellt, wird man sehr sicher sein, in der Ablesung keinen Fehler von ein Zehntel Zoll zu begehen. In Entfernungen von 30 bis 35 Ruten pflegten nun die verschiedenen Ablesungen vor und nach der Verstellung des Instruments beim Visieren gegen beide Latten bis auf die Zehntel Zoll übereinzustimmen, und nur dann wichen sie gewöhnlich voneinander ab, wenn ich bei der einzelnen Ablesung schon zweifelhaft gewesen war, welchen Wert ich ihnen geben sollte oder wo sie in die Nähe des halben Zehntel zu fallen schienen.“

Hagen stellt fest, daß es für das Nivellieren einen günstigsten Abstand der Nivellierlatte vom Instrument gibt, der wesentlich davon mit abhängt, daß man bei einer gegebenen Fadenstärke in einer gewissen Größe des Feldes am günstigsten schätzt.

B. DIE ERFAHRUNGEN BEI DEN FEINNIVELLEMENTS UND DIE UNTERSUCHUNGEN VON WAGNER.

Etwa Mitte der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts hatte man mit Feinnivellements in verschiedenen Staaten begonnen. Überall wurden hierbei Latten mit Teilungen verwendet, bei denen die Lage des Fernrohrfadens in der feststehenden Teilung durch Schätzung bestimmt wurde. Man beschäftigte sich bei diesen Arbeiten wiederholt mit den Schätzungsfehlern im Lattenfelde. Eingehender erörterte diese Fragen Chr. Aug. Vogler, der an dem bayerischen Feinnivellement als Beobachter teilgenommen hatte, in seiner Dissertation: Über Ziele und Hilfsmittel geometrischer Präzisionsnivellements, München 1873.

Vogler weist darauf hin, daß das Auge mit größerer Sicherheit regelmäßige Figuren in zwei gleiche Teile zerlegt, als es das Verhältnis ungleicher Stücke eines Rechteckes schätzt und daß sich die Schwierigkeit der Schätzung erfahrungsgemäß mit der Verschiedenheit der zu vergleichenden Stücke vergrößert. Der Gesamtschätzungsfehler nimmt also nach der Mitte des Feldes hin ab. Bei beiden Arten von Schätzungen, Einstellung auf Feldmitte und Schätzung an beliebiger Feldstelle, werden nach Vogler aber auch Schätzungsfehler mit auffällender Regelmäßigkeit begangen. In Bayern hat man damals zur Herabdrückung der Einwirkung dieser regelmäßigen persönlichen Schätzungsfehler an drei Fäden im Fernrohr abgelesen und die Nivellierlatten

in solchen Entfernungen vom Instrument aufgestellt, daß die drei Fäden auf verschiedene Zentimeterstellen treffen¹⁾. Sind, wie das gewöhnlich zutrifft, die äußeren Fäden vom Mittelfaden fast gleich weit entfernt, so braucht man nur die Zielweiten so zu wählen, daß die äußeren Fäden nahezu eine ungerade Zahl von Teilungsfeldern einschließen und sie in Symmetriestellungen gegen die Feldmitte zu bringen, um einen beträchtlichen Teil der regelmäßigen Fehler zu tilgen. Dieses Verfahren bindet den Beobachter offenbar stark an die Zielweiten und erfordert viel Aufmerksamkeit, was wenig erwünscht ist.

Ein anderer Gedanke von Vogler, der darauf ausgeht, die Einwirkung der regelmäßigen Schätzungsfehler zu vermindern, erscheint darum glücklicher. Anfang der 80er Jahre ließ er von dem mathematisch-mechanischen Institut von Breithaupt in Cassel Nivellierlatten mit Zentimeterfeldern herstellen, die eine Teilung auf der Vorder- und Rückseite tragen und bei denen man auf beiden Seiten ablesen soll. Mit den beiden Ablesungen wird dann so weiter gerechnet, daß das Mittel beider Ablesungen im Ergebnis erscheint. Die hintere Teilung ist nun gegen die vordere um ein halbes Feld verschoben. Der Faden, an dem abgeschätzt wird, trifft also bei der Ablesung auf Vorder- und Rückseite der Latte in andere Zentimeterhälften, wodurch die regelmäßigen Fehleranteile, die von der Feldstelle abhängen, verschieden nach Vorzeichen ausfallen und sich im Mittelwert teilweise tilgen. Nebenbei sei noch erwähnt, daß die Bezifferung der Latten auf Vorder- und Rückseite von verschiedenen Nullpunkten ausgeht und daß man darum durch Bilden der Differenz der Ablesungen, die die Nullpunktverschiebung ergeben muß, etwaige grobe Ablesefehler schnell auffinden kann. Die Latten sind in schachbrettartiger Teilung rot und weiß gemalt, so daß der Beobachter zur Vermeidung regelmäßiger Fehler dauernd entweder im roten oder im weißen Felde ablesen kann. Endlich wurden noch an den Rändern der Zentimeterfelder schwarze Kreischen von 4 mm Durchmesser angebracht, durch die die Genauigkeit der Schätzung an den Feldrändern gesteigert werden soll.

Alle diese Erfahrungen bei den Feinnivellements und insbesondere die Vorschläge von Vogler haben wesentlich dazu beigetragen, sich in der Geodäsie eingehender mit den persönlichen Schätzungsfehlern zu beschäftigen.

¹⁾ Vgl. auch Chr. Aug. Vogler, Lehrbuch der praktischen Geometrie. Teil II. Braunschweig 1894. S. 299 und derselbe, Geodätische Übungen für Landmesser und Ingenieure. 3. Aufl. Berlin 1913. Teil II. S. 17.

Bevor wir die weiteren Arbeiten besprechen, die an die Erörterungen von Vogler anknüpfen, sollen zunächst die Untersuchungen des Ingenieurs R. Wagner erwähnt werden, die er in der Zeitschrift für Vermessungswesen, Jahrgang 1886, S. 49 ff. unter dem Titel „Über die mit dem Reichenbachschen Distanzmesser erreichbare Genauigkeit und einige Erörterungen über die Fehlerursachen desselben“ veröffentlicht hat.

R. Wagner wollte durch seine Untersuchungen zeigen, daß man mit dem Tachygraphometer, das sein Bruder C. Wagner gebaut hatte und das mit Fäden zur Multiplikationslängenmessung ausgestattet war, Entfernungen schärfer ermitteln könnte, als man damals allgemein annahm. Hierzu stellte Wagner umfangreiche Untersuchungen an, bei denen eine sehr große Anzahl von Schätzungen an Ziellatten durchgeführt werden mußte. Wagners Schätzungen zeichnen sich durch eine sehr hohe Genauigkeit aus. Er fand den mittleren Einstellfehler für den Faden eines 25fach vergrößernden Fernrohrs auf eine Marke, die sich nach den Seiten hin treppenförmig erweiterte, zwischen den Entfernungen von 50 bis 500 Meter nahezu konstant zu $\pm 0,3''$, also linear $\pm 0,07$ bis $\pm 0,7$ mm. Der mittlere Gesamtschätzungsfehler bei beliebiger Stellung des Fadens im Zentimeterfelde wächst nach ihm proportional mit dem Abstände des Feldes vom Fernrohr.

Nach der oben angeführten Formel für den Zusammenhang zwischen scheinbarem und wirklichem Feld nimmt die scheinbare Feldgröße bei gleichbleibender wirklicher Feldgröße mit wachsender Entfernung ab. Wagner schloß darum nach seinen Ergebnissen, daß der mittlere Gesamtschätzungsfehler im scheinbaren Felde konstant bleibt und also unabhängig von der Größe des scheinbaren Feldes, das von 0,1 bis 1,6 mm bei ihm schwankte, ist. Den Gesamtschätzungsfehler an beliebiger Stelle des Feldes hält er für rund viermal größer als den, den er bei der Einstellung auf die Markenmitte gefunden hat.

Über die Abhängigkeit der Genauigkeit der Schätzung von der Stellung des Fadens im Felde sagt er: Vermutlich werden die Ablesungen auf 0,5 und 0 am genauesten, dann wird 0,1 und 0,9 folgen, dann 0,4 und 0,6, dann 0,2 und 0,8 und 0,3 und 0,7 werden wahrscheinlich die geringste Genauigkeit zulassen.

C. DIE NEUEREN VERSUCHE VON REINHERTZ UND KUMMER.

In den 90er Jahren des vorigen Jahrhunderts ließ Chr. Aug. Vogler durch seinen damaligen Assistenten, den jetzigen Vermessungs-

inspektor Kummer mit Instrumenten aus der geodätischen Sammlung der Berliner landwirtschaftlichen Hochschule mehrere Versuche anstellen, die darauf abzielten, mehr Licht in das Wesen der Schätzungsfehler, namentlich beim Schätzen an Nivellierlatten, zu bringen. Gleichzeitig beschäftigte sich auch Reinhertz in Bonn mit diesen Fragen.

Wir wollen die Arbeiten von Reinhertz, die in den Nova Acta der Kaiserl. Leop. Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher, Bd. 62, Nr. 2, Halle 1894, S. 93 ff. unter dem Titel „Mitteilung einiger Beobachtungen über die Schätzungsgenauigkeit an Maßstäben insbesondere an Nivellierskalen“¹⁾ veröffentlicht sind, zunächst näher betrachten.

Bei seinen Hauptversuchen ging Reinhertz in folgender Weise vor. Ein Messingrohr von 35 mm Durchmesser und 1,7 m Länge, das Millimeterteilung trägt, wurde genau vertikal fest aufgestellt. Auf dem Rohr gleitet ein Schieber, dessen Stellung gegen die Teilung des Rohrs mit einem Nonius von $\frac{1}{20}$ mm Angabe bestimmt werden kann. Mit diesem Schieber konnten Nivelierlattenstücke von zwei Dezimeter Länge fest verbunden werden. Benutzt wurden sechs solche Stücke, und zwar: je ein Stück mit einfacher Teilung in cm und in $\frac{1}{2}$ cm, mit Schachbretteilung in cm und $\frac{1}{2}$ cm und mit Strichteilung in cm und $\frac{1}{2}$ cm. Das Beobachtungsverfahren war nun folgendes: Ein Assistent brachte das Lattenstück in eine gewisse Stellung und las diese an der Säule scharf ab. Der Beobachter am Fernrohr schätzte in der Teilung des Lattenstücks. Hierauf verstellte der Assistent das Lattenstück, las wieder ab und der Beobachter schätzte auch in dieser Stellung. Dieses Verfahren wurde planmäßig wiederholt, und zwar wurden die Einstellungen an der Säule nach einem vorher entworfenen Plane so durchgeführt, daß der Faden alle möglichen zufälligen Stellungen im Felde annehmen konnte, die Ablesungen sich aber doch gleichmäßig über das Feld verteilten. Die Beobachtungen am Fernrohr führte leider Reinhertz nur allein durch. Er beobachtete mit 13 verschiedenen Fernrohren, die in Entfernungen von 10, 20, 30, 50, 70, 100, 130, 160 Meter jedesmal von der Säule entfernt aufgestellt wurden. Die Berechnung der mittleren Gesamtschätzungsfehler erfolgte so, daß die Differenz der beiden Schätzungen von der Differenz der beiden Ablesungen an der Säule, die als fehlerfrei angesehen wurde, zunächst abgezogen wurde. Die erhaltenen Beträge wurden dann quadriert, summiert und durch die doppelte

¹⁾ Auszug vgl. Zeitschrift für Vermessungswesen. Jahrg. 1894. S. 593 ff. und Jahrg. 1895. S. 6 ff.

Anzahl der Beträge dividiert. Aus der erhaltenen Zahl wurde dann die Wurzel gezogen.

Außer diesen Hauptversuchen stellte er auch Beobachtungen mit freiem Auge in deutlicher Sehweite an, indem er Schätzungen an Strichmaßstäben (Kartierinstrumenten) gegenüber einem Strich als Zeiger vornahm. Die eigentliche Verschiebung des Strichs wurde durch Nonien, bei denen noch $\frac{1}{20}$ mm abgelesen wurden, ermittelt. Benutzt wurden hierbei Teilungen mit Feldern von 0,5 mm, 1 mm, 10 mm und 20 mm. Auch wurden noch einige Versuche mit Ablesungen in Mikroskopen gemacht. Reinhertz führte sämtliche Schätzungsfehler auf relative Schätzungsfehler in deutlicher Sehweite zurück.

Auf Grund dieser eigenen Versuche und einiger von anderen Beobachtern, insbesondere auch von Volkmann und Appel, kam er im wesentlichen zu folgenden Ergebnissen:

1. Der mittlere absolute Gesamtschätzungsfehler ist abhängig von der Feldgröße, in der geschätzt wird, und ist genau genug der Quadratwurzel aus der Feldgröße proportional.

2. Bei der Beobachtung mit Fernrohren ist der absolute Gesamtschätzungsfehler an der Latte bei gleichbleibender Feldgröße der Latte genau genug der Quadratwurzel aus der Vergrößerung umgekehrt proportional.

3. Die Fadenstärke im Fernrohr kann bei kleinen scheinbaren Feldgrößen die Genauigkeit der Schätzung erheblich beeinflussen.

4. Die Helligkeit des Bildes ist, sofern sie überhaupt zur scharfen Schätzung ausreicht, ohne Einfluß auf die Genauigkeit.

5. Die Größe des Schätzungsfehlers ist abhängig von der Feldstelle. Der Fehler ist am kleinsten in der Mitte des Feldes. Er wächst schnell nach $\frac{1}{4}$ und $\frac{3}{4}$ des Feldes hin und nimmt nach den Enden des Feldes wieder ab.

Reinhertz nimmt durch die von ihm noch einmal bearbeiteten Ergebnisse von Volkmann¹⁾ als erwiesen an, daß im allgemeinen die Gesamtschätzungsfehler sich ihrer Größe nach symmetrisch zur Feldmitte anordnen und daß das Vorzeichen des konstanten Fehlertheils von dem Ausgangspunkte der Schätzung abhängig ist.

6. Der größte Wert des Gesamtschätzungsfehlers kann bis zum doppelten Betrage des Gesamtschätzungsfehlers, wie er in der Feldmitte auftritt, anwachsen. An den Feldgrenzen hält der Fehler etwa

¹⁾ Volkmann, Über das Vermögen, Größenverhältnisse zu schätzen. Berichte über die Verhandlungen der Kgl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Math.-phys. Klasse. 1859. S. 173.

die Mitte zwischen größtem und kleinsten Wert (Näheres siehe S. 173 ff. und die Zeichnung Fig. 22, Taf. VIII a. a. O.).

7. Bei einfach geteilten Felderlatten ist die Schätzung im roten Felde ungenauer als die im weißen.

Auf S. 123 und 124 a. a. O. erörtert Reinhertz die psychologischen Vorgänge beim Schätzen und geht insbesondere auf das gleichzeitige Sehen und die Blickbewegung ein.

Angeführt seien auch noch seine Bemerkungen über das Zustandekommen der Schätzung. Auf S. 173 a. a. O. schreibt er: „Für Genauigkeitsbestimmungen bei der Ablesung an Maßstäben hat in erster Linie nur der mittlere Totalfehler ein praktisches Interesse, zumal ein allgemein gültiges Gesetz für die Fehlerverteilung innerhalb eines Intervalles schwerlich aufgestellt werden kann wegen der hierbei besonders ins Gewicht fallenden von der Art der Schätzung abhängigen Fehler. So z. B. wird das Urteil in gewissem Sinne modifiziert werden, je nachdem man bei der Bestimmung des Bruches 0,4 der Schätzung desselben die Beziehung 4 : 10 oder 2 : 3 oder die Vergleichung der Stücke 4 : 6 oder 2 : 3 zugrunde legt oder endlich den Abstand von der Intervallmitte zur Bildung des Urteils mit benutzt.“ Leider geht aus seiner Abhandlung nicht hervor, wie er selbst beim Abschätzen tatsächlich gearbeitet hat.

Um den Gesamtschätzungsfehler bei der Ablesung an Nivellierlatten herabzudrücken, schlägt Reinhertz vor, ähnlich wie bei Meßmikroskopen, im Okular des Fernrohrs einen Doppelfaden anzubringen und diesen über schwarze Striche der im Grunde weiß gemalten Nivellierlatten einzustellen. Fadenabstand, Zielweite und Strichstärke sollen so bemessen werden, daß nur schmale Lichthaare zwischen Strich und Fäden bleiben ¹⁾. Bemerkt sei hierbei, daß die preußische Landesaufnahme heute dieses Verfahren, das übrigens auch manche Nachteile mit sich bringt, für ihre Feinnivellements angenommen hat.

Die Gültigkeit der Folgerungen von Reinhertz sind wiederholt bezweifelt worden. Zunächst wandte sich der Ingenieur K. Wagner unter Hinweis auf die Versuche seines Bruders R. Wagner in einem Aufsätze der Zeitschrift für Vermessungswesen 1896, S. 449 ff. gegen ihn. Da Reinhertz die Größe des absoluten Gesamtschätzungsfehlers als proportional mit der Quadratwurzel aus der scheinbaren Feldgröße gefunden hatte und daraus folgerte, daß bei gleichbleibendem Felde der Latte der Schätzungsfehler an der Latte nur mit der Wurzel

¹⁾ Vgl. Förster in der Zeitschrift für Vermessungswesen. 1880. S. 117 und Jordan, Handbuch der Vermessungskunde. 8. Auflage. Stuttgart 1914. S. 203.

aus der Entfernung des Feldes vom Fernrohr wächst, stand er im Widerspruch mit den Ergebnissen von R. Wagner, der proportionalen Verlauf gefunden hatte ¹⁾. In seiner Veröffentlichung in den *Nova acta* war Reinhertz schon auf diesen Widerspruch eingegangen und hatte ihn damit abgetan, daß die Schätzungen bei Fadennessern nicht mit denen beim Nivellieren ohne weiteres verglichen werden könnten, insbesondere wären die Verhältnisse andere, weil das Okular nicht zentrisch zu den äußeren Fäden stehe.

K. Wagner hob zunächst hervor, worauf auch später Kummer ²⁾ hingewiesen hat, daß die Schätzungsfehler von Reinhertz ihrem absoluten Betrage nach auffallend hoch sind. Weiter hält er die Wahl des Wurzelausdruckes mit Rücksicht auf die teilweise recht auseinanderfallenden Beobachtungen für sehr bedenklich und bemängelt auch das Übertragen der Fehlerbeziehungen für große Felder ohne weiteres auf kleinere. Reinhertz erwiderte hierauf in der *Zeitschrift für Vermessungswesen* 1897, S. 111 ff. und hob besonders hervor, daß das Wurzelgesetz nur eine Näherung darstelle, die zu den von ihm bearbeiteten Beobachtungen gut passe. Für Felder etwa unter $\frac{1}{2}$ mm solle es nicht gelten, da seiner Ansicht nach für solche Felder sich überhaupt kein befriedigender Ausdruck für den Zusammenhang zwischen Feldgröße und Schätzungsfehler finden lassen würde.

Wir gehen nun zu den Beobachtungen von Kummer über, die dieser auf Veranlassung von Vogler angestellt hat.

In seinem Lehrbuch der praktischen Geometrie, Bd. 2, Braunschweig 1894, S. 48 bringt Chr. Aug. Vogler ein Beispiel dafür, daß bei gleichbleibendem Felde der Latte die Schätzungsfehler wieder größer werden, wenn das Feld über eine gewisse Entfernung näher an ein Fernrohr heranrückt. Es gibt hiernach für die Schätzung ein gewisses günstigstes Verhältnis zwischen Fadendicke und scheinbarer Feldgröße. Um festzustellen, ob dies allgemein zutrifft, wurden nun von Kummer Versuche ³⁾ mit drei Fernrohren für 33fache, 37,5fache und 43,5fache Vergrößerung angestellt, indem Ablesungen in Entfernungen von 10 bis 70 Meter an Zentimeter- und $\frac{1}{2}$ cm-Latten gemacht wurden. In den Fernrohren waren drei Horizontalfäden aufgespannt im Abstände von je $\frac{1}{400}$ der Brennweite. An allen drei Fäden wurde für jede gewählte Entfernung jedes Instrument und jede

¹⁾ Vergl. auch Jordan, *Zeitschrift für Vermessungswesen*. 1877. S. 115.

²⁾ *Zeitschrift für Vermessungswesen*. 1897. S. 225.

³⁾ G. Kummer, *Genauigkeit der Abschätzung mittelst Nivellierfernrohrs*. *Zeitschrift für Vermessungswesen*. 1894. S. 129 ff.

Latte je achtmal abgelesen, wobei jedesmal nach dem Ablesen der drei Fäden das Fernrohr ein wenig verstellt wurde, damit die Fäden in andere Stellen des Feldes kamen. In den Differenzen der Lattenabschnitte, die sich aus den Fadenablesungen bilden lassen, kommen die Ablesefehler offenbar zum Ausdruck. Die Ablesungen wurden nicht unter günstigsten Umständen durchgeführt, sondern es wurden absichtlich solche Umstände gewählt, wie sie etwa bei der Ausführung von Feinnivellements auftreten können.

Bei der Bearbeitung der Beobachtungen ging man nun nicht wie Reinhertz auf das scheinbare Lattenfeld zurück, sondern versuchte direkt den Zusammenhang zwischen dem mittleren Gesamtschätzungsfehler μ und dem Abstand e des Feldes vom Instrument zu ermitteln. Eine graphische Darstellung, bei der die Abstände als Abszissen und die Gesamtschätzungsfehler als Ordinaten aufgetragen wurden, zeigt, daß bei der Zentimeterlatte von einem gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen μ und e kaum zu sprechen ist. Bei der $\frac{1}{2}$ cm-Latte ist μ zwischen 10 bis 25 Meter fast konstant und wächst dann bis 70 Meter näherungsweise proportional mit dem Abstände. In der graphischen Darstellung a. a. O. S. 141 sind zu den Punktreihen Kurven eingezeichnet, die so gefunden sind, daß man in dem Ansatz

$$\mu^2 = a_0 + a_1 e + a_2 e^2$$

die Koeffizienten a_0 , a_1 und a_2 nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt hat.

Ein Jahr später ließ Kummer solche Versuche von drei seiner Kollegen, Assistenten für den geodätischen Hochschulunterricht, mit dem 33fach vergrößernden Fernrohr und der $\frac{1}{2}$ cm-Latte bei Zielweiten zwischen 5 und 100 Meter Abstand des Feldes vom Instrument wiederholen. Für diese Beobachter wächst auch der mittlere Gesamtschätzungsfehler im wesentlichen proportional der Entfernung an. Aus der graphischen Darstellung in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1897, S. 226 sieht man aber, daß das Verhalten der Schätzungsfehler zur Entfernung wesentlich von der Eigenart des Beobachters abhängt.

Kummer stellte nun später mit je einem 18,5fach, 30fach und 43,5fach vergrößerndem Fernrohr und mit $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{1}$ cm-Latten ganz ähnliche Versuche an wie Reinhertz. Das Verfahren und die Ergebnisse sind in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1897, S. 225 ff. mitgeteilt. Bei der Bearbeitung der Ergebnisse fand auch keine Zurückführung auf die scheinbare Feldgröße statt.



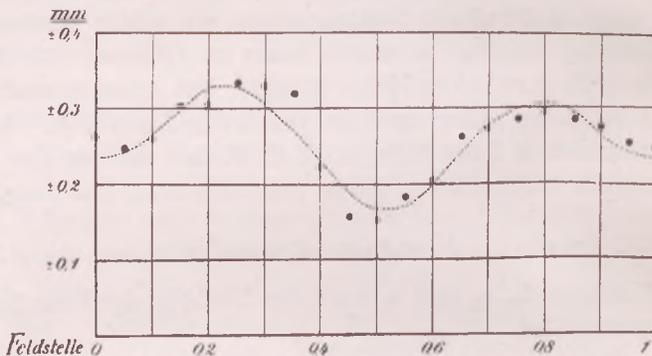
Aus seinen Versuchen schließt Kummer:

1. Für den Verlauf des Gesamtschätzungsfehlers mit der Entfernung des Feldes vom Fernrohr lassen sich allgemeingültige Angaben nicht machen. Für Kummer selbst findet näherungsweise proportionaler Verlauf statt.

2. Die Schätzungen an den Seitenfäden stehen an Güte denen am Mittelfaden nicht nach.

3. Näherungsweise verhalten sich die Schätzungsfehler umgekehrt proportional wie die Quadratwurzeln aus den Vergrößerungszahlen der Fernrohre.

4. Der Gesamtschätzungsfehler läßt sich in einen einseitigen und in einen zufälligen Teil spalten. Der einseitige Fehler ist Null an den Feldstellen Null 0,5 und 1, dagegen am größten bei 0,25 und 0,75,



Figur II.

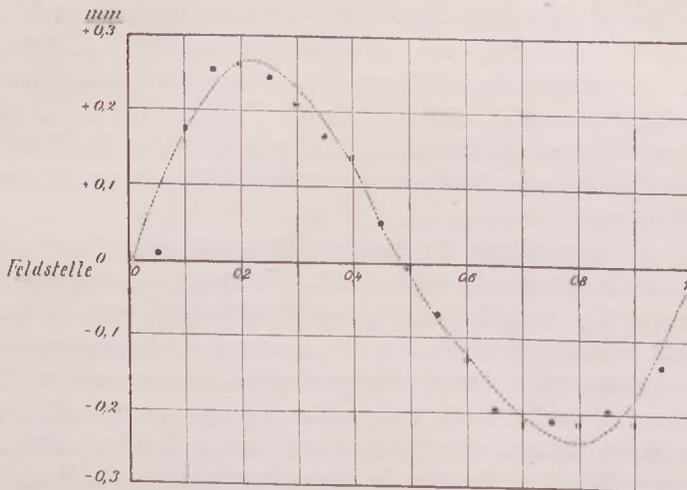
Mittlerer Gesamtschätzungsfehler im $\frac{1}{2}$ cm-Feld bei 30 bis 60 m Abstand von einem 43,5fach vergrößernden Fernrohr.

und zwar sind die Vorzeichen an diesen Stellen entgegengesetzt. Der kleinere Feldteil wird zu klein geschätzt. Der zufällige Fehleranteil ist im allgemeinen am größten an den Feldgrenzen.

Das unter 4 genannte Ergebnis ist für den Psychologen besonders interessant, weshalb ich auf die Art der Herleitung bei Kummer noch näher eingehen will.

Als man die Gesamtschätzungsfehler getrennt nach Gruppen von Entfernungen und geordnet nach Zehnteln des Feldes zusammenstellte, zeigte sich deutlich, daß die Fehler in der ersten Hälfte des Feldes positives und in der zweiten Hälfte des Feldes negatives Vorzeichen annahmen und daß ihre absoluten Beträge am größten bei

0,25 und 0,75 des Feldes wurden. Daraufhin wurden aus den Gesamtschätzungsfehlern für die einzelnen Zehntel in den Gruppen Durchschnittswerte gebildet und diese als der einseitige Fehlerbetrag angesehen. Die hier beigefügte Figur II gibt den Verlauf des mittleren Gesamtschätzungsfehlers im $\frac{1}{2}$ cm-Feld bei 30 bis 60 m Entfernung für ein 43,5fach vergrößerndes Fernrohr wieder. Die Figur III zeigt den Verlauf des dazu gehörigen einseitigen Fehleranteils. Die Punkt-



Figur III.

Einseitiger Schätzungsfehler im $\frac{1}{2}$ cm-Feld bei 30 bis 60 m Abstand von einem 43,5fach vergrößernden Fernrohr.

reihen der einseitigen Schätzungsfehleranteile ließen sich mit recht gutem Erfolg durch periodische Funktionen von der Form

$$\tau = f(\alpha) = a_0 + a_1 \sin \alpha + a_2 \sin 2\alpha + b_1 \cos \alpha + b_2 \cos 2\alpha$$

wiedergeben. Hierin bedeutet τ den einseitigen Fehleranteil, α die Feldstelle, während a_0, a_1, a_2, b_1, b_2 Koeffizienten sind, die nach der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt wurden. Für α gelten entsprechend der Einteilung des Feldes in 20 Teile die Werte $0^\circ, 18^\circ, 36^\circ$ usw. Auch für den Gesamtschätzungsfehler und die zufälligen Fehleranteile sind in ähnlicher Weise Interpolationskurven hergeleitet. In den Figuren II und III sind die Kurven eingetragen.

Am Schlusse seiner Arbeit teilt Kummer noch einiges über Versuche mit, die sich mit der Genauigkeit der Einstellung eines Fern-

rohrfadens auf Kreischen beschäftigen¹⁾. Es zeigt sich auch hier, daß solche Einstellungen wesentlich schärfer vorgenommen werden können, als das Schätzen von Zufallsstellungen in einem Felde. So z. B. wird bei 90 m Entfernung der mittlere Gesamteinstellungsfehler $\pm 0,08$ mm, während bei 34 m Entfernung die Schätzung an beliebiger Feldstelle an einem Faden $\pm 0,24$ mm und für das Mittel aus drei Fäden $\pm 0,16$ mm Fehler gibt²⁾. Es läßt sich auch eine Kreisgröße angeben, bei der die Schätzung am schärfsten wird.

Zu diesen Untersuchungen von Kummer hat sich auch Reinhertz in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1897, S. 399 ff. geäußert. Er rechnet die Schätzungsfehler von Kummer in relative Fehler um, trägt auf S. 401 a. a. O. die Fehler selbst zur Größe des scheinbaren Feldes als Ordinaten auf und versucht die Punktreihe durch eine Kurve von der Form $\mu = 0,06$ mal Wurzel aus dem scheinbaren Feld wiederzugeben.

Bei der Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Nivelliergeräts oder eines Nivellierverfahrens spielt der Zusammenhang zwischen Schätzungsfehler und Entfernung der Nivellierlatte vom Instrument eine ganz wesentliche Rolle, ebenso bei der Entfernungsbestimmung mit Fadenmessern. Trotz der vorliegenden eingehenden Untersuchungen ist es bis jetzt noch nicht gelungen, einen allgemeinen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen beiden Größen aufzufinden.

Eggert³⁾ hat vor kurzem die Versuchsergebnisse von Reinhertz und Kummer noch einmal zusammengestellt und daraus durch graphische Interpolation für den mittleren Gesamtschätzungsfehler μ_h im scheinbaren Felde h für die Sehweite $s = 0,25$ Meter die Formel aufgestellt

$$\mu_h = \pm (0,034 + 0,0292 \cdot h),$$

wo μ_h und h in mm zu nehmen sind. Er kommt damit zu einem Ausdruck für die Leistungsfähigkeit eines Nivelliers, der befriedigend zu den praktischen Erfahrungen paßt und der auch recht gut mit einer Formel übereinstimmt, die Lorber auf Grund anderer theoretischer Überlegungen und Schätzungen von Konstanten nach der Erfahrung aufgestellt hat⁴⁾.

1) Vgl. auch die Versuche von König in der Zeitschrift für Vermessungswesen. 1906. S. 201 ff. und die Erörterungen von Reinhertz in der Zeitschrift für Vermessungswesen. 1897. S. 400 ff.

2) Vogler, Geodätische Übungen für Landmesser und Ingenieure. 3. Aufl. Teil II. 1913. S. 20 ff.

3) Zeitschrift für Vermessungswesen. 1914. S. 249.

4) Lorber, Das Nivellieren. 9. Auflage. Wien 1894. S. 283.

Zur Gewinnung eines Einblicks in die Fragen über die Abhängigkeit der Schätzungsfehler von der Feldgröße und der Feldstelle eignen sich gut die Untersuchungen, die Kummer an Kartierinstrumenten nach einem ähnlichen Verfahren wie bei dem Nivelliergerät angestellt hat, weil hierbei optische Hilfsmittel nicht verwendet sind und auch der Einfluß der Luft kaum in Frage kommt. Die Untersuchungen sind ebenfalls in der Zeitschrift für Vermessungswesen 1907, S. 531 ff. unter dem Titel „Mitteilung von Beobachtungsergebnissen über die Schätzungs- und Kartierungsgenauigkeit an Maßstäben und Kartierungsinstrumenten“ veröffentlicht. Sie sind in folgender Weise durchgeführt.

An einem metallenen Lineal, das die Hauptteilung trägt, gleitet mit seiner Kante ein Dreieck. Auf der Kante dieses Dreiecks sind drei Striche angebracht und ein Nonius, der direkt ein Zehntel der Hauptteilung angibt. Bei den Versuchen wurde nun jedesmal an den drei Strichen geschätzt und dazu der Nonius abgelesen, und zwar noch auf $\frac{1}{4}$ seiner Angabe. Rechnerisch gelten die Ermittlungen am Nonius den Schätzungen an den Strichen gegenüber als fehlerlos. Die Schätzungen an den Strichen wurden planmäßig auf das Feld derart verteilt, daß auf jedes $\frac{1}{20}$ des Feldes 21 Schätzungen treffen. Diese Beobachtungen wurden für drei verschiedene Hauptteilungen durchgeführt, nämlich für $\sqrt{2}$ (= 1,41) mm Teilung, für $\frac{2}{3} \cdot \sqrt{2}$ (= 0,94) mm Teilung und für $\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2}$ (= 0,71) mm Teilung. Kummer selbst schätzte an allen drei Teilungen, die Zeichner Kroll und Arlitt benutzten nur die Teilung $\frac{1}{2} \cdot \sqrt{2}$.

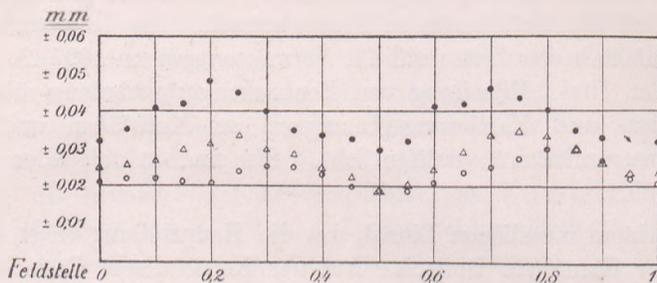
Die Schätzungsfehler der beiden Zeichner fallen durchweg kleiner als die von Kummer aus, was ohne weiteres daraus erklärt werden kann, daß diese infolge ihres Berufs große Übung im Schätzen kleiner Größen gewonnen haben. Größe und Verlauf des Gesamtschätzungsfehlers, des einseitigen und des zufälligen Fehleranteils siehe a. O. S. 537, 538, 539.

In der auf S. 22 beigefügten Figur IV ist der Verlauf des Gesamtschätzungsfehlers für die Teilung $\frac{2}{3} \sqrt{2}$ für Kummer, Kroll und Arlitt wiedergegeben. Figur V bringt ebenso den Verlauf des einseitigen Fehlers zur Darstellung. Die Interpolationskurven, deren Verlauf auf S. 537 und 538 a. a. O. zu ersehen ist, sind der Deutlichkeit wegen hier nicht miteingezeichnet.

Kummer zeigt noch, daß sowohl der absolute Gesamt- wie der einseitige Schätzungsfehler für die drei Teilungen näherungsweise pro-

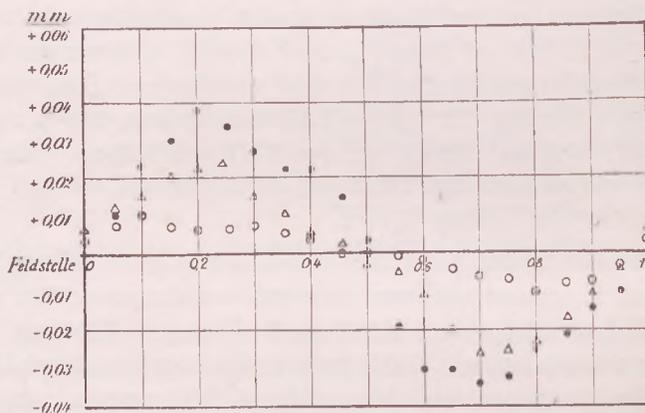
portional den Quadratwurzeln aus den Feldgrößen ist, wobei aber zu bedenken bleibt, daß die Feldgrößen sich nur wenig unterscheiden.

Es sind nun weiter mit drei Maßstäben von 1 mm, $\frac{2}{3}$ mm und $\frac{1}{2}$ mm Feldgröße Versuche darüber angestellt, wie genau man ein



Figur IV.

Mittlerer Gesamtschätzungsfehler für das Feld $\frac{2}{3}\sqrt{2}$ ($= 0,94$) mm mit freiem Auge in deutlicher Sehweite für die Beobachter Kummer (•••), Kroll (○○○) und Arlitt (△△△).



Figur V.

Einseitiger Schätzungsfehler für das Feld $\frac{2}{3}\sqrt{2}$ ($= 0,94$) mm mit freiem Auge in deutlicher Sehweite für die Beobachter Kummer (•••), Kroll (○○○) und Arlitt (△△△).

vorgeschriebenes Maß mit einer feinen Nadel vom Maßstabe aus auf das Papier übertragen kann. Nach den Ergebnissen wurde der Fehler etwa doppelt so groß als beim reinen Abschätzen gefunden und er blieb bei den drei Teilungen näherungsweise gleich groß. Die Fehler

lassen sich auch in einen einseitigen und unregelmäßigen Teil spalten. Merkwürdigerweise zeigte sich aber, daß beim Abstechen der kleinere Feldteil zu groß abgestochen wird, also das Vorzeichen sich umgekehrt verhält wie bei der Schätzung. Die Zeichnung auf S. 570 a. O. gibt eine Übersicht. Freilich fallen die Beobachtungen doch ziemlich auseinander und es scheint notwendig, daß über diese Frage erst noch weitere Beobachtungen angestellt werden. Kummer glaubt, daß sich diese Erscheinung vielleicht auf die Einwirkung der Nadelstärke zurückführen läßt und zieht dazu ähnliche Erwägungen wie Lorber über die Einwirkung der Strichstärke bei der Schätzung heran¹⁾. Die Ausführungen von Lorber, die sich auf Faden und Feld beim Nivellieren beziehen, wobei also keine Grenzstriche in Frage kommen, sind annehmbar. Dagegen müßte im vorliegenden Falle auch die Einwirkung der Stärke der Grenzstriche mit in Betracht gezogen werden. Außerdem vermag ich auch dem Schluß von Kummer, daß beim Abstechen im Bewußtsein andere Verhältnisse hinsichtlich der Einwirkung der Stärke des Zeigers vorliegen sollen als beim reinen Abschätzen nicht beizutreten.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß man bei der Untersuchung der Schätzungsfehler an der Rolle eines Koordinatographen im Katasterbureau zu München den Verlauf der Schätzungsfehler im Felde ganz ähnlich gefunden hat, wie Kummer²⁾. Der mechanische Weg, auf dem hier die Fehler ermittelt wurden, unterscheidet sich wesentlich von dem, den Kummer eingeschlagen hat. Insbesondere sei auf die graphische Darstellung auf S. 141 der angezogenen Zeitschrift verwiesen.

§ 4. JETZIGER STAND DER FRAGE.

Die meisten Hand- und Lehrbücher, die die Geodäsie wissenschaftlich behandeln, gehen heute näher auf die Schätzungsfehler und insbesondere auf die persönlichen Fehler, die beim Schätzen und Messen überhaupt auftreten, ein. Insbesondere seien angeführt: Helmert, Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 1. Auflage, Leipzig 1872, S. 261 ff. und 2. Auflage, ebenda 1907, S. 332. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, Bd. 2, 8. Auflage, Stutt-

¹⁾ Lorber, Das Nivellieren. 9. Aufl. Wien 1894. S. 276 u. 277.

²⁾ Zeitschrift des Vereins der höheren bayrischen Vermessungsbeamten. Jahrg. 1914. S. 131 ff.

gart 1914, S. 203 ¹⁾, 534, 566 und 567. Vogler, Praktische Geometrie, Bd. 1, Braunschweig 1885, S. 139, Bd. 2, ebenda 1894, S. 48, 65, 66, 303 und 304. Vogler, Übungen für Landmesser und Ingenieure, 3. Auflage, Bd. 1, Berlin 1910, S. 257, 258 und Bd. 2, ebenda 1913, S. 16 bis 23, S. 141. Hammer, Lehrbuch der elementaren praktischen Geometrie, Bd. 1, Leipzig 1911, S. 694 und 704. Lorber, Das Nivellieren, 9. Auflage, Wien 1894, S. 274 bis 279.

Im großen und ganzen wird hiernach folgendes als feststehend angenommen.

Die Größe des Gesamtschätzungsfehlers ist wesentlich abhängig von der Feldgröße und der Feldstelle. Am schärfsten schätzt man in der Feldmitte, am unsichersten in $\frac{1}{4}$ bis $\frac{3}{4}$ des Feldes, wieder etwas sicherer an den Feldenden. Einstellung auf Feldmitte wird wesentlich schärfer als Schätzung einer Zufallsstellung im Felde. Die Schärfe der Schätzung kann beeinflußt werden durch die Stärke der Striche von Zeiger und Teilung. Für die Einstellung auf Feldmitte wie auch die Schätzung an beliebiger Stelle läßt sich im allgemeinen bei gegebenen äußeren Verhältnissen eine günstigste Feldgröße angeben.

Der Gesamtschätzungsfehler läßt sich in einen unregelmäßigen und regelmäßigen Teil spalten. Der regelmäßige Fehleranteil verläuft im allgemeinen symmetrisch zur Feldmitte. Der kleinere Feldteil wird in der Regel zu klein geschätzt. Auch bei der Einstellung auf Feldmitte kann ein regelmäßiger Fehlerteil auftreten.

Der Schätzungsfehler läßt sich herabdrücken und sein Einfluß auf das Ergebnis läßt sich gleichmäßiger machen durch Beobachten an zwei Feldstellen, die um $\frac{1}{2}$ Feld gegeneinander verschoben sind, wie z. B. bei der Wendelatte nach Vogler. Auch Ablesen an drei Feldstellen, so daß die Schätzungen an verschiedenen Stellen des Feldes vorgenommen werden müssen, erhöht wesentlich die Güte. Bei farbigen Teilungen kann durch Anordnung von Schachbretteilungen die Schätzungsschärfe erhöht werden.

¹⁾ Siehe dazu auch Stadthagen „Die persönliche Gleichung bei Längenmaßvergleichen“ in der Zeitschrift für Vermessungswesen. 1896. S. 103 ff. und „Die Genauigkeit der Pointierung bei Längenmaßvergleichen“. Ebenda. S. 168 ff. Über die persönlichen Fehler bei Messungen mit Invardrähten vgl. Veröffentl. des Kgl. preußischen geodätischen Instituts. N. F. Nr. 57. Potsdam 1913. S. 17 ff. und wegen der persönlichen Fehler bei Messungen mit stereoskopischen Entfernungsmessern das vom Deutschen Reichsmarineamt herausgegebene Handbuch der Küstenvermessungen. Berlin 1906. Bd. 1. S. 143.

Eine besondere Anleitung, wie man beim Schätzen vorgehen soll, habe ich noch in keiner geodätischen Schrift gefunden. Die einzelnen Bemerkungen hie und da gehen wesentlich auseinander. Man darf aber wohl annehmen, daß im Hochschulbetrieb bei den praktischen Übungen auf die Schätzungsfragen überall aufmerksam gemacht wird. Vogler z. B. hat seine zahlreichen Schüler stets angehalten, ihr Schätzungsvermögen weiter auszubilden. Als gute Übung läßt er einen Zoll- und Millimetermaßstab od. dgl. miteinander vergleichen und dann die Messungen ausgleichen. Beispiele dazu bringt z. B. Hege-
mann in seinem Übungsbuch für die Anwendung der Ausgleichsrechnung, 3. Auflage, Berlin 1908, Aufgabe 67 bis 70. Im Durchschnitt erhalten die jungen Studierenden, die aber schon ein praktisches Lehrjahr hinter sich haben, einen mittleren Schätzungsfehler von $\pm 0,035$ mm am Millimetermaßstab. In Bonn haben wir für die Geodäten seit 1907 eine einstündige Vorlesung über Sinnesphysiologie, die in jedem Sommerhalbjahr von einem Fachmann gehalten wird, eingeführt. In dieser wird auch besonders auf die persönlichen Fehler eingegangen.

Ich will hier noch einiges aus meinen eigenen Erfahrungen hinzufügen.

Manche Beobachter haben von vornherein eine gewisse Anlage, Schätzungen in Teilungsfeldern scharf ausführen zu können. Es hängt das wesentlich mit der Augenbeschaffenheit und dem sonstigen Wesen des Beobachters zusammen. Weniger Begabte kann man durch Anleitung fördern. Durch Übung und Anspannung der Aufmerksamkeit hebt sich die Güte der Schätzung wesentlich. Namentlich vermag man sich auf eine bestimmte Feldgröße sehr einzuüben. Anfänger arbeiten beim Schätzen nach Umfragen, die ich gemacht habe, gewöhnlich mit folgenden Vorstellungen. Liegt der Zeiger ungefähr in der Mitte, so vergleichen sie seine Lage mit der gedachten Mitte des Feldes, liegt sie mehr in der Nähe des Viertels bzw. drei Viertels, so stellen sie sich zur gedachten Feldmitte abermals die Mitte her. In der Nähe der Feldgrenzen arbeiten sie mit einer im Bewußtsein vorhandenen Zehntelgröße, die entweder durch gelegentliche Abmessung u. dgl. gewonnen ist, oder durch Halbierung beim Abschätzen von Vierteln. Dem kleineren Feldteil wenden alle die größere Aufmerksamkeit zu. Die Anfänger nehmen nach meinen Erfahrungen von vornherein nicht das Drittel des Feldes mit zu Hilfe ¹⁾. Wenn man

¹⁾ Wegen der auftretenden Abrundungsfehler bei solchen Schätzungen vgl. Lorber, Das Nivellieren. 9. Aufl. Wien 1894. S. 279.

sie darauf aufmerksam macht, dies zu benutzen, finden sie es sehr zweckmäßig und geben an, daß sie einen Feldteil, der ungefähr ein Drittel ist, in der Vorstellung noch einmal abtragen können und festzustellen vermögen, ob der Rest wesentlich kleiner oder größer als das gegebene kleinere Feldstück ist. Etwa ein Viertel des Feldes oder einen noch kleineren Teil des Feldes vermag ich selbst nicht in dieser Weise in der Vorstellung in kurzer Zeit mehrere Male abzutragen und habe auch noch keinen unter meinen Schülern gefunden, der das glaubte bei Schätzungen fertig bringen zu können. Es fragt sich, ob man die Güte der Schätzungen an beliebiger Feldstelle nicht vielleicht dadurch steigern kann, daß man nicht allzu glatte und gleichmäßige Felder nimmt, damit das Auge bei seinen Verrichtungen sich mehr Haltpunkte verschaffen kann. Die Vergleichung mit dem Nachbarfeld bei sehr naher Lage des Zeigers an der Feldgrenze wird wenig benutzt.

Die Schätzung wird wesentlich erleichtert durch den Vergleich gleichmäßig begrenzter flächenhafter Gebilde. Wenn der Zeiger mitten im Felde liegt, wie z. B. der Faden bei der Nivellierlatte, fällt die Schätzung dem Beobachter leichter, als wenn der Zeiger neben der Teilung liegt, wie z. B. bei Zeichenmaßstäben, denn hier muß er erst in das Feld hineinverlängert werden, um flächenhafte Gebilde miteinander vergleichen zu können.

Für weitere Forschungen auf dem Gebiete der Schätzungen ist meiner Ansicht nach, soweit es die Geodäsie betrifft, folgendes zu beachten. Es müssen Beobachtungen mit und ohne optische Hilfsmittel mehr getrennt gehalten werden als bisher. Besonders darf man auch nicht die Beobachtungen auf weitere Entfernungen des Feldes, wie sie z. B. beim Nivellieren und Entfernungsmessen vorkommen, mit den auf dem Arbeitstische gewonnenen zusammen verarbeiten. Wünschenswert ist, daß die Forschungen über das Ablesen und Einstellen für Ziellatten beim Nivellieren und Entfernungsmessen weiter fortgesetzt werden. Auch für das Schätzen an Teilungen mit freiem Auge oder mit Lupe bleibt noch manches aufzuklären, wie z. B. Wahl der Strichstärke, günstigste Feldgröße, Feldbeschaffenheit usw. Bei allen diesen Forschungen kann uns auch die experimentelle Psychologie und Physiologie mit helfen. Im allgemeinen werden sich für die Versuche direkt messende Methoden besser eignen als abzählende.

§ 5. EINIGE EIGENE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN ZUSAMMENHANG ZWISCHEN GESAMTSCHÄTZUNGSFEHLER UND FELDGRÖSSE.

Bei meinen eigenen Untersuchungen und Messungen habe ich gefunden, daß man die Einteilung eines Feldes nach Augenmaß, falls dasselbe nicht kleiner als etwa 1 mm ist, im großen und ganzen relativ mit gleicher Genauigkeit vornehmen kann. Auch bei anderen Beobachtern, insbesondere meinen Schülern, habe ich dasselbe wahrgenommen. Es entspricht dies ja auch dem einfachen psychophysischen Gesetz und ist für größere Felder schon durch Volkmann versuchsmäßig nachgewiesen. Reinhardt leitet in der schon wiederholt genannten Abhandlung von 1894 aus seinen und anderen Beobachtungen her, daß von 0,5 bis zu etwa 20 mm Feldgröße der relative Gesamtschätzungsfehler nicht konstant ist, sondern näherungsweise der Wurzel aus der Feldgröße umgekehrt proportional gesetzt werden kann. Insbesondere glaubt er, das auch für Schätzungsfehler beim Ablesen mit freiem Auge tun zu dürfen. Vergl. dazu S. 135 und 147 der Abhandlung von 1894. Auf dieses Ergebnis von Reinhardt hat man sich auch wiederholt bei anderen Arbeiten berufen.

Die vorliegende Arbeit regte mich an, einen schon alten Wunsch zu erfüllen und mit mehreren Beobachtern Schätzungsversuche anzustellen, um zu ermitteln, welcher Zusammenhang zwischen Gesamtschätzungsfehler und Feldgröße bei den in der geodätischen Praxis vorkommenden Feldern besteht.

Die Versuchsanordnung war folgende: Ich ließ einen rund 20 cm langen Metallmaßstab mit abgeschrägter Kante anfertigen, die mit neun Strichen versehen ist. Die Striche sind absichtlich ungleich weit voneinander gezogen. Ihre Abstände sind nach scharfen Messungen auf einem Komparator in Tabelle II angeführt. Die Strichstärke beträgt 0,062 mm.

Tabelle II.

Einteilung des Versuchsstabs.

Strich	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Wert in mm	0	5,04	15,12	30,19	49,89	75,05	105,13	139,84	180,13

Gegen die Kante dieses Versuchsstabs wurden nacheinander die in Tabelle III genannten Strichmaßstäbe gelegt und es wurde dann die Lage der Striche des Versuchsstabs im Felde jedes Ablesestabs geschätzt.

Tabelle III.
Übersicht über die Ablesemaßstäbe.

Art des Maßstabs	Feldgröße	Strichstärke
		mm
Metallmaßstab	1 mm	0,11
Metallmaßstab	$\frac{1}{2}$ mm	0,11
Metallmaßstab	1 Par.-Linie (2,256 mm)	0,11
Metallmaßstab	1 cm	0,05
Glasmaßstab	$\frac{1}{2}$ cm	0,09
Metallmaßstab	$2\sqrt{2} \approx 2,828$ mm	0,07
Papiermaßstab	$\frac{1}{2}$ dm	0,25
Papiermaßstab	1 dm	0,3

Bei den Beobachtungen wurde Strich 1 des Versuchsstabs, um bei der Rechnung unabhängige Ablesungspaare bilden zu können, nicht benutzt. Jeder Beobachter legte in einer ersten Gruppe den Strich 2 ungefähr einem Teilstrich des Ablesemaßstabs gegenüber und schätzte dann an den Strichen 2 bis 9; in der zweiten Gruppe wurde der Strich 2 auf $\frac{1}{4}$ des Feldes gebracht, dann wurde an den Strichen 9 bis 2 geschätzt. Hierauf ging der Beobachter zu einem anderen Maßstab über und beobachtete nacheinander an allen acht Maßstäben in der Reihenfolge, wie Tabelle III angibt, die Gruppen 1 und 2. Hierauf wurden rückwärts die Gruppen 3 und 4 beobachtet, wobei bei der Gruppe 3 der Strich 2 näherungsweise in die Feldmitte und bei Gruppe 4 näherungsweise in das Dreiviertelfeld gelegt wurde.

Jeder Beobachter hat also $8 \times 4 \times 8 = 256$ Schätzungen gemacht. Die Beobachter saßen an einem Tisch der geodätischen Sammlung und erhielten Nordlicht von vorn. Der Sekretär des Instituts schrieb die Ablesungen nieder. Den Beobachtern waren die Abstände des Versuchsstabs nicht bekannt. Ich habe die Beobachter vorher besonders darauf hingewiesen, auf grobe Fehler, die durch Verwechslung der Feldteile beim Vorwärts- und Rückwärtsbeobachten leicht auftreten können, aufmerksam zu sein.

Zur Berechnung mittlerer Beträge sind dann die Differenzen zwischen den Ablesungen für zwei benachbarte Striche des Versuchs-

stabs gebildet, so daß jede Ableseung nur einmal benutzt ist. Diese Differenzen sind von den Ergebnissen der Komparatormessungen, die als fehlerfrei angesehen werden, abgezogen. Jeder Beobachter erhält demnach für jeden Maßstab aus den 32 Ableseungen 16 unabhängige Fehler. Zur Bildung eines mittleren Betrages sind diese dann quadriert, summiert, durch 32 dividiert und hieraus ist die Wurzel genommen. Diese mittleren Schätzungsfehler sind in Tabelle IV näher nachgewiesen. Die obere Reihe gibt eine Übersicht über die mittleren relativen Gesamtschätzungsfehler, die darunterstehenden liegenden Zahlen geben den entsprechenden absoluten Betrag.

Im ganzen wirkten 8 Beobachter, wie Tabelle IV näher angibt. Ich habe absichtlich die Beobachter nach Willkür genommen, um im Endergebnis auf den Durchschnitt eines mittleren Beobachters zu kommen. Insbesondere bemerke ich noch dazu, daß der genannte Oberlandmesser N. übersichtlich ist und der Student P. an einem Augenübel leidet, da das Tränenwasser von den Kanälen nicht aufgenommen wird. Beide Beobachter haben auffallend große Fehler in den kleineren Feldern. Alle sonstigen Angaben enthält die Tabelle IV. Die Einzelfehler weisen sowohl bei den einzelnen Beobachtern als auch in der Gesamtheit den Charakter zufälliger Fehler auf. Von den 1024 Einzelfehlern, auf die sich die Tabelle IV stützt, sind 397 positiv, 433 negativ und 194 mal kommt Null vor.

Die Zahlen der Tabelle IV zeigen sowohl nach den Einzelbeobachtern wie nach dem Durchschnitt betrachtet, daß im allgemeinen der relative Gesamtschätzungsfehler von 1 mm Feldgröße ab im großen und ganzen konstant bleibt. Etwas nimmt er ab mit der Größe des Feldes, aber bei weitem nicht mit der Wurzel aus der Feldgröße. Insbesondere kann man für die Feldgrößen von 1 bis 10 mm den relativen Fehler hinreichend als konstant ansehen, zumal wenn man dabei beachtet, daß die beiden Beobachter mit nicht normalen Augen die Durchschnitte für die kleineren Felder wesentlich beeinflusst haben. Am größten ist für alle Beobachter bis auf einen der relative Fehler für das Feld von $\frac{1}{2}$ mm. Kleinere Felder als $\frac{1}{2}$ mm verlangen von den meisten Beobachtern starke Anstrengung der Augen, auch wirkt hier die Stärke der Begrenzungsstriche, die unter ein bestimmtes Maß bei Beobachtung mit freiem Auge nicht sinken darf, relativ sehr stark auf die Schätzung ein. Die Praxis hat daraus auch schon vielfach die Lehre gezogen und vermeidet nach Möglichkeit scharfe Schätzungen in Feldern vorzunehmen, die unter 1 mm scheinbares Feld herabgehen.

Tabelle IV.
Zusammenstellung der mittleren Gesamtschätzungsfehler.

Beobachter (Alter)	Schweite und Zeitverbrauch										Quadratischer Durchschnitt
	Mittlerer Gesamtschätzungsfehler in Einheiten des Ablesemaßstabs										
	Mittlerer Gesamtschätzungsfehler in Millimeter										
1	$\frac{1}{2}$ mm	$\frac{1}{1}$ mm	$\frac{1}{1}$ Par. Linie $\frac{2}{n}$ 2,26 mm	$\frac{2}{n}$ 2,83 mm	$\frac{1}{2}$ cm	$\frac{1}{4}$ cm	$\frac{1}{2}$ dm	$\frac{1}{1}$ dm			
	2	3	4	5	6	7	8	9		10	
M. Professor der Geodäsie (49 Jahre)	$\pm 0,045$	$\pm 0,032$	$\pm 0,029$	$\pm 0,030$	$\pm 0,026$	$\pm 0,021$	$\pm 0,041$	$\pm 0,023$			$\pm 0,032$
	$\pm 0,022$	$\pm 0,032$	$\pm 0,065$	$\pm 0,085$	$\pm 0,13$	$\pm 0,21$	$\pm 2,0$	$\pm 2,3$			
S. Privatdozent und Regierungslandmesser (38 Jahre)	$\pm 0,030$	$\pm 0,028$	$\pm 0,022$	$\pm 0,037$	$\pm 0,017$	$\pm 0,024$	$\pm 0,026$	$\pm 0,020$			$\pm 0,026$
	$\pm 0,015$	$\pm 0,023$	$\pm 0,050$	$\pm 0,105$	$\pm 0,08$	$\pm 0,24$	$\pm 1,3$	$\pm 2,0$			
N. Oberlandmesser (45 Jahre)	mit Brille										
	$\pm 0,087$	$\pm 0,059$	$\pm 0,033$	$\pm 0,032$	$\pm 0,028$	$\pm 0,032$	$\pm 0,025$	$\pm 0,013$			$\pm 0,044$
	$\pm 0,044$	$\pm 0,059$	$\pm 0,074$	$\pm 0,091$	$\pm 0,14$	$\pm 0,32$	$\pm 1,2$	$\pm 1,3$			

W. Student der Geodäsie 5. Studiensemester (21 Jahre)	Durchgehend 23 cm ohne Brille; 75 Minuten						± 0,033
	± 0,052 ± 0,26	± 0,039 ± 0,039	± 0,036 ± 0,081	± 0,023 ± 0,12	± 0,023 ± 0,23	± 0,017 ± 0,8	
P. Student der Geodäsie 3. Studiensemester (20 Jahre)	Durchgehend 25 cm mit Brille; 80 Minuten						± 0,047
	± 0,073 ± 0,036	± 0,057 ± 0,067	± 0,055 ± 0,124	± 0,032 ± 0,16	± 0,032 ± 0,32	± 0,041 ± 2,0	
M. Student der Geodäsie 1. Studiensemester (25 Jahre)	Durchgehend 18 cm mit Brille; 120 Minuten						± 0,027
	± 0,035 ± 0,018	± 0,021 ± 0,021	± 0,025 ± 0,071	± 0,021 ± 0,10	± 0,032 ± 0,32	± 0,021 ± 1,0	
Sehr. Student der Geodäsie 1. Studiensemester (19 Jahre)	Durchgehend 22 cm ohne Brille; 110 Minuten						± 0,039
	± 0,072 ± 0,036	± 0,025 ± 0,025	± 0,041 ± 0,092	± 0,024 ± 0,068	± 0,026 ± 0,13	± 0,037 ± 0,37	
Schul. Student der Geodäsie 1. Studiensemester (19 Jahre)	Durchgehend 21 cm ohne Brille; 105 Minuten						± 0,030
	± 0,049 ± 0,024	± 0,031 ± 0,031	± 0,036 ± 0,081	± 0,033 ± 0,093	± 0,016 ± 0,08	± 0,026 ± 0,26	
Quadratischer Durchschnitt	± 0,058 ± 0,029	± 0,039 ± 0,039	± 0,037 ± 0,083	± 0,033 ± 0,093	± 0,024 ± 0,12	± 0,029 ± 0,29	± 0,023 ± 2,3

Der quadratische Durchschnitt aus den Werten der Spalte 10 und denen der vorletzten Zeile gibt beidemal ± 0,035.

Ich gedenke diese Arbeiten mit dem Versuchstabe, gleichzeitig als eine Übung zum Schätzen, von den hier studierenden Geodäten fortsetzen zu lassen und werde nicht verfehlen, über das Ergebnis zu berichten, wenn ich noch eine größere Zahl von Schätzungen zusammengestellt haben werde.

§ 6. DIE UNTERSUCHUNGEN VON M. BAUCH VOM STANDPUNKTE DES GEODÄTEN BEURTEILT.

Im Bande 1, S. 169 ff. dieser Zeitschrift brachte M. Bauch einen Aufsatz, betitelt „Psychologische Untersuchungen über Beobachtungsfehler“. Der Aufsatz beschäftigt sich im wesentlichen nur mit Fehlern, die beim Schätzen von Zehnteln in einem Felde auftreten. Der Verfasser weist in diesem Aufsatz auf eine ganze Reihe von Veröffentlichungen aus anderen Fachgebieten hin, wobei aber die Arbeiten aus der Geodäsie nicht erwähnt sind. Insbesondere ist es M. Bauch offenbar nicht bekannt gewesen, daß in der Geodäsie schon umfangreiche experimentelle Untersuchungen durchgeführt sind. Auch auf die experimentellen Arbeiten von Volkmann ist nicht hingewiesen.

Die Ergebnisse von M. Bauch kann man meiner Ansicht nach nicht ohne weiteres für feine Zehntelschätzungen in der Praxis heranziehen.

Zunächst hat der Versuchsleiter nicht alle möglichen Zufallstellungen im Felde, wie sie die Praxis bietet, berücksichtigt, sondern er hat nur volle Zehntel für die Schätzung eingestellt. Weiterhin ist bei seinen meisten Untersuchungen auch nur auf ein Zehntel des Feldes geschätzt, während bei feineren Ablesungen die Praxis überall bis auf ein Zwanzigstel des Feldes geht und nicht mit Unrecht, wie die Erfolge zeigen. Daß dagegen ein Beobachter Hundertstel des Feldes, wie es bei einem Versuch von Bauch durchgeführt ist, nicht erfassen kann, zeigen sowohl der ganze Vorgang beim Schätzen wie auch die Ergebnisse feinsten Schätzungen. Andererseits fragt es sich, ob die Nonieneinstellungen auf ein Zehntel des Feldes gegenüber den Schätzungen als fehlerlos betrachtet werden können. Nach meinen Erfahrungen sind die Schätzungsfehler bei Bauch ganz auffallend groß ausgefallen. Trotzdem nicht einmal ungünstige Verhältnisse vorgelegen haben, kommen Fehler bis zu drei Zehntel des Feldes wiederholt vor. Im großen und ganzen kann ich nach meinen Erfahrungen annehmen, daß z. B. jüngere Studenten in Feldgrößen, wie sie Bauch

gewählt hat, beim Schätzen mittlerer Fehler von etwa $\pm 0,035$ mal Feldgröße begehen. Bei ganz ungeübten Personen wird der Schätzungsfehler nach einigen Untersuchungen, die ich angestellt habe, höchstens etwa doppelt so groß. Bei der Beobachtungstätigkeit wird man aber immer damit zu rechnen haben, daß die Beobachter einige Übung im Schätzen besitzen.

§ 7. ZUSAMMENFASSUNG.

1. Für die Meßkunst ist es von großer Wichtigkeit, das Verhalten der Fehler bei Zehntel- bzw. Zwanzigstelschätzungen wie bei Schätzungen an Teilungen überhaupt genau zu kennen. Vielfach genügen solche Schätzungen an einem Zeiger, wo heute noch Ablesevorrichtungen verwendet werden.

2. Trotz zahlreicher vorliegender Untersuchungen sind noch eine Anzahl Fragen offen. Es müssen in Zukunft die Untersuchungen für Beobachtungen mit und ohne optische Hilfsmittel und auf weite und nahe Entfernungen mehr getrennt behandelt werden.

3. Für die planmäßige Tilgung namentlich der regelmäßigen Anteile der Zehntelschätzungsfehler sind schon einige Vorkehrungen vorhanden, die sich bewähren.

4. Wir müssen mehr Klarheit über die Vorgänge beim Zehntelschätzen gewinnen, um danach Richtpunkte für die Ausbildung im feinen Schätzen geben zu können. Hierbei müssen Meßkunst, Physiologie und Psychologie zusammenwirken. Die angehenden Beobachter müssen mehr Anleitung zur Ausbildung ihres Schätzungsvermögens erhalten.

5. Die von mir angestellten Untersuchungen zeigen, daß für Felder von 1 bis 100 mm der absolute Gesamtschätzungsfehler im Durchschnitt nahezu proportional mit der Feldgröße wächst. Der Zusammenhang zwischen Feldgröße und Größe des Schätzungsfehlers ist aber wesentlich von der Augenbeschaffenheit des Beobachters und seinem sonstigen Wesen abhängig.

6. Die experimentellen Untersuchungen von M. Bauch, die im Band 1 dieser Fortschritte veröffentlicht sind, genügen nicht für Fehlerbetrachtungen, wie sie für feine Zehntel- und Zwanzigstelschätzungen in der Meßkunst notwendig sind.

ZUR FRAGE NACH DER NATUR DER ECHOLALIE

EIN BEITRAG ZUM VERSTÄNDNIS DES KINDLICHEN SPRECHEN-
LERNENS MIT BEMERKUNGEN ÜBER DIE VERWERTUNG DES
BEDINGTEN REFLEXES IN DER PSYCHOLOGIE

VON

K. K. HOFRAT DR. MED. A. PICK

O. Ö. PROFESSOR UND DIREKTOR DER PSYCHIATRISCHEN KLINIK
DER DEUTSCHEN UNIVERSITÄT IN PRAG.

Für niemanden, der auch nur einmal an einem Aphasischen jene Form der Echolalie beobachten konnte, die wir ihres Tempos wegen als die „auf Anhieb“ bezeichnen, kann es zweifelhaft sein, daß es sich dabei um die Auslösung eines Vorganges handelt, der sich als einem Reflexe gleich darstellt. Denn außer dem Tempo paßt sich diese Form der Echosprache auch in bezug auf die phonetischen Einzelheiten dem Gehörten so genau an, daß dadurch nicht bloß jeder Gedanke an die Beteiligung der Willkür ausgeschlossen erscheint, sondern direkt die Annahme einer Einstellung des ganzen Sprachapparates, sowohl seines rezeptiven wie des exekutiven Anteils auf diese Feinheiten dadurch nahegelegt wird.

Dementsprechend bin ich seit langem dafür eingetreten, daß es sich bei der Echolalie auf Anhieb um das Funktionieren eines in der Norm gehemmten, in der Krankheit von den Hemmungen befreiten Mechanismus handle. Ob dabei die Läsion einer bestimmten Partie des Sprachfeldes entscheidend ist, wie ich behaupte, oder nicht, kann bei der allgemeinen Erörterung der Frage außer Betracht bleiben ¹⁾.

¹⁾ Ich werde Veranlassung nehmen, auf diese Frage in einer Mitteilung zurückzukommen, die unter dem Titel „Über das Verhältnis zwischen motorischer und sensorischer Sprachregion nebst Bemerkungen über Echolalie“ andernorts erscheint.

Ohne genauer auf diese Seite der Frage einzugehen, möchte ich nun weiter meine Ansicht dahin präzisieren, daß es sich dabei um einen Mechanismus handelt, der sich bei dem Sprechenlernen des Kindes nach Art der bedingten Reflexe entwickelt und dabei die Hauptrolle spielt ¹⁾.

Mit der Vollendung der Spracherlernung wird jener Reflexmechanismus einer der zunehmenden willkürlichen Beherrschung der Sprache entsprechenden Hemmung dauernd unterstellt, um erst wieder im Falle bestimmter Erkrankung des Sprachfeldes der normalen Fesseln entledigt, in ungehemmte Funktion zu treten.

Daraus wird es verständlich, daß die kindliche Echolalie und die am Erwachsenen durch die Krankheit zustande gekommene klinisch durchaus verschiedenartig sind. Jene ist im wahren Sinne des Wortes zuerst eine Echolalie, entstanden und fortgebildet als bedingter Reflex zum Zwecke der Spracherlernung, das Lallen wird dadurch zur Sprache überführt. Gegenüber der kindlichen liegt für die pathologische Echolalie der Unterschied in dem vollentwickelten Sprachmechanismus, der sich in diesem Falle, wenn nicht etwa durch Komplikationen gestört, als Echosprache darstellen wird.

Man wird sich jedoch bei der hier per analogiam durchgeführten Beweisführung bezüglich des bedingten Reflexes wohl kaum beruhigen, vielmehr noch andere Beweismomente fordern. Ein solches wäre darin zu erblicken, daß gleichwie in den Versuchen Pawlows und Kalischers der hier in Rede stehende Reflex nicht immer regelmäßig eintreten, sondern nur unter gewissen Bedingungen, bei Änderung derselben auch ausbleiben soll. Auf unseren speziellen Fall angewendet, stellt sich die Frage so: Gibt es Beobachtungen, wo die normalerweise ganz regelmäßig eintretende Echolalie auf Anhieb unter gewissen Bedingungen ausbleibt, um bei der Variierung derselben unter den gleichen immer wieder aufzutreten?

Sieht man schärfer zu, dann entspricht eigentlich schon die typische Echolalie auf Anhieb dieser Bedingung, denn sie tritt nur ein, wenn ein sprachlicher oder ihm ähnlicher Reiz wirksam wird, während anders geartete akustische Reize nicht die Echowirkung haben; die seltenen Fälle, in denen auch solche Reize diese Wirkung haben, stellen jedenfalls einen noch höheren Grad von Hemmungslosigkeit dar und

¹⁾ Krasnogorski (Über die Grundmechanismen der Großhirnrinde bei Kindern. Jahrbuch für Kinderheilkunde. Bd. 78. 1913. S. 380) erwähnt so nebenbei den Mechanismus des Sprachreflexes als für den Menschen spezifisch und nach dem Typus des gewöhnlichen zeitlichen Zusammenhanges gebildet.

unterscheiden sich wohl auch pathogenetisch von den hier besprochenen Erscheinungen.

Man könnte als Beispiel eines Analogons zu den abgestimmten Reflexen an jene Beobachtungen erinnern, in welchen bei Ausbleiben von Echolalie der Kranke sichtlich ganz automatisch doch einen oder den anderen musischen Anteil des Gehörten echolalisch wiedergibt, z. B. die Betonung, den Affektausdruck desselben (natürlich ohne daß ihm derselbe etwa durch den mimischen Ausdruck verraten worden wäre).

Aber die angeführten Spezialfälle entsprechen doch nicht ganz dem hier gesuchten Analogon, da zwischen den verschiedenen Formen des Nachgeahmten doch eine Artverschiedenheit besteht; man wird dieses Analogon vielmehr ganz im Gebiete der echten Echosprache zu suchen haben und vielleicht hoffen dürfen, daß etwa durch die Beobachtung eines Polyglotten etwas Derartiges dargeboten wird.

Ein Fall der Literatur entspricht nun tatsächlich dieser engeren Formulierung; es ist eine alte Beobachtung, die sich bei Bernard¹⁾ als Rarität wiedergegeben findet. Béhier beobachtete eine Frau, die das Italienische (ihre Muttersprache) und Spanische vollständig vergessen hatte und nur das Französische, aber auch in sehr beschränkter Weise, gebrauchte. Sie wiederholte nun wie ein Echo alle vor ihr gesprochenen französischen Worte, sichtlich ohne sie zu verstehen. Italienisches und Spanisches verstand sie ebenfalls nicht, sprach es aber auch nicht nach.

Wir sehen hier das theoretisch gesuchte experimentum crucis für unseren Beweis von der Reflexnatur des Echos; entgegen der Regel, derzufolge das Echo durch alles Sprachliche ausgelöst wird, ist hier der Mechanismus desselben nur noch auf das Französische eingestellt oder bezüglich der anderen Sprachen formuliert, die Einstellung auf die übrigen, der Kranken früher geläufigen Sprachen ist mit dem Sprechen derselben gemeinsam verloren gegangen. Die Übereinstimmung mit den bekannten Versuchen der Pawlowschen Schule und Kalischers ist zu deutlich, als daß sie mehr als des Hinweises bedürfe.

Die Tatsache, daß die geborene Italienerin gegen die Regel ihre Muttersprache eingebüßt und das anscheinend erst später erlernte Französisch wenigstens teilweise behalten hat, kann wohl nicht gegen die Richtigkeit der ganzen Deutung eingewendet werden; sie stellt

¹⁾ D. Bernard, De l'aphasie. 2. éd. Paris 1889. S. 242.

sich als Seitenstück zu auch sonst beobachteten Ausnahmen von der bekannten Regel dar.

Wie der Fall klinisch zu klassifizieren ist, wo etwa die Störung gelegen sein mochte, das zu diskutieren wäre wohl vergeblich, zumal es bisher an ähnlich modifizierten Fällen ganz fehlt und nur aus einer Kombination solcher etwa ein Schluß gezogen werden könnte.

Einen Beitrag dazu sowohl, wie insbesondere zu der hier behandelten theoretischen Frage soll nun die folgende Mitteilung bringen, die auf eine Darstellung der übrigen Erscheinungen als nicht zur Sache gehörig nicht eingeht.

Es handelt sich um einen jetzt 78jährigen Mann, der sich seit 1912 in der Klinik befindet. Über die Entstehung der Sprachstörung zugrunde liegenden Läsion ist nichts bekannt, so daß man nur aus der Progression der Erscheinungen auf eine bedeutende Atrophie des linken Schläfenlappens schließen konnte. Als er zur Klinik kam (zunächst als unbekannter, erst später agnoszierter Mann), war neben anderen, einer Schläfenlappenläsion entsprechenden Symptomen (vor allem schwere Sprachtaubheit, beschränkter Sprachschatz, vorwiegend Tschechisch, etwas Deutsch) eine ausgesprochene Echolalie auf Anhieb auffällig; er wiederholte, vielfach mehrmals, gestellte Fragen, und zwar ebensowohl tschechische (in dieser seiner Muttersprache) wie deutsche; da er nach Ausweis gewisser von ihm gebrauchter Namen als österreichischer Soldat lange in Italien gedient hatte, wurden ihm auch italienische Worte vorgesagt, die er anfänglich ablehnt, dann aber echolaliert.

Leider war auf die hier zur Erörterung gebrachte Differenz nicht von Anfang an systematisch geachtet worden. Später wurde festgestellt, daß er im Tschechischen am meisten echolalierte, im Deutschen durchschnittlich etwas weniger (einmal unter 15 Fällen zehnmal), im Italienischen relativ wenig (viermal in 15 Fällen). Später als die Echolalie mit der Verstumpfung des Kranken allmählich ganz verschwand, ließ sie sich noch gelegentlich im Tschechischen konstatieren, während deutsches Vorgesagtes nicht mehr diese Wirkung hatte und ebensowenig Italienisches.

Die vorstehende Mitteilung ist insofern von Interesse, als sie die Beobachtung Béhiers bestätigt; sie zeigt weiter, daß es jedenfalls Fälle gibt, in denen anscheinend in einem späteren, zur Verschlechterung tendierenden Stadium die anfänglich entsprechend abgestufte Echolalie durch das Anhören der weniger geläufigen Sprachen überhaupt nicht mehr ausgelöst wird.

Dadurch wird aber, und das scheint mir insbesondere wichtig, bewiesen, daß der Echolalie als Grundbedingung eine Einstellung des durch den speziellen akustischen Reiz in Erregung versetzten Aufnahmeapparates zugrunde liegt und davon in Analogie zu den abgestimmten Reflexen die entsprechende Reaktion ausgelöst wird. Die Präzision des pathologischen Echos ist nur erklärlich aus dem Vorhandensein eines so fein eingestellten Aufnahme- und sichtlich auch ähnlich gearteten Übertragungsapparates, die wir in der Kindheit erworben, entwickelt und von daher behalten haben.

Sowohl bei Einstellung und Erwerbung, wie bei der Fortbildung derselben spielt die größere, geringere oder später erst einsetzende Übung der einzelnen Sprachen sichtlich die entscheidende Rolle; damit erscheint eine weitere Analogie zu den bedingten Reflexen gegeben. Wie fein und gerade deshalb nur automatisch wirksam denkbar jene Apparate sind, mögen folgende Tatsachen beweisen. Es ist eine bekannte Beobachtung, daß namentlich Kinder, diese aber oft bis weit in die Jugend hinein, allerfeinste individuelle Nuancen der um sie herum gesprochenen Sprachen und Dialekte in kürzester Zeit auf ihre eigene Sprache übernehmen. Es ist weiter eine hierzulande geläufige Beobachtung, daß Kinder (offenbar mit der eben erwähnten Disposition), die dem Verkehr mit tschechischer Umgebung lange und intensiv ausgesetzt waren, oft dauernd an ihrem Deutsch den fremden Klang behalten.

Diese scheinbar wenig bedeutsamen Erfahrungen führen doch wieder hinüber zu unserem Hauptthema. Ich habe ¹⁾ Beobachtungen erwähnt, wo der des Wortsinnverständnisses beraubte Kranke unsinnige Buchstabenkomplexe doch von unverständenen Worten sowohl der Muttersprache wie einer fremden unterschied. Wenn wir dabei dem Klange eine wichtige Rolle zusprechen müssen, so wird der weitere Schluß berechtigt sein, daß bei der Abstimmung des Echos auf eine bestimmte Sprache das gleiche Moment mitbestimmend sein wird.

Ist das aber richtig, dann erscheint mir auch die Grundlage für ein Verständnis der Spracherlernung des Kindes auf dem Wege der Echolalie klargelegt: Es wird durch die Annahme der Bildung eines solchen Reflexapparates die zunehmende Feinheit der kindlichen Echolalie verständlich, die der Beteiligung der Willkür, wie sie meist noch angenommen wird, unerreichbar erscheint; nur aus der zunehmend

¹⁾ A. Pick, Über das Sprachverständnis. Leipzig 1909. S. 12.

feinen, einer Abstimmung auf das Gehörte entsprechenden Einstellung des Aufnahmeapparates und eines auf ihn abgestimmten Exekutivapparates erscheint jene erklärlich.

Die hier dargelegte Annahme scheint mir das Sprechenlernen des Kindes auch besser zu erklären als die bisher versuchten Deutungen mit den kinästhetischen Erinnerungsbildern und der angenommenen Mitwirkung einer akustischen Kontrolle des Gesprochenen durch den Sprechenden selbst.

Das Sprechenlernen des Kindes im Stadium der Echolalie ist nur die nach dem Typus des bedingten Reflexes sich vollziehende Ausbildung des Sprechapparates an der Hand des sich natürlich ebenfalls erst allmählich in seiner Anpassung an die akustischen Reize vervollkommnenden Aufnahmeapparates.

Ist erst auf diesem Wege die motorische Ausbildung des Sprechapparates genügend weit gefördert und damit das echolalische Stadium des Sprechenlernens abgeschlossen, dann bleibt Raum für die willkürliche Erlernung des eigentlichen Sprechens, mit der gleichzeitig der Hemmungsmechanismus des Sprachreflexes sich allmählich entwickelt.

Natürlich soll damit gegen die Annahme einer gewissen Mitbeteiligung der Willkür, insbesondere in den der Echolalie vorangehenden Schrei- und Lallstadien, nichts ausgesagt sein, obwohl gewiß auch hier der Gang der Entwicklung vom Unwillkürlichen zum Willkürlichen der gewöhnliche sein wird. Gewiß sind wir berechtigt, anzunehmen, daß die anfänglich unwillkürlich, rein reaktiv erfolgenden Ausdrucksbewegungen die Grundlage für die spätere Erlernung ihrer willkürlichen Produktion abgeben. Wenn wir jetzt das gleiche auch für die zweite echolalische Periode der Spracherlernung beweisen, so erscheint durch diese Angleichung der beiden Perioden ein Fortschritt in deren Verständnis angebahnt.

Die hier mitgeteilte Beobachtung dient aber durch die der Annahme eines solchen Sprachreflexes gebotene Stütze auch noch der Begründung anderer einschlägiger, vorläufig als hypothetisch angesehener Deutungen. W. Köhler¹⁾ hat zur Erklärung des Nachsingens physiologische Zusammenhänge zwischen dem Erregungszustand des Hörnerven und der entsprechenden Innervation des Kehlkopfes angenommen. Es fällt das sichtlich mit der hier entwickelten

¹⁾ W. Köhler, Archiv für experimentelle und klinische Phonetik. Bd. I. 1913. S. 19ff.

Ansicht von dem aufeinander abgestimmten Aufnahme- und Exekutivapparate zusammen ¹⁾. Es handelt sich in dem Falle Köhlers um eine Fortbildung dieser in der Kindheit entwickelten Einstellungen.

Wenn Stumpf ²⁾ Köhlers Argumente gegenüber der älteren Theorie, wonach das richtige Nachsingen auf fein ausgebildeten Assoziationen zwischen Tonvorstellungen und kinästhetischen Vorstellungen beruhe, als zutreffend anerkennt, so wird man davon auch eine Bestätigung für das hier gegen die ältere Theorie des Sprechenslernens des Kindes Angeführte ableiten dürfen.

Ich habe nur an einzelnen Beispielen zeigen können, wie wertvoll die hier gegebene Erklärung des Sprechenslernens auf dem Wege des bedingten Reflexes für das Verständnis der einschlägigen Tatsachen ist. Jeder Versuch einer Anwendung auf andere Fälle wird das gewiß bestätigen.

Nur an einem ganz speziellen Falle möchte ich den Beweis dafür erbringen. In dem berühmten Falle von eigenartiger sprachlicher Entwicklung seines Kindes findet es Stumpf ³⁾ besonders verwunderlich, daß der Junge, der über drei Jahre ausschließlich eine selbst-erfundene Sprache gesprochen, eines Abends ganz plötzlich alles ihm Vorgesprochene fast tadellos nachsprach. „Was den Hergang dieser Wandlung betrifft, so ist es begreiflich, daß die akustischen Wortbilder des Hochdeutschen durch das mehrjährige Hören in seinem Geiste festsaßen aber daß er die Worte sogleich fast fehlerfrei herausbrachte (von Stumpf unterstrichen) . . . ist immerhin merkwürdig. Denn es gehören dazu auch motorische (von den Bewegungen der Sprachorgane zurückgebliebene) Vorstellungen in der richtigen

¹⁾ Für die vollständige Selbständigkeit der hier entwickelten Ansicht sei Nachstehendes angeführt. Schon gelegentlich der Darlegungen über die Vorgänge beim Sprachverständnis (Über das Sprachverständnis. Leipzig 1909) habe ich verschiedentlich die Bedeutung der Einstellung des akustischen Aufnahmeapparates und dessen entsprechende Abstimmung mit dem sprachlichen Exekutivapparat für das Sprachverständnis angedeutet, ohne näher darauf einzugehen. In meinem Buche: Die agrammatischen Sprachstörungen. I. Teil. Berlin 1913. S. 98 habe ich es schon als wahrscheinlich ausgesprochen, „daß die motorische Einstellung des Sprachapparates auf den akustischen Reiz das Ganze (sc. die Sprachnachahmung des Kindes) als etwas anderen Reflexerscheinungen Analoges, vielleicht zu den bedingten Reflexen zu stellendes erscheinen läßt“.

²⁾ C. Stumpf, Bericht über den VI. Kongreß für experimentelle Psychologie in Göttingen 1914. Leipzig 1914. S. 311.

³⁾ C. Stumpf, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie. Jahrg. 3. 1901. S. 440ff.

Aufeinanderfolge...“ Es scheint mir außer Zweifel, daß die hier betonte Abstimmung des Exekutivapparates die Lösung des Rätsels gibt. Sie erscheint mir aber auch deshalb von prinzipieller Bedeutung, weil sie den „Geist“ aus dem ganzen Vorgange ausschaltet und diesen zunächst rein physiologisch verständlich macht ¹⁾.

Der Kranke, bei dem zuletzt jede Echolalie aufgehört hatte und der nur noch vereinzelt einige Zeit vor dem Tode durch ein entsprechend intoniertes „trara“ wie früher zum Produzieren des damit anhebenden Marsches gebracht werden konnte, ist am 19. Februar 1915 gestorben. Die Sektion bestätigte die gestellte Diagnose.

Die letzterwähnte Episode erscheint mir bedeutsam als Bestätigung des eben von der Einstellung des akustischen Aufnahmeapparates und von der Bedeutung des Klanges Gesagten; als ein ultimum moriens dieses Apparates stellt sich die Einstellung auf den Marsch dar, den der Veteran aus der Zeit seiner damals noch zwölfjährigen Dienstzeit als Anreiz zu automatisch sich vollziehender musikalischer Betätigung behalten hatte.

Dieser Erscheinung kommt aber noch eine andere prinzipielle Bedeutung zu. Sie beweist mit aller Sicherheit, daß den bekannten psychischen Erscheinungen im Abbau des Seniums im letzten Grunde physische Grundlagen zukommen.

Den vorstehenden tatsächlichen Ausführungen möchte ich einige prinzipielle an die Adresse der Herren Psychologen gerichtete Bemerkungen folgen lassen. In der hier gemachten Mitteilung war ich in der Lage, an einem bestimmten Problem zu zeigen, wie von dem Pawlowschen Begriff des bedingten Reflexes auch für Fragen der Psychologie aufklärender Gebrauch gemacht werden kann, die auch der jetzt sog. objektiven Psychologie nicht zugänglich sind. Dem-

¹⁾ Das Vorstehende bezüglich der Spracherlernung des Kindes war niedergeschrieben, als mir K. Goldsteins Monographie der transkortikalen Aphasien (S.-A. aus Ergebnisse der Neurologie und Psychiatrie. Bd. 2. 1915. H. 3) zur Hand kommt, in der er Veranlassung nimmt, das Sprechenlernen des Kindes zu erörtern. Im Stadium des Nachsprechens reproduziert nach ihm das Kind nur Lautgebilde, die den schon in seinem Besitz befindlichen Sprachvorstellungen und sprachlichen Mechanismen entsprechen. Mir scheint die hier dargelegte Deutung den Tatsachen besser zu entsprechen und vor allem auch den Vorzug der größeren Einfachheit zu besitzen.

entsprechend bin ich auch der Überzeugung, daß manche unentschiedene Frage gelöst werden könnte, wenn man, mehr als bisher geschehen, jenen Begriff zur Deutung heranziehen würde. Ich möchte das an einem speziellen Falle darlegen.

Leyendecker¹⁾ berichtet vom Maschinenschreiben, daß er zuerst das Glockenzeichen überhörte und über den Rand schrieb, später es hörte und entsprechend den Schlitten zurückwarf und schließlich es nicht mehr hörte (bzw. die Glocke überhörte) und doch ebenso den Schlitten zurückwarf. Leyendecker setzt an der Hand dieser Beobachtung die Differenz zwischen Überhören bei Nichtbeachten und Überhören mit irgendwie Beachten auseinander. Die Erscheinung erklärt sich aber ganz einfach durch die Annahme eines durch die Übung erworbenen bedingten Reflexes zwischen Glockenzeichen und Zurückwerfen des Schlittens. Dieses Beispiel zeigt deutlich, welche Rolle der bedingte Reflex sowohl in der Übung motorischer Funktionen, gewiß aber auch auf psychischem Gebiete im engeren Sinne spielt.

¹⁾ H. Leyendecker, Zur Phänomenologie der Täuschung. I. Teil. Halle 1913. S. 17.

ZUR
ÄSTHETIK UND STATISTISCHEN BESCHREIBUNG
DES PROSARHYTHMUS.

VON
FRIEDRICH GROPP.

INHALT.

§ 1.	Der ästhetische Eindruck von Schriftwerken	43
§ 2.	Frühere Untersuchungen über die äußerlichen Faktoren des ästhetischen Eindrucks	45
§ 3.	Zur Charakteristik der besprochenen Untersuchungen	54
§ 4.	Zweck der eigenen Untersuchungen	56
§ 5.	Bemerkungen von Friedrich Schlegel, Dorothea Schlegel, Brinkmann und Schleiermacher über den Rhythmus in Hülsens „Natur-Betrachtungen auf einer Reise durch die Schweiz“ und Schleiermachers „Monologen“	57
§ 6.	Genügt es, wenn eine einzige Person einen Text sorgfältig skandiert?	59
§ 7.	Über den Rhythmus bei Hülsen und Schleiermacher	62
§ 8.	Die Tabellen der h-Werte	68
§ 9.	v und $\frac{v}{m}$ als Maßstab für den rhythmischen Charakter eines Textes	74
§ 10.	Zusammenfassung der Resultate	78

§ 1. DER ÄSTHETISCHE EINDRUCK VON
SCHRIFTWERKEN.

Der ästhetische Eindruck von Schriftwerken, den wir haben, wenn wir ein Schriftwerk lesen oder hören, ist von vielen Faktoren abhängig. Zunächst kommt natürlich der Sinn¹⁾ der Worte in Betracht, der in dem Leser oder Zuhörer gewisse Bedeutungserlebnisse auslöst, die auch für das sogenannte „Verstehen“ des Textes wesent-

¹⁾ K. Marbe, Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie und Soziologie. Bd. 30. 1906. S. 491 ff.

lich sind. Solche Bedeutungserlebnisse, die freilich individuell sehr verschieden sein können, bestimmen auch den ästhetischen Eindruck. Außer diesem in der letzten Zeit hauptsächlich durch Theodor Meyer¹⁾ und die moderne Denkpsychologie²⁾ aussichtsreich behandelten Faktor, den wir als den inneren bezeichnen können, gibt es noch eine ganze Reihe von mehr äußerlichen Faktoren, welche bei der Bestimmung des fraglichen Eindrucks wirksam sind. Schon die Form des Druckes kann z. B. meine ästhetische Stimmung bei der Lektüre von Gedichten beeinflussen. Daß ein schlechter Vortrag eines künstlerisch wertvollen Gedichtes jede ästhetische Wirkung vernichten kann, ist bekannt. Auch der Rhythmus, die Melodie und vieles andere gehört in die Gruppe der äußerlichen Faktoren des ästhetischen Eindrucks gelesener oder gehörter Texte. Daß natürlich der ästhetische Gesamteindruck ganz abgesehen von der individuellen Verschiedenheit der Bedeutungserlebnisse auch wesentlich von der jeweiligen Stimmung des genießenden Subjekts und den psychischen Eigenschaften dieses Subjekts überhaupt abhängig ist, braucht wohl nicht besonders betont zu werden.

Soviel über die Faktoren des ästhetischen Eindrucks gelesener und gehörter Texte. Der hier in Betracht kommende Eindruck selbst besteht wie der ästhetische Eindruck überhaupt in bestimmten Bewußtseinslagen, die wohl auch vielfach mit Lustgefühlen verbunden sind. Doch ist das Lustgefühl wohl kaum ein unumgänglich notwendiger Faktor des ästhetischen Eindrucks. Auch der Eindruck des Erhabenen wird psychologisch betrachtet in gewissen Bewußtseinslagen bestehen. Ein Teil der äußerlichen Faktoren des ästhetischen Eindrucks ist auch für den sogenannten Stil des Autors des Schriftwerkes charakteristisch.

Der Einfluß der äußerlichen Faktoren auf den ästhetischen Eindruck ist nun in den letzten Jahren mehrfach exakt untersucht worden. Die Bedeutung dieser Untersuchungen geht freilich über die Ästhetik weit hinaus. Sie haben auch in psychologischer, sprachwissenschaftlicher und philologischer Beziehung mancherlei Interesse. Im zweiten Paragraphen der vorliegenden Schrift soll über diese Untersuchungen berichtet werden. Später sollen im Anschluß an eine Schrift Hülsens und die Monologen Schleiermachers ausgeführte eigene Untersuchungen mitgeteilt werden. Ein zusammenfassendes Referat über die

¹⁾ Th. A. Meyer, Das Stilgesetz der Poesie. Leipzig 1901.

²⁾ K. Marbe, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 3. 1915. S. 1 ff.

älteren Arbeiten dieses Gebietes dürfte deshalb von Interesse sein, weil ein solches bisher nicht vorliegt, und es dürfte daher sowohl dem Ästhetiker als dem Philologen und Sprachforscher und dem Psychologen willkommen sein.

§ 2. FRÜHERE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ÄUSSERLICHEN FAKTOREN DES ÄSTHETISCHEN EINDRUCKS.

Der ästhetische Eindruck von Prosawerken ist wesentlich vom Rhythmus abhängig. Auf diese Tatsache wurde Marbe bei der Lektüre des Anfangs des Rochusfestes von Goethe aufmerksam ¹⁾. Er meinte, daß hier infolge des Rhythmus ganz andere Bewußtseinslagen auftreten als etwa bei der Lektüre der Harzreise von Heine. Um diese Ansicht zu prüfen, versah er selbst sowie einer seiner Mitarbeiter sowohl den Anfang des Rochusfestes als den Anfang der Harzreise mit Akzenten. Statistische Untersuchungen ergaben dann, daß beide Texte allerdings in wesentlicher und in einer bei drei Fraktionen von je 1000 Worten wiederkehrenden Weise rhythmisch verschieden sind. Die Akzentuierung bestand einfach darin, daß eben die „stark betonten Silben“ mit Akzenten versehen, die anderen als „unbetonte“ angesehen wurden ²⁾, — ein Verfahren, das sich trotz gewisser naheliegender theoretischer Einwände ³⁾ — nicht nur in der Arbeit von Marbe, sondern auch später immer wieder praktisch glänzend bewährte. Marbe dehnte dann seine Untersuchungen auch auf andere Texte aus.

Mit Z bezeichnet Marbe die Anzahl der zwischen zwei aufeinanderfolgenden betonten Silben stehenden unbetonten Silben. m bedeutet das arithmetische Mittel der Z -Werte, v deren mittlere Variation ⁴⁾.

- h_0 bedeutet die Anzahl der Fälle, in denen $Z = 0$ ist,
- h_1 „ „ „ „ „ „ „ „ $Z = 1$ „
- h_2 „ „ „ „ „ „ „ „ $Z = 2$ „
-
- h_n bedeutet die Anzahl der Fälle, in denen $Z = n$ ist.

1) Vgl. zum folgenden K. Marbe, Über den Rhythmus der Prosa. Gießen 1904. S. 3.

2) K. Marbe, a. a. O. S. 4.

3) Th. Zielinski, Archiv für die gesamte Psychologie. Bd. 7. 1906. S. 126 f.

4) Da diese Schrift keineswegs nur für Psychologen bestimmt ist, denen der Begriff der mittleren Variation geläufig ist, sei bemerkt, daß man unter der mittleren Variation von n Zahlen in der Psychologie diejenige Zahl versteht, die man erhält, wenn man aus den n Zahlen das arithmetische Mittel bildet, jede der

Unter AR verstehen wir mit Marbe den Anfang des Rochusfestes, unter AH den Anfang der Harzreise. Wir können dann alle von Marbe gewonnenen Resultate, die sich auf den Unterschied von Rochusfest und Harzreise beziehen, in folgende Sätze zusammenfassen:

- a) In AR ist m und v kleiner als in AH.
- b) Für AR ist h_1, h_2, h_3 im allgemeinen größer als für AH; h_4, h_5 usw. ist für AR durchschnittlich kleiner als für AH.

Als Sätze, die für AR und AH sowie auch für die anderen von ihm untersuchten Texte gemeinsam in gleicher Weise gelten, ergaben sich folgende:

- c) Z ist der Zahl 2 häufiger gleich als irgend einer anderen, d. h. also h_2 ist größer als h_0, h_1, h_3, h_4 usw.
- d) Die Häufigkeit der rhythmischen Formen $\overset{\cdot}{\text{—}} \overset{\cdot}{\text{—}}$, $\overset{\cdot}{\text{—}} \text{—} \overset{\cdot}{\text{—}}$, $\overset{\cdot}{\text{—}} \text{—} \text{—} \overset{\cdot}{\text{—}}$ usf. ist durchschnittlich um so geringer, je mehr Z einerseits den Wert 2 übersteigt, und je mehr es andererseits hinter dem Wert 2 zurückbleibt, d. h. also: es ist im allgemeinen $h_0 < h_1; h_1 < h_2; h_2 > h_3; h_3 > h_4; h_4 > h_5$; usf. Denselben Satz können wir auch so formulieren: Die h -Werte nehmen um so mehr ab, je mehr sich ihre Indices vom Index 2 entfernen.
- e) $\frac{v}{m}$ ist ungefähr gleich 0,5.
- f) Der Maximalwert von Z beträgt zirka 11.

Die Sätze c, d, e, f haben eine gewisse allgemeine Bedeutung für die deutsche Sprache. Die Sätze e und f scheinen überhaupt für das Neuhochdeutsche eine universelle Bedeutung zu haben ¹⁾, wenn auch $\frac{v}{m}$ in den einzelnen Texten schwankend ist und, wie wir sehen werden, gelegentlich ca. 0,3 betragen kann. Die Sätze c und d treffen freilich nur für bestimmte Textgattungen allgemein zu. Hugo Unser, welcher nach den Marbeschen Methoden viele Texte von Goethe untersucht hat, fand nämlich, daß diese Sätze allerdings auch für sein eigenes Material gelten, soweit es sich dabei um Texte handelt, die einen künstlichen Rhythmus aufweisen und den Gattungen der erzählend-beschreibenden Prosa angehören. Er bemerkte jedoch, daß

n Zahlen wieder von dem Mittel subtrahiert und dann aus den so gewonnenen Zahlen wiederum ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen das arithmetische Mittel bildet.

¹⁾ H. Unser, Über den Rhythmus der deutschen Prosa. Freiburger Dissertation. 1906. S. 37 f.

im Gespräch und dem affektvollen Brief Z öfter gleich 1 als gleich 2 ist und daß für diese Textgattungen der Satz gilt: Die h-Werte nehmen um so mehr ab, je mehr sich ihre Indizes vom Index 1 entfernen. Der affektlose Brief nimmt nach Unser eine Mittelstellung zwischen dem affektvollen Brief und der Erzählung ein. Ferner stellte Unser fest, daß m und v in der Erzählung und im affektlosen Brief am größten sind, daß sie dagegen im affektvollen Brief und im Gespräch kleiner sind.

Im folgenden teilen wir zunächst eine Tabelle aus der Arbeit von Marbe mit, die sich auf die ersten (I), die zweiten (II) und die dritten (III) tausend Worte des Rochusfestes und der Harzreise, sowie auf Briefe Goethes und Heines, sowie endlich auf einen Text von Volkelt bezieht. Die Buchstaben M, R und D zeigen an, ob der betreffende Text von Marbe oder von Roetteken oder von Dürr (†) skandiert wurde. Diese Tabelle bezeichnen wir mit A.

A.¹⁾

Text	Autor	m	v	$\frac{v}{m}$
Rochusfest I (M)	Goethe	2,34	1,10	0,47
Rochusfest II (R)	„	2,07	0,88	0,43
Rochusfest III (M)	„	2,24	0,96	0,43
Rochusfest III (R)	„	2,35	1,02	0,43
Brief an Fried. Oeser (M)	„	2,30	1,06	0,46
Rezension (M)	„	2,47	1,14	0,46
Lehrjahre I (M)	„	2,36	1,16	0,49
Lehrjahre II (M)	„	2,22	1,08	0,49
Brief an Schiller (M) . . .	„	2,29	1,15	0,50
Brief an Zelter (D)	„	3,05	1,59	0,52
Harzreise I (M)	Heine	2,84	1,32	0,46
Harzreise II (R)	„	2,36	1,06	0,45
Harzreise III (M)	„	2,73	1,21	0,44
Harzreise III (R)	„	2,62	1,22	0,47
Brief an Steinmann (M) . .	„	2,34	1,06	0,45
Börne I (M)	„	2,76	1,30	0,47
Börne II (M)	„	2,60	1,21	0,47
Brief an Campe (D)	„	3,16	1,53	0,48
Fausts Entwicklungsgang (D)	Volkelt	2,12	0,95	0,45

¹⁾ Übernommen von K. Marbe, Über den Rhythmus der Prosa. Gießen 1904. S. 26.

Dann geben wir unter B eine Tabelle von H. Unser wieder. Jede Zeile dieser Tabelle ist aus einer ganzen Reihe verschiedener Texte von Goethe gewonnen. Unser hat alle seine Texte selbst skandiert.

B. ¹⁾

Texte von Goethe (Mittelwerte).

Textgattung	m	v	$\frac{v}{m}$
Gespräch	1,95	1,10	0,56
Affektvoller Brief	2,00	1,12	0,56
Affektloser Brief	2,42	1,29	0,53
Erzählung	2,46	1,21	0,49

C. ²⁾

Texte von Goethe (Mittelwerte).

	Gespräch	Affektvoller Brief	Affektloser Brief	Erzählung
h_0	37,9	39,5	21,8	14,1
h_1	121,9	106,3	77,3	67,9
h_2	80,0	86,6	76,8	89,4
h_3	57,3	52,7	50,4	56,2
h_4	27,0	27,3	32,9	32,0
h_5	10,3	14,0	17,2	17,1
h_6	4,7	4,1	8,4	7,8
h_7	1,3	2,1	4,5	2,9
h_8	0,4	0,9	1,7	1,1
h_9	0,3	0,1	0,7	0,2
h_{10}	—	0,2	0,5	0,4
h_{11}	—	—	—	0,1

Die Tabellen A und B beziehen sich auf die Größen m, v und ihr gegenseitiges Verhältnis. Die Tabelle C ist wiederum aus der Arbeit von Unser entnommen und bezieht sich nur auf Goethesche Texte.

Marbe hat am Schluß seiner Schrift ³⁾ auf die Wichtigkeit des Studiums des Prosarhythmus für verschiedene Textgattungen hin-

1) Übernommen von H. Unser, a. a. O. S. 30.

2) Übernommen von H. Unser, a. a. O. S. 31.

3) K. Marbe, a. a. O. S. 28 ff.

gewiesen. Unser hat zu dieser von Marbe gestellten Aufgabe wesentliche Beiträge geliefert. Auch die Frage, ob der Prosarhythmus eines Schriftstellers mit dem Fortschritt der Zeit variiert, wurde von Marbe aufgeworfen. Ferner betont er, daß weitere zum Rhythmus der Prosa nach seiner Methode angestellte Untersuchungen auf mancherlei spezielle Fragen Licht werfen können, wie z. B. auf das Problem des Rhythmus der Satzschlüsse. Auch die Frage, wie der natürliche Prosarhythmus mit den in der Poesie üblichen Rhythmen zusammenhängt, könnte seiner Ansicht nach durch solche Untersuchungen gefördert werden. Auch Echtheitsfragen könnte man auf Grund ausgedehnter Untersuchungen dieser Art näher treten. Auch die Verwertung ähnlicher Methoden für fremde Sprachen, für den quantifizierenden und den musikalischen Akzent bespricht er. Auf Grund dieser Anregungen sind, abgesehen von der Arbeit von Unser, viele andere Arbeiten entstanden.

Eggert¹⁾ hat mittels der Marbeschen Rußmethode²⁾ die Sprachmelodie untersucht und Beziehungen hergestellt zwischen dem musikalischen Akzent und dem von Marbe und Unser allein untersuchten sogenannten dynamischen Akzent. Eggert bezeichnet die Gipfel der Melodiekurve als Tongipfel und kam auf experimenteller Grundlage zu den Ergebnissen³⁾:

- a) Jeder Tongipfel, der in größerem Zeitabstand dem vorausgehenden folgt, entspricht einem dynamischen Akzent.
- b) Zu mehreren beieinander liegenden Tongipfeln gehört nur ein dynamischer Akzent.
- c) Die dynamischen Akzente liegen kurz vor den zugehörigen Tongipfeln.

Diese Ergebnisse sind für den Zusammenhang des musikalischen und dynamischen Akzentes sehr wichtig. Wenn man z. B. innerhalb der Kreise der Sprachforscher annimmt⁴⁾, daß der ältere griechische Akzent melodisch, der spätere dynamisch war, so zeigen die Untersuchungen Eggerts, daß der musikalische und der dynamische Akzent trotz ihrer begrifflichen und sachlichen Verschiedenheit doch wesentlich voneinander abhängig sind.

¹⁾ B. Eggert, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 49. 1908. S. 218 ff.

²⁾ Zur Literatur dieser Methode vgl. K. Marbe, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 1. 1913. S. 132.

³⁾ B. Eggert, a. a. O. S. 237.

⁴⁾ Vgl. A. Thumb, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 1. 1913. S. 144.

Nachdem schon Lipsky¹⁾ ähnliche Untersuchungen, wie sie Marbe für das Deutsche und teilweise für das Französische²⁾ mitgeteilt hatte, für die englische Sprache ausgeführt hatte und nachdem er zu dem interessanten Ergebnis gelangt war, daß im allgemeinen den größeren m-Werten eine größere mittlere Silbenzahl, den kleineren m-Werten eine kleinere mittlere Silbenzahl parallel geht, gelangte Kullmann³⁾ zu folgenden Ergebnissen:

- a) Zwischen der Größe der Z-Werte und der Silbenzahl besteht ein Zusammenhang. Je größer das Mittel der Z-Werte ist, desto kleiner ist die Zahl der Einsilber und desto größer ist die mittlere Silbenzahl eines Wortes.
- b) Das Drama hat mehr Einsilber als der Brief, dieser mehr als die Erzählung, und diese mehr als die Abhandlung. Der natürliche Brief steht in seiner Einsilberzahl dem Drama näher, der stilisierte Brief der Erzählung. — Die mittlere Silbenzahl ist im Drama am kleinsten, größer im natürlichen Briefe, noch größer im stilisierten Briefe und in der Erzählung, und am größten in der Abhandlung. — Das Gespräch hat eine größere Zahl von Einsilbern und eine kleinere mittlere Silbenzahl als andere Darstellungsformen.
- c) Gefühlsbetonte Texte haben mehr Einsilber als indifferente. Die mittlere Silbenzahl eines Wortes ist in gefühlsbetonten Texten kleiner als in indifferenter Texten.

Diese Ergebnisse zeigen zunächst, daß zwischen Prosarhythmus und Silbenzahl der Worte bestimmte Beziehungen bestehen und daß man daher auch sagen darf, der ästhetische Eindruck eines Textes sei auch eine Funktion der Silbenzahlen der in ihm vorkommenden Worte. Wir sehen ferner aus den Resultaten Kullmanns, wenn wir sie mit denen Unsers in Verbindung bringen, daß das Gespräch und der natürliche affektvolle Brief zugleich kleinere Z-Werte und durchschnittlich kürzere Worte enthalten als die anderen Textgattungen und daß die Vermutung berechtigt ist, daß die verschiedenen Textgattungen (abgesehen vom Sinn und anderen Faktoren) auch infolge der verschiedenen Silbenzahlen der Worte einen verschiedenen ästhetischen Eindruck machen. Daß gefühlbetonte Texte mehr Einsilber

1) A. Lipsky, Rhythm as a Distinguishing Characteristic of Prose Style. Archives of Psychology. Nr. 4. New York 1907.

2) K. Marbe, a. a. O. S. 33 ff.

3) P. Kullmann, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 54. 1910. S. 310.

enthalten und eine geringere mittlere Silbenzahl aufweisen als indifferent, scheint darauf hinzuweisen, daß sich der Autor bei der Wahl längerer bzw. kürzerer Worte instinktiv von Gefühlswerten beeinflussen läßt.

Der ästhetische Eindruck in seiner Abhängigkeit von den Wortlängen wurde dann von Beer¹⁾ ausführlicher untersucht. Beer erkannte aber auch weiterhin, daß die Lesezeit wesentlich von den Wortlängen abhängig ist und daß von zwei aus gleichviel Silben bestehenden Texten im allgemeinen derjenige langsamer gelesen wird, der mehr Einsilber bzw. durchschnittlich kürzere Worte enthält. Der ästhetische Eindruck gelesener Texte erweist sich somit auch als eine Funktion der Lesegeschwindigkeit.

Beer weist zunächst darauf hin, daß der Anfang der lutherischen Bibelübersetzung einen erhabeneren Eindruck mache als der Anfang der Bibelübersetzung von Kautzsch. Statistische Untersuchungen ergaben nun, daß jene viel langsamer gelesen wird als diese, daß aber auch die Zahl der Einsilber bei Luther größer ist als bei Kautzsch und daß die mittlere Silbenzahl bei Luther kleiner ist als bei Kautzsch. Dies ergibt sich aus folgender Tabelle, die sich auf die 100 ersten Silben beider Übersetzungen bezieht.

	Einsilber in %	Mittlere Silben- zahl	Lesezeiten von				
			Frau Dr. Koffka	Dr. Koffka	Beer	Reuss 1. Lesung	Reuss 2. Lesung
Luther . . .	43,90	1,04	18,22	23,37	14,53	24,09	23,29
Kautzsch . .	39,20	1,53	15,28	18,90	10,77	21,63	19,90

Folgende ganz analog gewonnene und gebaute Tabelle (S. 52) bezieht sich auf den Anfang des Johannisevangeliums in den Übersetzungen von Luther und Weizsäcker. Sie lehrt analog wie die vorige Tabelle den inneren Zusammenhang zwischen Einsilberzahl, mittlerer Silbenzahl und Lesezeit. Alle Texte wurden den Versuchspersonen natürlich in gleicher (Schreibmaschinen-) Schrift vorgelegt.

Beer zeigte, daß die Lesezeit vom „Sinnwert“ der Worte abhängt und daß kürzere Worte deshalb langsamer gelesen werden, weil im allgemeinen die Häufung von Einsilbern resp. die Abnahme

¹⁾ M. Beer, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 56. 1910. S. 264 ff.

der mittleren Silbenzahl mit einer Häufung von Sinnwerten parallel geht. Die Lesezeit richtet sich also nicht nach der Größe der Worte und der Silbenzahl, sondern nach der Anzahl der Sinnwerte dieser Worte.

	Einsilber in %	Mittlere Silben- zahl	Lesezeiten von				
			Frau Dr. Koffka	Dr. Koffka	Beer	Reuss 1. Lesung	Reuss 2. Lesung
Luther . .	64,12	1,46	18,92	23,48	14,16	23,23	23,13
Weizsäcker .	69,37	1,41	19,35	23,75	14,38	25,05	23,24

Im Verlauf von weiteren Untersuchungen kam Beer noch zu folgenden Resultaten:

- a) Das Kleinerwerden der Z-Werte, dem eine Abnahme der mittleren Silbenzahl parallel geht, verlängert die Lesezeit.
- b) Häufung von Einsilbern, resp. Abnahme der mittleren Silbenzahl, übt in der Poesie keinen Einfluß auf die Lesezeit aus; die Lesezeit bleibt vielmehr konstant, wenn die Z-Werte konstant sind.
- c) Die Häufung von Einsilbern, resp. Abnahme der mittleren Silbenzahl, geht zwar in der Prosa parallel mit einer Häufung von Sinnwerten. Die Häufung von Einsilbern, resp. Abnahme der mittleren Silbenzahl, hat aber in der Poesie keine Häufung von Sinnwerten zur Folge; die Konstanz der Z-Werte in der Poesie bedingt vielmehr Gleichmäßigkeit in der Verteilung der Sinnwerte.

Wir sehen also aus den Arbeiten von Kullmann und Beer, daß Gefühlsbetonung, Silbenzahl der Worte, Sinnwerte, Rhythmus und Lesezeit miteinander im Zusammenhang stehen und daß sie somit alle als Bedingungen des ästhetischen Eindrucks aufgefaßt werden können. Von besonderem Interesse sind die Beerschen Ergebnisse, daß Häufung von Einsilbern und Silbenzahl in der Poesie keinen Einfluß auf die Lesegeschwindigkeit ausüben und daß in der Poesie auch Häufung von Einsilbern in keinem Zusammenhang mit der Sinnwertigkeit zu stehen scheint. Diese Ergebnisse legen manche für die Poetik wichtige Fragen nahe, die jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht werden sollen.

Prandtl¹⁾ konnte trotz eines vielleicht etwas zu sehr beschränkten Versuchsmaterials zeigen, daß ernste Texte langsamer gelesen werden als heitere und daß sie gleichzeitig durchschnittlich eine kürzere Wortlänge und eine größere Anzahl betonter Silben und beim Lesen mehr und längere Sprechpausen aufweisen als heitere Texte. Analog wie die ernsten Texte scheinen sich diejenigen zu verhalten, welche den Eindruck der Bewegung machen; analog wie die heiteren diejenigen, welche den Eindruck der Ruhe machen. Letztere scheinen also durchschnittlich schneller gelesen zu werden als jene. Sehr interessant ist Prandtls Ergebnis, daß eine Versuchsperson einen bestimmten Text schneller liest, wenn man ihr suggeriert, er sei heiter, als wenn man ihr suggeriert, er sei ernst.

Todoroff²⁾ hat Grenzgebiete zwischen Poetik und Musiktheorie bearbeitet. Er hat sich mit der Frage beschäftigt, inwiefern die rhythmischen Tatsachen der Sprache bei der Komposition von Texten in Betracht kommen, und gezeigt, daß die Komponisten gewissen Tatsachen der Sprache unwillkürlich Rechnung tragen. Abgesehen von einer Reihe von Ergebnissen, die mehr für die Theorie der Musik Interesse haben, kam er zu folgenden Resultaten:

- a) Es besteht eine Beziehung zwischen Versrhythmus und relativer Tondauer: die mittlere Tondauer der betonten Silben ist stets größer als die mittlere Tondauer der unbetonten Silben.
- b) Auch in den Kompositionen von Prosatexten haben die betonten Silben eine längere mittlere Tondauer als die unbetonten Silben.
- c) In den Kompositionen von Prosatexten entspricht den einsilbigen Wörtern meistens im Durchschnitt eine längere Tondauer als der einzelnen Silbe im mehrsilbigen Worte.
- d) Die betonten Silben der Lieder haben meist eine größere mittlere Tonhöhe als die unbetonten Silben.
- e) In den Kompositionen von Prosatexten haben die betonten Silben fast stets eine größere Tonhöhe als die unbetonten Silben.

Wir sehen hieraus, daß der Komponist unwillkürlich den Tatsachen des dynamischen Akzentes in der Sprache und dem Umstand, daß kurze Worte relativ lang gesprochen werden, gerecht wird. Be-

¹⁾ A. Prandtl, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 60. 1912. S. 26 ff.

²⁾ K. Todoroff, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 63. 1913. S. 401 ff.

tonte Silben der Sprache werden auch in der Musik betont, sei es durch relativ lange, sei es durch relativ hohe Klänge. Die einsilbigen Worte, die länger ausgesprochen werden als die Silben mehrsilbiger Worte, werden vom Komponisten instinktiv auch durch längere Noten vertont.

Während in den bisherigen Arbeiten, die sich an Marbes Schrift anschlossen, das ästhetisch-psychologische Interesse überwog, hat der Sprachforscher A. Thumb¹⁾ neuerdings eine Untersuchung publiziert, durch die er unter Anwendung von Marbes Methoden besonders die Sprachwissenschaft und Philologie zu fördern beabsichtigte. Thumb untersuchte den dynamischen Rhythmus und nach einer neuen bisher nicht verwendeten Methode auch den musikalischen Akzent griechischer Texte. Er leitete dann eine Reihe von Sätzen ab, die sich auf den Rhythmus der griechischen Sprache im allgemeinen, sowie auf Platon, Xenophon, Demosthenes und das neue Testament im besonderen beziehen. Diese Ergebnisse sind in der vorliegenden Zeitschrift im einzelnen zusammengestellt²⁾ und sollen daher hier nicht wiederholt werden. Freilich muß es einstweilen offen gelassen werden, ob Thumbs Ansichten in allen Stücken aufrecht erhalten werden können, da das von ihm benützte Material noch erweitert werden muß. Diese Auffassung seiner Ergebnisse liegt ganz im Sinne Thumbs, der selbst sagt³⁾: „Wir haben im Flug einige Entwicklungsformen der griechischen Prosa auf Rhythmus und Modulation durchmustert. Unsere Beobachtungen können natürlich nur einen vorläufigen, heuristischen Wert haben.“

§ 3. ZUR CHARAKTERISTIK DER BESPROCHENEN UNTERSUCHUNGEN.

Wir haben hier eine Reihe von Arbeiten vor uns, die in ästhetischer und auch in vielfacher anderer Hinsicht wichtige Eigentümlichkeiten von Schriftwerken nach wissenschaftlich einwandfreien Methoden untersuchen. Alle diese Arbeiten können als statistische bezeichnet werden.

¹⁾ A. Thumb, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. I. 1913. S. 139 ff.

²⁾ A. Thumb, a. a. O. S. 166 ff.

³⁾ A. Thumb, a. a. O. S. 168.

Diese Untersuchungen unterscheiden sich wesentlich von denen der Sieversschen Schule. Während Sievers¹⁾ seine Schlüsse bloß auf den subjektiven Eindruck gründet, werden hier auch die Objekte des ästhetischen Genusses systematisch untersucht. Die besprochenen Arbeiten unterscheiden sich aber auch wesentlich von den üblichen statistischen Untersuchungen der sogenannten philologischen Klauseltheoretiker²⁾. Es liegt durchaus im Sinne von Marbe, daß nicht etwa einzelne Stellen, sondern der ganze Text, über den man Aussagen machen will, statistisch untersucht wird. Auch in den Seminarübungen, die ich bei Herrn Professor Marbe besuchte, betonte er immer wieder, daß der einzige richtige Weg zur Erforschung des Rhythmus von Satzschlüssen und überhaupt zur Erforschung spezieller Tatsachen des Rhythmus darin besteht, daß man zunächst den allgemeinen Rhythmus des Schriftwerkes untersucht. Dann erst könne man an die Frage herantreten, ob bestimmte Teile des Werkes, wie z. B. die Satzschlüsse, einen speziellen Rhythmus aufweisen. Auch könne man natürlich über den speziellen Rhythmus eines Schriftstellers und über verwandte Fragen nur fruchtbare statistische Untersuchungen anstellen, wenn man über die allgemeinen Tatsachen des Rhythmus der betreffenden Sprache Bescheid wisse.

So selbstverständlich eigentlich solche Regeln sind, so unumgänglich notwendig ist es, daß dieselben immer wieder betont werden. Dies sieht man z. B. aus dem berühmten Schlußgesetz von Wilhelm Meyer aus Speyer, von dem Litzi³⁾ nachwies, daß die mittelgriechische Sprache an sich so beschaffen ist, daß sie von selbst in ungefähr 80% der Satzschlüsse das Meyersche Gesetz ergibt³⁾. Auch Thumb steht ganz und gar auf dem von Marbe verteidigten Standpunkt, der ja auch in statistisch-methodologischer Hinsicht nur selbstverständlich ist. Was würde man wohl sagen, wenn ein Statistiker die Sterblichkeit der Kinder in einer Stadt auf Grund einer statistischen Untersuchung für sehr hoch ansehen würde, die sich nur auf die gestorbenen Kinder in dieser Stadt, nicht aber auch auf die an anderen Orten erstreckte? Ganz analog wie dieser Statistiker verfahren aber diejenigen, welche sich über die rhythmischen Eigentümlichkeiten von Satzschlüssen äußern, ohne den immanenten Rhythmus der fraglichen Texte überhaupt zu untersuchen. Es ist unverständlich, wie trotz

1) E. Sievers im Bericht über den Kongreß für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft in Berlin 1913. Stuttgart 1914. S. 456 ff.

2) Vgl. A. Thumb, a. a. O. S. 141 ff.

3) Vgl. A. Thumb, a. a. O. S. 143.

Thumb und Marbe dieser Standpunkt erst neuerlich noch von Münscher verteidigt werden konnte ¹⁾.

Ganz selbstverständlich ist es auch aus Gründen der statistischen Methodik, daß man aus der Übereinstimmung des Rhythmus (oder gar des Rhythmus der Satzschlüsse) in verschiedenen Texten nur dann darauf schließen kann, daß die Texte historisch gleichzeitig sind, wenn man auf Grund anderer Untersuchungen weiß, daß die Texte, falls sie in verschiedene Zeiträume fielen, rhythmisch verschieden wären. Die Vernachlässigung dieser Tatsache erklärt es leicht, wenn M. Tangl in der Vorrede zu der von Breßlau aufgefundenen Vita des Bischofs Benno II. zu einem vernichtenden Resultat über die Ergebnisse der statistischen Untersuchung des Satzschlusses gelangt. Er sagt ²⁾: „Während für Philippi und Scheffer-Boichorst, für jeden an anderer Stelle, erfreuliche Genugtuung aus dem neuen Text abfiel, brachte er Paul von Winterfeld nur schwere Enttäuschung. Die Lehre vom Satzschluß, wie er sie vertrat, hatte hier die Prüfung, ein zuverlässiges Erkenntnismittel von Ephemem und Falschem zu sein, nicht bestanden. Er hatte dort volle Einheitlichkeit des Satzschlusses und damit, wie er weiter urteilte, der Sprache überhaupt erweisen zu können geglaubt, wo fast in jedem Kapitel Worte und Sätze aus dem 11. und dem 17. Jahrhundert nebeneinander standen.“

§ 4. ZWECK DER EIGENEN UNTERSUCHUNGEN.

Meine eigenen Untersuchungen beziehen sich auf eine Schrift von Hülsen, „Natur-Betrachtungen auf einer Reise durch die Schweiz“ ³⁾, und auf die „Monologen“ Schleiermachers. August Ludwig Hülsen (1765—1810) ist als philosophischer Schriftsteller hervorgetreten.

Diese Texte wurden gewählt, da sie seinerzeit in rhythmischer Beziehung viel Interesse erregten. Friedrich Schlegel, Dorothea

¹⁾ K. Münscher, Berliner Philologische Wochenschrift. 35. Jahrgang. Nr. 15. 1915. S. 466.

²⁾ Das Leben des Bischofs Benno II. von Osnabrück von Norbert Abt von Iburg, übersetzt von M. Tangl. (Die Geschichtsschreiber der deutschen Vorzeit. Bd. 91.) Leipzig, ohne Jahreszahl. S. XVII.

³⁾ Athenaeum. Dritten Bandes Erstes Stück. 1800. S. 34 ff.

Schlegel und Brinkmann ¹⁾ haben sich über den ihnen eigentümlich scheinenden Rhythmus dieser Texte geäußert. Schleiermacher selbst hat sich über den Rhythmus seiner Monologen ausgesprochen. Niemand von diesen Personen hat aber den Rhythmus dieser Schriften genauer untersucht. Meine nach den Methoden Marbes ausgeführte Prüfung des Rhythmus sollte zeigen, inwieweit die Mitteilungen dieser Autoren zutreffend sind und inwieweit sie zu berichtigen sind. Sie sollen also nachweisen, inwieweit eine richtige rhythmische Beurteilung eines Textes ohne Statistik möglich ist. Sie liefern somit einen Beitrag zur Lehre vom ästhetischen Eindruck, soweit derselbe auf rhythmischen Tatsachen beruht. Sie können aber zugleich auch als Beiträge zum Stil Hülsens und Schleiermachers gelten. Denn wie wir sahen, ist ja auch der Rhythmus eine wesentliche Komponente des Stils. Wir werden nun im folgenden Paragraphen die Äußerungen über den Rhythmus der erwähnten Schriften von Hülsen und Schleiermacher zusammenstellen. Dann werden wir (§ 6) die technische Frage aufwerfen, ob die Untersuchung des Rhythmus auf die sorgfältige Skandierung durch eine einzige Person basiert werden darf; es wird sich zeigen, daß diese Frage zu bejahen ist. Dann werden wir (§§ 7, 8, 9) die Ergebnisse unserer statistischen Untersuchungen mitteilen. Schließlich (§ 10) werden wir die wichtigsten Resultate dieser Arbeit zusammenfassen.

§ 5. BEMERKUNGEN VON FRIEDRICH SCHLEGEL, DOROTHEA SCHLEGEL, BRINKMANN UND SCHLEIERMAGHER ÜBER DEN RHYTHMUS IN HÜLSENS „NATUR-BETRACHTUNGEN AUF EINER REISE DURCH DIE SCHWEIZ“ UND SCHLEIERMACHERS „MONOLOGEN“.

Friedrich Schlegel sagt in einem Brief ²⁾ an Schleiermacher vom 2. März 1799:

„Für Dich hat vielleicht jetzt die letzte Abhandlung von Hülsen ³⁾

¹⁾ K. G. von Brinckmann (Brinckman, Brinkmann, Brinkman), Diplomat und Schriftsteller. 1764—1847. Vgl. Allgemeine Deutsche Biographie. 47. Band. Leipzig 1903. S. 236 ff. Vgl. auch R. Haym, Die romantische Schule. Berlin 1870 an den im Register verzeichneten Stellen.

²⁾ Aus Schleiermachers Leben in Briefen. Herausgegeben von W. Dilthey. Bd. 3. Berlin 1861. S. 102.

³⁾ Gemeint ist Hülsens Abhandlung „Über die natürliche Gleichheit des Menschen“ im Athenaeum Bd. 2. Heft 1. 1799. S. 152 ff.

den meisten Reiz. Es ist viel Religion darin und fast noch mehr in den Naturbetrachtungen bey einer Reise durch die Schweiz¹⁾, die er mir kürzlich geschickt und über die ich große Freude gehabt habe. Es ist das sonderbarste eigenste und heiligste was ich seit langer Zeit gelesen habe. Die gute Hälfte in Versen, oft zwey Hexameter nach einander, doch so daß man sieht, sie sind von ungefähr da. Und fangen an mit derselben Würde und Pracht wie sie schließen und gehen, ohne Steigerung ohne Wechsel und ohne Ende.“

Ferner schreibt Friedrich Schlegel in einem Brief²⁾ an Schleiermacher vom 2. Juni 1800:

„Die Monologen³⁾ habe ich im Numerus nicht so jambisch gefunden wie Brinkmann. Ich bemerke daß jetzt, da der Numerus und Prosa anfangen zu entstehen, zwey sehr verschiedene Tendenzen darin sichtbar sind, die hexametrische und die jambische. Das große Übergewicht der ersten Tendenz bei Hülsen ist Dir gewiß auch aufgefallen, wir haben ja schon so oft davon gesprochen. Ritter⁴⁾ schreibt, wenn er sich regen und schwingen will, reine Jamben. So auch manches von mir. Auch bei Dir glaubte ich sonst diese Tendenz überwiegend. Doch waren vielleicht ursprünglich schon beyde da; in den Monologen haben mich die weit häufigeren hexametrischen Sätze oft an Hülsen erinnert. Ich finde den Numerus durchaus angemessen und schön.“

In einem Brief von Dorothea Schlegel⁵⁾ an Schleiermacher vom 2. Juni 1800 findet sich folgende Stelle:

„Brinkmann ist ganz meiner Meynung, was die Jamben (in den Monologen)⁶⁾ betrifft. Neulich vergaß ich es Ihnen nur zu schreiben, daß ich glaube Sie haben ganz unrecht zu glauben Sie könnten keine Verse machen. Sie stehen dicht davor und können nur à toute jambe in die Jamben hineinspringen, so sind Sie darin. Mich hat es gleich frappiert, daß so wie Hülsens Naturbetrachtungen Hexameter ohne Absatz sind, so sind die Monologen Jamben ohne Absatz.“

¹⁾ Athenaeum. Dritten Bandes Erstes Stück. 1800. S. 34 ff.

²⁾ Aus Schleiermachers Loben in Briefen. Herausgegeben von W. Dilthey. Bd. 3. Berlin 1861. S. 180 f.

³⁾ Monologen. Eine Neujahrgabe. Berlin 1800.

⁴⁾ J. W. Ritter, Physiker und Naturphilosoph. 1776–1810. Vgl. Allgemeine Deutsche Biographie. 28. Bd. Leipzig 1889. S. 675 ff. Vgl. auch R. Haym, Die romantische Schule. Berlin 1870 an den im Register verzeichneten Stellen.

⁵⁾ Aus Schleiermachers Leben in Briefen. Herausgegeben von W. Dilthey. Band 3. Berlin 1861. S. 180.

⁶⁾ Sinngemäßer Zusatz des Verfassers vorliegender Arbeit.

Schleiermacher selbst spricht sich über den Rhythmus seiner Monologen in einem Briefe ¹⁾ an Brinkmann vom 27. Mai 1800 folgendermaßen aus:

„Mit dem Rhythmus ist es, je nachdem Du es nimmst, ärger oder auch nicht so arg als Du denkst. Ärger, insofern ich wirklich gewollt habe, was Du für schlecht erkennst; nicht so arg, inwiefern die Bewußtlosigkeit doch eigentlich das Ärgste ist. Ich wollte ein bestimmtes Silbenmaß überall durchklingen lassen: im zweiten und vierten Monolog den Jamben allein, im fünften den Daktylus und Anapäst, und im ersten und dritten hatte ich mir etwas Zusammengesetzteres gedacht, worüber ich Dir jezt, weil das Buch nicht zur Hand ist, keine genauere Rechenschaft geben kann. Das gestehe ich Dir aber gern, daß der Jambe stärker gewesen ist als ich, und sich im zweiten und vierten Monolog etwas unbändig aufführt.“

Aus diesem Material gelangen wir zu folgenden Resultaten:

1. Nach Friedrich Schlegel ist die Abhandlung Hülsens zur guten Hälfte in Versen geschrieben. Sie enthält oft zwei Hexameter nacheinander, doch so, daß man sieht, daß sie von ungefähr da sind.
2. Nach Brinkmann haben die Monologen jambische Tendenz.
3. Friedrich Schlegel hält die Monologen nicht für spezifisch jambisch und meint, die häufigen hexametrischen Sätze erinnerten an Hülsen.
4. Nach Dorothea Schlegel haben die Monologen jambische, die Schrift Hülsens hexametrische Tendenz.
5. Schleiermacher wollte im zweiten und vierten Monolog den Jambus allein, im fünften den Daktylus und Anapäst durchklingen lassen; im ersten und dritten hatte er sich etwas Zusammengesetztes gedacht.

§ 6. GENÜGT ES, WENN EINE EINZIGE PERSON EINEN TEXT SORGFÄLTIG SKANDIERT?

Sowohl bei dem Hülsenschen Text als auch bei den Monologen Schleiermachers habe ich allein die Akzente angebracht. Ich verfuhr hier ganz wie Unser, der auch die von ihm untersuchten Goetheschen Texte selbst skandiert hat. Daß dieses Verfahren zu-

¹⁾ Aus Schleiermachers Leben in Briefen. Herausgegeben von W. Dilthey. Band 4. Berlin 1863. S. 67.

lässig sei, ergibt sich schon aus der Schrift von Marbe, der hinsichtlich Goethe und Heine zu übereinstimmenden Resultaten gelangte, gleichviel ob er selbst oder sein Mitarbeiter Professor Roetteken skandiert hatte. Es ergibt sich auch aus den Arbeiten Marbes und Unsers. Denn Marbe und seine Mitarbeiter (Roetteken, Dürr) kamen im Gebiet der deutschen Sprache zu Ergebnissen, die unter sich und (soweit es der Sache nach möglich war) auch mit Unsers Resultaten übereinstimmten. Immerhin schien es mir wünschenswert, festzustellen, in welchem Maße denn verschiedene Akzente auftreten, wenn verschiedene Personen den gleichen Text sorgfältig skandieren. Ich ersuchte daher zwei meiner Kollegen aus den ästhetischen Seminarübungen (die Herren Hundertmark und Hupp), den Anfang des ersten Monologes von Schleiermacher zu skandieren. Sie benützten beide (wie auch ich selbst zur Skandierung aller Monologe) die Ausgabe in Reclams Universalbibliothek. Ich lasse nun den skandierten Text folgen: Mit ' habe ich die Silben bezeichnet, die von uns allen skandiert wurden, mit H sind die Silben bezeichnet, die nur von Herrn Hundertmark, mit P diejenigen Silben, die nur von Herrn Hupp, und mit G diejenigen, die nur von mir skandiert wurden. Der Leser wird aus dem Text auch den Eindruck gewinnen müssen, daß die gemeinsamen Akzente auch ihm durchaus annehmbar erscheinen und daß sich eine Bemerkung Marbes bestätigt, der im Hinblick auf einen von ihm selbst und Professor Roetteken skandierten Text sagt ¹⁾: „Dabei zeigten sich einzelne Verschiedenheiten zwischen beiden Akzentuierungen, die offenbar mit den verschiedenen Dialekten... zusammenhängen... Andere Verschiedenheiten resultierten, wie eine Aussprache zwischen Herrn Professor Roetteken und mir zeigte, einfach aus verschiedenen Auffassungen des Textes, wieder andere, welche gleichfalls nicht mit den verschiedenen Dialekten zusammenhängen, waren derart, daß jeder von uns beiden die Akzentuierung des anderen als mit der seinigen gleichwertig ansah. Zu der Erkenntnis, daß abgesehen vom Einfluß des Dialektes für die Roettekensche Akzentuierung gewisse Grundsätze und wieder andere für die meinige maßgebend seien, konnte ich nicht vordringen.“

Auch die äußere Welt, mit ihren ewigen Gesetzen wie mit ihren flüchtigsten Erscheinungen, strahlt in tausend zarten und erhabenen Bildern gleich einem

¹⁾ K. Marbe, Über den Rhythmus der Prosa. S. 16.

Zauberspiegel unseres Wesens Höchstes und Innerstes auf uns zurück. Welche aber den lauten Aufforderungen ihres tiefen Gefühles nicht gehorchen, welche die leisen Seufzer des gemäßhandelten Geistes nicht vernehmen, an diesen gehen auch die wohlthätigen Bilder verloren, deren sanfter Reiz den stumpfen Sinn schärfen soll und spielend belehren. Selbst von dem, was der eigene Verstand erdacht hat, und immer wieder hervorbringen muß, mißverstehen sie die wahre Deutung und die innerste Absicht. So durchschneiden wir die unendliche Linie der Zeit in gleichen Entfernungen, an oft nur willkürlich durch den leichtesten Schein bestimmten Punkten, die für das Leben, weil alles abgemessene Schritte verschmäh't, ganz gleichgültig sind, und nach denen nichts sich richten will, weder das Gebäude unserer Werke, noch der Kranz unserer Empfindungen, noch das Spiel unserer Schicksale: und dennoch meinen wir mit diesen Abschnitten etwas mehr als eine Erleichterung für den Zahlenbewahrer, oder ein Kleinod für den Chronologen; bei jedem vielmehr knüpft sich daran unvermeidlich der ernste Gedanke, daß eine Teilung des Lebens möglich sei. Aber wenige dringen ein in die tief sinnige Allegorie, und verstehen den Sinn der vielfach wiederkehrenden Aufforderung. Der Mensch kenne nichts als sein Dasein in der Zeit, und dessen gleitenden Wandel hinab von der sonnigen Höhe des Genusses in die fürchtbare Nacht der Vernichtung; Vorstellung und Empfindung auseinander entwickelnd und ineinander verschlingend, so meinen sie, ziehe eine unsichtbare Hand den Faden seines Lebens fort, und drehe ihn jetzt löser, jetzt fester zusammen, und weiter sei nichts. Je schneller seiner Gedanken und Empfindungen Folge, je reicher ihr Wechsel, je harmonischer und inniger ihre Verbindung, desto herrlicher sei das bedeutende Kunstwerk des Daseins vollendet; und wer noch überdies seinen ganzen Zusammenhang mechanisch erklären und auch die geheimsten Springfedern dieses Spiels aufzeigen könne, der stände auf dem Gipfel der Menschheit und des Selbstverständnisses. So nehmen sie das zurückgeworfene Bild ihrer Tätigkeit für ihr eigentliches Tun, die äußeren Berührungspunkte ihrer Kraft mit dem, was nicht

^P sie ist für ihr innerstes Wesen, die Atmosphäre für die Welt selbst, um welche sie sich gebildet hat. Wie wollten Solche die Aufforderung verstehen, welche in jener Handlung liegt, der sie nur gedankenlos zusehn! Der ^H Punkt, der eine Linie durchschneidet, ist nicht ein Teil von ihr, er bezieht sich auf das Unendliche ebenso ^G eigentlich und unmittelbar, als auf sie; und ^G überall in ihr kannst du einen solchen Punkt setzen. So auch der Moment, in welchem du die Bahn des Lebens teilst, soll selbst kein Teil des zeitlichen Lebens sein; anders soll er sich erzeugen und gestalten, um dir ein unmittelbares Bewußtsein von deinen Beziehungen mit dem ^G Ewigen und Unendlichen zu errögen; und ^G überall, wo du willst, kannst du so den Ström des zeitlichen Lebens hemmen und durchschneiden. Darum erfreue ich mich als einer bedeutungsvollen Mahnung an das Göttliche in mir der schönen Einladung zu einem unsterblichen Dasein außerhalb des Gebietes der Zeit, und freigesprochen von ihrem Gesetz!

Die Auszählung dieses Textes führte zu folgendem Ergebnis:

Die Anzahl der	gemeinsamen Akzente beträgt:	247
der von Hundertmark allein angebrachten	„ „	: 4
„ „ Hupp	„ „ „	: 5
„ „ mir selbst	„ „ „	: 7

Man sieht hieraus deutlich, daß die individuelle Verschiedenheit bei der sorgfältigen Akzentuierung eines und desselben Textes praktisch gesprochen verschwindend klein ist und daß es daher durchaus genügt, wenn eine einzige Person den Text sorgfältig skandiert.

§ 7. ÜBER DEN RHYTHMUS BEI HÜLSEN UND SCHLEIERMACHER.

Zur Skandierung der Schrift von Hülsen benutzte ich die Originalausgabe ¹⁾. Die Monologen wurden, wie schon erwähnt, in der Ausgabe von Reclams Universalbibliothek skandiert. Die Vorrede in den Monologen und die Überschriften in beiden Werken wurden nicht mitskandiert.

¹⁾ Athenaeum. Dritten Bandes Erstes Stück. 1800. S. 34 ff.

Wir sehen, daß der mit I bezeichnete Rhythmus fünf Z-Werte, die gleich 1 sind, enthält. Er kann also offenbar als jambischer bezeichnet werden als der Rhythmus II, der überhaupt keine Z-Werte gleich 1 enthält. Und der Rhythmus II kann deshalb als daktylischer angesehen werden als I, weil er fünf Z-Werte von der Größe 2 aufweist. Trotzdem ist m für I gleich 1,83 und m für II gleich 1,43. Wir sehen hieraus, daß die Größe von m nicht unbedingt entscheidend ist für das Versmaß. Doch wird man wegen der großen Seltenheit von Z-Werten, die wie in unseren obigen Beispielen gleich 0 oder gleich 6 sind, Fälle, wie die in I und II mitgeteilten, als Ausnahmefälle betrachten müssen. Man wird deshalb im allgemeinen trotzdem aus den Mittelwerten m , wenn sie aus einem sehr großen Material gewonnen sind, gewisse Schlüsse auf das Versmaß ziehen dürfen. Allerdings ist die Betrachtung der h -Werte ein weit besseres Kriterium.

Um der Frage, ob der Text von Hülsen daktylische Tendenz zeigt, noch näher zu treten, können wir unsere Resultate mit denen von Unser zusammenstellen, der bei seinen Untersuchungen verschiedenster Goethescher Texte für die natürliche Prosa den mittleren m -Wert 1,97 und für die künstliche Prosa den mittleren m -Wert 2,44 fand, und weiterhin mit der oben angeführten Tabelle von Marbe, die sich auf Goethesche, Heinesche und einen Volkeltischen Text bezieht und den mittleren m -Wert von 2,48 ergibt. Da der Mittelwert der eben mitgeteilten auf Hülsen bezüglichen Tabelle gleich 2,16 ist, so kommen wir zu dem Ergebnis, daß der Hülsensche Text allerdings weniger daktylisch zu sein scheint als die von Unser untersuchten auf Gespräche und affektvolle Briefe Goethes bezüglichen Texte, die Unser als natürliche Prosa bezeichnet. Wir sehen aber auch, daß der Hülsensche Text dem Daktylus viel näher zu stehen scheint als die von Unser untersuchte künstliche Prosa Goethes (affektlose Briefe, Erzählungen) und als der durchschnittliche m -Wert der von Marbe geprüften Texte.

Wir können diesen Tatbestand auch so ausdrücken: m steht dem Wert 2,00 in der Schrift von Hülsen zwar nicht so nahe als in der natürlichen Prosa, aber doch näher als die durchschnittlichen m -Werte in der künstlichen Prosa. Hiernach scheint sich die Ansicht von einem spezifisch daktylischen und also auch hexametrischen Charakter der Hülsenschen Schrift halten zu lassen.

Mit dieser Ansicht stimmt es auch überein, daß der Fall, in dem $Z = 2$ ist, in dem Hülsenschen Text durchschnittlich sichtlich häufiger ist als die Fälle, in denen Z durchschnittlich kleiner oder größer als 2 ist. Dies ergibt sich aus folgender Tabelle der h -Werte.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX ¹⁾	Summe
h_0	1	3	8	4	6	3	9	6	11	51
h_1	59	61	83	71	71	97	64	73	53	632
h_2	140	138	145	115	143	164	159	145	93	1242
h_3	69	61	58	71	54	48	64	56	31	512
h_4	21	35	26	29	25	18	17	25	11	207
h_5	6	4	3	8	11	2	4	8	6	52
h_6	6	1	1	4	2	2	2	1	1	20
h_7	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2

Die daktylische Tendenz des Hülsenschen Textes ergibt sich endlich auch daraus, daß h_2 hier größer ist als in allen bisher von Marbe und Unser untersuchten Texten. Wenn wir den h_2 -Wert 93 für 622 Silben nach Analogie der bekannten Promillrechnung²⁾ mit $\frac{1000}{622}$ multiplizieren, so gelangen wir für das neunte Tausend zu einem h_2 -Wert, den wir mit unseren eigenen und auch mit allen h_2 -Werten von Marbe und Unser vergleichen können. Dieser Wert beträgt: 149,52.

Es ergibt sich dann, daß jeder einzelne von unseren neun h_2 -Werten

140; 138; 145; 115; 143; 164; 159; 145; 149,52

größer ist als jeder beliebige auf tausend Silben bezogene h_2 -Wert der von Marbe und Unser untersuchten äußerst verschiedenen Texte von Goethe, Heine und Volkelt. Hiernach wird man zweifellos der Schrift von Hülsen eine hexametrische Tendenz insofern beilegen können, als in ihr daktylische Formen relativ häufig sind.

Unsere Untersuchung hat somit die Ansicht von Dorothea Schlegel, daß die Schrift Hülsens hexametrische Tendenz habe, bestätigt. Wenn Friedrich Schlegel sagt, die Abhandlung Hülsens sei zur guten Hälfte in Versen geschrieben und sie enthalte oft zwei Hexameter nacheinander, so muß zugegeben werden, daß die Lektüre der Auffassung Schlegels durchaus recht zu geben scheint. Unsere Untersuchungen zeigen jedoch, daß nicht eigentlich von einem hexametrischen Bau, sondern nur von einer hexametrischen Tendenz der

1) 622 Silben. Bei I—VIII handelt es sich, wie im Text erwähnt, immer um 1000 Silben.

2) Vgl. Marbe, a. a. O. S. 11. Dasselbe Verfahren wendete Unser an. Vgl. a. a. O. S. 18.

Schrift die Rede sein kann. Schon daß, wie die obige Tabelle lehrt, in $512 + 207 + 52 + 20 + 2 = 793$ Fällen Z größer als 2 ist, widerspricht der Auffassung vom spezifisch hexametrischen Bau der Schrift. Der poetische Rhythmus findet eben bei der Prosa einen Antagonismus im immanenten Rhythmus der deutschen Sprache.

Wir wenden uns nun zur Behandlung der Monologe von Schleiermacher. Alle fünf Monologe wurden ganz genau in derselben Weise wie der Hülsensche Text behandelt. Doch genügt es einstweilen, eine auf alle einzelnen Monologe bezügliche mehr summarische Tabelle hierher zu setzen. Die durchschnittlichen m - und h -Werte für die einzelnen Monologe, die ich in derselben mitteile, sind Mittelwerte, die an der Hand der fraktionierenden Behandlung nach dem Muster der oben vorgeführten Behandlung des Hülsenschen Textes gewonnen wurden. Die h -Werte sind wiederum jeweils mittels Promillrechnung auf tausend Silben reduziert.

	1. Monolog	2. Monolog	3. Monolog	4. Monolog	5. Monolog
m	2,51	2,16	2,20	2,23	2,13
h_0	7,2	8,9	7,9	7,6	15,2
h_1	72,8	108,0	102,2	98,3	80,7
h_2	69,7	85,1	86,5	85,2	126,1
h_3	78,7	75,7	71,8	76,0	59,7
h_4	29,1	22,7	27,8	25,6	24,5
h_5	16,8	10,9	9,9	10,0	9,1
h_6	6,2	3,5	4,0	5,3	3,2
h_7	2,6	0,9	1,4	0,5	0,4
h_8	0,7	0,3	—	0,1	—
h_9	0,2	—	—	0,1	—

Wir sehen aus dieser Tabelle, daß m in den Monologen nicht prinzipiell verschieden ist von dem mittleren m -Wert (2,16), den wir für die Schrift Hülsens fanden. Doch sind die m -Werte der Monologe, wie die vorhergehende Tabelle zeigt, im allgemeinen eher größer als kleiner wie der m -Wert 2,16 für Hülsen. Die Betrachtung der m -Werte begründet also jedenfalls die Ansicht nicht, daß die Monologe spezifisch jambisch seien.

Was aber die h -Werte anbelangt, so zeigen sie, abgesehen vom

fünften Monolog, daß die jambische Form allerdings hier bevorzugter erscheint als in der Hülsenschen Schrift. Während für alle Fraktionen bei Hülsen h_2 auffällig größer ist als irgend ein anderer h -Wert, so ist, wie die vorhergehende Tabelle lehrt, in den Monologen 1. bis 4. im Gegenteil h_2 relativ klein, h_1 dagegen besonders groß. Man kann also im großen und ganzen mit Brinkmann und Dorothea Schlegel gewiß von einer jambischen Tendenz der Monologen reden. Jedenfalls ist die jambische Tendenz ganz im Sinne dieser beiden Autoren in den Monologen Schleiermachers stärker ausgeprägt als die hexametrische. Das Urteil Friedrich Schlegels, daß die Monologe in rhythmischer Beziehung an Hülsen erinnerten, läßt sich angesichts unserer Tabellen der h -Werte für Hülsen und Schleiermacher nicht aufrecht erhalten. Allerdings müssen wir uns auch daran erinnern, daß nach den Untersuchungen Unsers der Fall, daß h_1 am größten ist, im Gespräch und im affektvollen Brief der gewöhnliche ist, und daß es daher nicht recht angänglich erscheint, wenn Dorothea Schlegel daraus, daß sich ein analoger Rhythmus in Schleiermachers Monologen findet, so viel Wesens macht, indem sie an Schleiermacher schreibt:

„Sie haben ganz unrecht zu glauben Sie könnten keine Verse machen. Sie stehen dicht davor und können nur à toute jambe in die Jamben hineinspringen, so sind Sie darin. Mich hat es gleich frappirt, daß so wie Hülsens Naturbetrachtungen Hexameter ohne Absatz sind, so sind die Monologen Jamben ohne Absatz.“

Daß die letzten beiden Behauptungen Dorotheas über Hülsen und die Monologen ganz verfehlt sind, zeigen unsere Tabellen deutlich. Auch die Ansicht Friedrich Schlegels, daß Hülsens Abhandlung zur guten Hälfte in Versen geschrieben sei, schießt über das Ziel hinaus.

Es bleibt uns jetzt noch übrig, die Ansichten Schleiermachers selbst über den Rhythmus seiner Monologe mit unseren Ergebnissen zu vergleichen.

Schleiermacher wollte, wie wir oben sahen, im zweiten und vierten Monolog den Jambus allein, im fünften aber den Daktylus und Anapäst durchklingen lassen. Daß ihm dies jedenfalls einigermaßen gelungen ist, ergibt sich daraus, daß im zweiten und vierten Monolog in der Tat h_1 , im fünften aber h_2 am größten ist. Im ersten und dritten Monolog hatte sich Schleiermacher etwas Zusammengesetztes, also eine Mischung von Daktylus (Anapäst) und Jambus, gedacht. Diese Ansicht kann, was den ersten Monolog anbelangt,

mit unseren Ergebnissen in Einklang gebracht werden, denn h_1 (= 72,8) und h_2 (= 69,7) stimmen hier besser überein als in irgend einem der anderen Monologe und als in dem Text von Hülsen und auch besser, als es in den Texten von Marbe und Unser im allgemeinen der Fall ist. Auch der auffällig große Wert von h_3 (= 78,7) im ersten Monolog mag vielleicht als Verbindung von Jambus und Daktylus (Anapäst) gedeutet werden können.

Anders steht es mit dem dritten Monolog. Hier ist h_1 verhältnismäßig groß (= 102,2), h_2 aber ungefähr gleich groß wie die h_2 -Werte im zweiten und vierten Monolog, die nach Schleiermacher selbst und auch im Sinne unserer statistischen Untersuchungen als jambisch anzusehen sind. h_2 ist im dritten Monolog gleich 86,5, im zweiten gleich 85,1 und im vierten gleich 85,2. Es kann also von einem spezifischen Charakter der Vermischung der beiden Versmaße im dritten Monolog keine Rede sein. Dieser kann vielmehr als noch jambischer betrachtet werden als der vierte, wie die Zahlen von h_1 und h_2 lehren. Denn ist im dritten Monolog auch h_2 (= 86,5) wenig größer als im vierten (= 85,2), so ist doch auch h_1 im dritten Monolog (= 102,2) verhältnismäßig viel größer als im vierten (h_1 = 98,3).

Alles in allem können wir daher sagen, daß man aus der Lektüre eines Textes wohl vielfach ein Urteil gewinnen kann über dessen rhythmischen Charakter, daß man aber auch gelegentlich sehr fehlgehen kann. Wir haben gesehen, daß nicht nur Friedrich und Dorothea Schlegel die Texte von Hülsen und Schleiermacher in gewissem Sinn nicht richtig beurteilen, sondern daß auch Schleiermacher selbst seine eigene Rhythmisierung nicht in allen Stücken richtig aufgefaßt hat. Wir werden daher am sichersten gehen, wenn wir Urteilen über den Rhythmus von Prosawerken nur dann eine absolute Geltung zuschreiben, wenn sie statistisch basiert sind. So gewiß der Rhythmus ein Faktor des ästhetischen Eindrucks ist, so verfehlt ist es also aus dem bloßen Eindruck als solchem unbedingt zuverlässige Sätze über den Rhythmus als solchen abzuleiten. Man wird nicht fehlgehen, wenn man hiernach überhaupt die Verwendung subjektiver Kriterien für Aufschlüsse über den objektiven Charakter von Schriftwerken, wie solche von Sievers benützt werden, ablehnt.

§ 8. DIE TABELLEN DER h-WERTE.

Bei der großen Bedeutung der h-Werte für die Charakteristik der rhythmischen Beschaffenheit eines Textes lag es nahe, die bisher

für die deutsche Sprache abgeleiteten wichtigsten Tabellen der h -Werte in einer bequem vergleichbaren Weise zusammenzustellen. Eine solche Zusammenstellung ließ von vornherein auch mit der Möglichkeit rechnen, daß sie auf gewisse allgemeine für die deutsche Sprache und Metrik wichtige Resultate führen könnte. Ich teile nun die auf die h -Werte bezüglichen Tabellen aus der Arbeit von Marbe im folgenden mit. Dieselben sind jedoch nicht einfach abgeschrieben, sondern auf Prozente umgerechnet. Jede Zahl gibt also an, in wieviel Prozent der Fälle der Z -Wert vorkommt, auf den sie sich bezieht. So geben z. B. die Zahlen h_0 an, in wieviel Prozent der Fälle $Z = 0$ ist. Es folgt dann die zusammenfassende Tabelle von Unser, die sich auf das Gespräch, den affektvollen und affektlosen Brief und die Erzählung bezieht. Endlich folgen meine eigenen oben mitgeteilten Tabellen der h -Werte. Auch diese sind ebenso wie die von Unser auf Prozente umgerechnet. Unter jeder einzelnen Tabelle sind die Werte für $h_1 + h_2 + h_3$ mitgeteilt.

I. Tabellen von Marbe.

A.¹⁾

	Rochusfest ²⁾		Harzreise ³⁾	
	Skandiert von Marbe	Skandiert von Roetteken	Skandiert von Marbe	Skandiert von Roetteken
h_0	4,02	3,84	2,84	2,38
h_1	25,54	26,91	18,83	25,12
h_2	32,23	34,80	28,11	29,03
h_3	22,06	20,60	21,10	21,61
h_4	10,37	9,45	15,64	12,12
h_5	4,02	2,60	7,50	6,82
h_6	1,32	1,44	3,79	1,81
h_7	0,26	0,26	1,29	0,89
h_8	0,10	0,10	0,42	0,00
h_9	0,00	0,00	0,19	0,11
h_{10}	0,10	0,00	0,30	0,11
$h_1 + h_2 + h_3 =$	79,83	82,31	68,04	75,76

1) K. Marbe, a. a. O. S. 15.

2) Goethes Werke, Weimarer Ausgabe 1902. Bd. 34. 1. Abteilung. S. 3 ff.

3) Heinrich Heines Sämtliche Werke. Herausgegeben von E. Elster. Leipzig und Wien, ohne Jahreszahl. Bd. 3. S. 15 ff.

B.¹⁾

Text von Volkelt

h_0	6,27
h_1	27,01
h_2	34,09
h_3	19,78
h_4	8,73
h_5	3,12
h_6	0,50
h_7	0,34
h_8	0,16
$h_1 + h_2 + h_3 =$	80,88

C.³⁾

Texte von Goethe.

	Brief an Fried. Oeser ⁴⁾	Rezen- sion ⁵⁾	Lehr- jahre I ⁶⁾	Lehrjahre II	Brief an Schiller ⁷⁾
h_0	5,78	3,62	3,94	6,05	6,41
h_1	23,66	2,76	23,34	27,98	26,82
h_2	30,63	30,80	23,58	30,07	28,99
h_3	22,28	22,76	19,45	20,48	18,54
h_4	12,31	10,72	11,07	9,18	11,18
h_5	3,96	5,36	5,42	3,35	5,46
h_6	0,99	3,24	1,72	1,87	2,14
h_7	0,20	0,56	1,25	0,84	0,46
h_8	0,20	0,17	0,24	0,19	0,00
$h_1 + h_2 + h_3 =$	76,57	76,32	76,37	78,53	74,35

¹⁾ K. Marbe, a. a. O. S. 22.

²⁾ Fausts Entwicklung vom Genießen zum Handeln in Goethes Dichtung, mitgeteilt in Neue Jahrbücher für das klassische Altertum usf. Abteilung I. Bd. 11. Leipzig 1903. S. 508 ff.

³⁾ K. Marbe, a. a. O. S. 24.

⁴⁾ Goethes Werke. Weimarer Ausgabe. Abt. 4. Bd. I. (Goethes Briefe. Bd. 1.) Weimar 1887. S. 188 ff.

⁵⁾ Goethes Werke. 26. Teil. S. 71 ff. Bd. 107 der Deutschen National-Literatur, herausgeg. von Kürschner. Stuttgart 1892.

⁶⁾ Goethes Werke. Bd. 21. Weimar 1898. S. 3 ff.

⁷⁾ Goethes Werke. Weimarer Ausgabe. Abt. 4. Bd. 13. (Goethes Briefe. Bd. 13.) Weimar 1893. S. 51 ff.

D.¹⁾
 Texte von Heine.

	Börne ²⁾ I	Börne II	Brief an Steinmann ³⁾
h_0	2,41	3,71	2,87
h_1	21,28	20,65	26,56
h_2	27,04	29,96	31,54
h_3	21,05	22,52	22,19
h_4	14,12	12,19	10,52
h_5	6,70	5,79	3,64
h_6	4,29	3,53	1,90
h_7	2,86	0,83	0,57
h_8	0,23	0,61	0,00
h_9	0,00	0,22	0,20
$h_1 + h_2 + h_3 =$	69,37	73,13	80,29

E.⁴⁾

	Goethes Brief an Zelter ⁵⁾	Heines Brief an Campe ⁶⁾
h_0	3,08	3,87
h_1	20,87	16,81
h_2	25,28	21,60
h_3	15,15	20,02
h_4	14,06	14,57
h_5	8,79	10,45
h_6	5,96	7,03
h_7	3,53	3,87
h_8	2,43	0,92
h_9	0,65	0,67
h_{10}	0,20	0,00
h_{11}	0,00	0,21
$h_1 + h_2 + h_3 =$	61,30	58,43

¹⁾ K. Marbe, a. a. O. S. 24.

²⁾ Heinrich Heines Sämtliche Werke. Herausgeg. von E. Elster. Leipzig und Wien. Bd. 7. S. 15 ff.

³⁾ Heinrich Heines Sämtliche Werke. Bd. 19. Briefe. Erster Teil. Hamburg (Hoffmann u. Campe) 1876. S. 23 ff.

⁴⁾ K. Marbe, a. a. O. S. 25.

⁵⁾ Goethes Briefe. Bd. 27. Weimar 1903. S. 3 ff.

⁶⁾ Heinrich Heines Sämtliche Werke. Bd. 22. Briefe. Vierter Teil. Hamburg (Hoffmann u. Campe) 1876. S. 245 ff.

II. Tabelle von Unser.

F.¹⁾

Texte von Goethe.

	Gespräch	Affektvoller Brief	Affektloser Brief	Erzählung
h_0	11,11	11,83	7,46	4,88
h_1	35,74	31,85	26,45	23,48
h_2	23,45	25,94	26,28	30,91
h_3	16,80	15,79	17,25	19,43
h_4	7,92	8,18	11,26	11,07
h_5	3,02	4,19	5,89	5,91
h_6	1,38	1,23	2,87	2,70
h_7	0,38	0,63	1,54	1,00
h_8	0,12	0,27	0,58	0,38
h_9	0,09	0,03	0,24	0,07
h_{10}	0,00	0,06	0,17	0,14
h_{11}	0,00	0,00	0,00	0,03
$h_1 + h_2 + h_3 =$	75,99	73,58	69,98	73,82

III. Tabellen von Gropp.

G.

HülSENS Schrift „Natur-Betrachtungen auf einer Reise durch die Schweiz“ eingeteilt in 9 Fraktionen.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
h_0	0,33	0,99	2,47	1,32	1,92	0,90	2,82	1,90	5,34
h_1	19,54	20,07	25,62	23,51	22,76	29,04	20,06	23,17	25,73
h_2	46,36	45,39	44,75	38,08	45,83	49,10	49,84	46,03	45,15
h_3	22,85	20,07	17,90	23,51	17,31	14,37	20,06	17,78	15,05
h_4	6,95	11,51	8,02	9,60	8,01	5,39	5,33	7,94	5,34
h_5	1,99	1,32	0,93	2,65	3,53	0,60	1,25	2,54	2,91
h_6	1,99	0,33	0,31	1,32	0,64	0,60	0,63	0,32	0,49
h_7	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00
$h_1 + h_2 + h_3 =$	88,75	85,53	88,27	85,10	85,90	92,51	89,96	86,98	85,93

¹⁾ H. Unser, a. a. O. S. 31.

H.
Schleiermachers „Monologen“.

	1. Monolog	2. Monolog	3. Monolog	4. Monolog	5. Monolog
h_0	2,54	2,82	2,54	2,46	4,77
h_1	25,63	34,18	32,81	31,84	25,31
h_2	24,54	26,93	27,77	27,60	39,54
h_3	27,71	23,96	23,05	24,62	18,72
h_4	10,25	7,18	8,92	8,29	7,68
h_5	5,92	3,45	3,18	3,24	2,85
h_6	2,18	1,11	1,28	1,72	1,00
h_7	0,92	0,28	0,45	0,16	0,13
h_8	0,25	0,09	0,00	0,03	0,00
h_9	0,07	0,00	0,00	0,03	0,00
$h_1 + h_2 + h_3 =$	77,88	85,07	83,63	84,06	83,57

Betrachten wir die Werte von $h_1 + h_2 + h_3$ unter den einzelnen Tabellen, so ergibt sich ohne weiteres folgender Satz: In der deutschen Sprache beträgt $h_1 + h_2 + h_3$ mehr als 50% aller h-Werte, d. h. in mehr als 50% ist Z größer als 0 und kleiner als 4. Weiterhin sehen wir sofort, daß $h_1 + h_2 + h_3$ gelegentlich kleiner als 60%, gelegentlich auch größer als 90% sein kann.

Betrachten wir in allen Tabellen die Zahlen für h_1 , h_2 und h_3 einzeln, so sehen wir, daß, wie schon bekannt, h_1 entweder kleiner oder größer als h_2 sein kann. Ob dieses oder jenes der Fall ist, hängt, wie wir schon wissen, von der Textgattung ab. Wir sehen aber auch, daß h_3 in den meisten Fällen sowohl kleiner als h_2 als auch kleiner als h_1 ist. Dies ergibt sich aus folgender Tabelle:

h_3 ist größer als	h_2 : 1 mal
h_3 „ gleich	h_2 : 0 „
h_3 „ kleiner als	h_2 : 32 „
<hr/>	
h_3 ist größer als	h_1 : 5 mal
h_3 „ gleich	h_1 : 4 „
h_3 „ kleiner als	h_1 : 24 „
<hr/>	
h_3 ist größer als h_1 und als h_2 :	1 mal
h_3 „ gleich h_1 und h_2 :	0 „
h_3 „ kleiner als h_1 und als h_2 :	24 „

Der Fall, daß h_3 sowohl größer ist als h_1 und als h_2 , kommt, wie wir sehen, nur ein einziges Mal vor, nämlich im ersten Monolog von

Schleiermacher. Dieser Fall muß daher als ein seltener Ausnahmefall und der erste Monolog Schleiermachers als ein Text mit ganz eigenartigem Rhythmus bezeichnet werden.

Bilden wir aus den mitgeteilten Werten der Tabellen von Marbe, Unser und mir die Mittelwerte für h_1 , h_2 und h_3 , so gelangen wir zu folgenden Ergebnissen:

$$h_1 = 25,3$$

$$h_2 = 33,5$$

$$h_3 = 20,2$$

Diese Resultate zeigen, daß h_3 hinsichtlich seiner Größe durchschnittlich hinter h_1 und durchschnittlich noch mehr hinter h_2 zurückbleibt. Da ferner ein Blick auf alle Tabellen von Marbe, Unser und mir lehrt, daß h_0 , h_4 , h_5 , h_6 usf. alle kleiner als h_3 sind, so ergibt sich der Satz: Die häufigsten Z-Werte der neuhochdeutschen Prosa sind h_1 und h_2 .

Dieser Satz steht nun im besten Einklang mit den in der neuhochdeutschen Sprache beliebten Metren der Dichtung. Das jambisch-trochäische und das daktylisch-anapästische Versmaß finden hier am meisten Verwendung. Unser Satz zeigt, daß diese Tatsache mit dem immanenten Rhythmus der Prosa aufs engste zusammenhängt. Dieses Resultat dürfen wir wohl ohne weiteres dahin erweitern, daß der dynamische Rhythmus der Poesie in allen Sprachen überhaupt wesentlich vom natürlichen, der Sprache immanenten Rhythmus der Prosa abhängig ist.

Schließlich sei noch betont, daß nicht nur für den dynamischen Rhythmus, sondern auch für andere Rhythmen die Feststellung der Tabellen der h-Werte dringend nötig ist. Behauptungen wie die von Blass, daß Demosthenes den Tribrachys (—○○○—) meide ¹⁾, stehen vollständig in der Luft, wenn man nicht die Tabelle der h-Werte für Demosthenes und die klassische griechische Sprache überhaupt kennt.

§ 9. v UND $\frac{v}{m}$ ALS MASSSTAB FÜR DEN RHYTHMISCHEN CHARAKTER EINES TEXTES.

Wir haben schon oben gesehen, daß $\frac{v}{m}$ in der deutschen Sprache ungefähr gleich 0,50 ist, daß aber dieser Wert im einzelnen natürlich

¹⁾ Vgl. hierzu A. Thumb, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 1. 1913. S. 151.

schwankt. Der höchste Wert $\frac{v}{m}$, der bisher überhaupt festgestellt wurde, betrug 0,60; der niederste 0,43¹⁾.

v ist nun offenbar ein Maß für den rhythmischen Charakter eines Prosatextes. Wenn ein Text beispielsweise nur aus Jamben oder nur aus Daktylen besteht, wird v gleich 0. Je größer v ist, desto ungleichförmiger ist der Rhythmus eines Textes; je kleiner v ist, desto mehr entfernt sich der Text in rhythmischer Beziehung von der Prosa, desto mehr nähert er sich einem gleichmäßigen Rhythmus.

Wir bringen nun in der folgenden Tabelle die v -Werte aus der Arbeit von Marbe und die aus der Arbeit von Unser, wobei natürlich die Mittelwerte, die Unser aus schon von ihm mitgeteilten v -Werten ableitete, nicht berücksichtigt sind.

Tabelle der v -Werte.

	Marbe ²⁾	Unser ³⁾	Unser
	1,10	1,09	1,24
	0,88	1,27	1,24
	0,96	1,11	1,16
	1,02	1,09	1,23
	1,06	0,92	1,23
	1,14	1,18	1,17
	1,16	1,19	1,28
	1,08	1,07	1,12
	1,15	1,09	1,14
	1,59	1,08	1,27
	1,32	1,40	1,27
	1,06	1,26	
	1,21	1,30	
	1,22	1,17	
	1,06	1,33	
	1,30	1,24	
	1,21	1,21	
	1,53	1,28	
	0,95	1,30	
Arithmetische Mittel:	1,16		1,20

¹⁾ H. Unser, a. a. O. S. 38.

²⁾ K. Marbe, a. a. O. S. 26.

³⁾ H. Unser, a. a. O. S. 17 ff.

Weiterhin bringen wir im folgenden die Tabellen der v -Werte für die Schriften von Hülsen und Schleiermacher. Jeder v -Wert bezieht sich auf eine Fraktion von tausend Silben. Nur die jeweils letzten v -Werte beziehen sich auf Restfraktionen von weniger als tausend Silben.

Tabelle der v -Werte.

Fraktion	Hülsen	Schleiermachers Monologen				
		1	2	3	4	5
I	0,80	1,19	1,08	0,96	0,98	0,82
II	0,81	1,20	1,02	0,93	1,08	0,88
III	0,72	1,17	1,07	0,97	1,11	0,82
IV	0,90	1,13	0,95	0,97	1,05	0,97
V	0,81	1,11	0,91	1,00	1,00	0,84
VI	0,61	1,11	1,05	1,09	0,91	0,88
VII	0,68	0,77	0,99	0,99	0,97	
VIII	0,78		0,87	1,11	0,91	
IX	0,73		0,92			
X			0,78			
Arithmetische Mittel:	0,76	0,99				

Diese Tabellen zeigen, wie man sieht, daß v bei Schleiermacher und besonders bei Hülsen wesentlich kleiner ist als in den Texten von Marbe und Unser. v ist im Mittel am kleinsten bei Hülsen (0,76), es ist im Mittel wesentlich größer bei Schleiermacher (0,99) und am größten in den von Marbe und Unser untersuchten Texten Goethes, Heines und Volkelts (1,16 und 1,20). Der Text von Hülsen erweist sich demnach als derjenige, welcher in rhythmischer Beziehung bei weitem am gleichmäßigsten gebaut ist. Es folgen dann die Schleiermacherschen Monologen und in weitem Abstand von ihnen endlich die eigentlichen Prosatexte von Goethe, Heine und Volkelt.

Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man statt der arithmetischen Mittel der v -Werte deren Minima und Maxima betrachtet, wie folgende Zusammenstellung ergibt.

Das Minimum der v -Werte beträgt

bei Hülsen:	0,61
„ Schleiermacher:	0,77
nach Marbe - Unser:	0,88 bzw. 0,92

Das Maximum der v -Werte beträgt

bei Hülsen:	0,90
„ Schleiermacher:	1,20
nach Marbe - Unser:	1,59 bzw. 1,40

Wir sehen hiernach auch, daß die v -Werte sich in der Tat als ein ausgezeichnetes Mittel zur Bewertung des rhythmischen Charakters von Texten bewähren und daß es sich bei den Texten von Schleiermacher und insbesondere bei dem von Hülsen tatsächlich um in rhythmischer Beziehung besonders eigenartige Texte handelt.

Berechnen wir die fünf arithmetischen Mittel der v -Werte aus den einzelnen Fraktionen der fünf Monologe von Schleiermacher und stellen wir für jeden Monolog den kleinsten und den größten v -Wert fest, so gelangen wir zu folgendem Ergebnis:

	1	2	3	4	5
Mittel von v	1,10	0,96	1,00	1,00	0,87
Minimum	0,77	0,78	0,93	0,91	0,82
Maximum	1,20	1,08	1,11	1,11	0,97

Hieraus sehen wir, daß das Mittel von v im ersten Monolog am größten, im letzten Monolog am kleinsten ist, und daß auch der Schwankungsbereich der v -Werte innerhalb der einzelnen Fraktionen im ersten Monolog am größten, im letzten Monolog am kleinsten ist. Demnach ist die Gleichmäßigkeit des Rhythmus im letzten Monolog größer als in irgend einem der anderen.

Wir haben oben gesehen, daß $\frac{v}{m}$ im Deutschen ungefähr 0,5 ist, daß jedoch die $\frac{v}{m}$ -Werte von Marbe und Unser zusammen betrachtet zwischen 0,43 und 0,60 schwanken. Wir teilen nun im folgenden die $\frac{v}{m}$ -Werte für die einzelnen Fraktionen von Hülsen sowie für die einzelnen Fraktionen der Schleiermacherschen Monologen mit.

Tabelle der $\frac{v}{m}$ -Werte.

Fraktion	Hülsen	Schleiermachers Monologen				
		1	2	3	4	5
I	0,35	0,45	0,46	0,45	0,45	0,39
II	0,36	0,47	0,45	0,45	0,46	0,41
III	0,35	0,48	0,46	0,44	0,46	0,37
IV	0,39	0,47	0,44	0,47	0,47	0,44
V	0,37	0,44	0,44	0,45	0,45	0,41
VI	0,31	0,45	0,47	0,45	0,43	0,45
VII	0,32	0,34	0,47	0,45	0,46	
VIII	0,36		0,44	0,47	0,43	
IX	0,37		0,46			
X			0,38			
Arithmetische Mittel:	0,35	0,44				

Wir sehen aus dieser Tabelle, daß in der rhythmischen Prosa $\frac{v}{m}$ kleiner ist als in der gewöhnlichen Prosa. Denn der größte Wert bei Hülsen (0,39) ist immer noch wesentlich kleiner als der kleinste $\frac{v}{m}$ -Wert bei Marbe und Unser, und auch bei Schleiermacher liegen, wie die Tabelle zeigt, vier $\frac{v}{m}$ -Werte (0,34; 0,38; 0,39; 0,37) unter 0,43. Dementsprechend sind auch die Mittelwerte bei Schleiermacher (0,44) und besonders bei Hülsen (0,35) sehr klein. Wir kommen also zu dem Ergebnis, daß in der rhythmischen Prosa $\frac{v}{m}$ nach den bisherigen Erfahrungen bis auf 0,31 herabsinken kann. In einem rein daktylischen bzw. anapästischen oder in einem rein jambischen bzw. trochäischen Text wäre $\frac{v}{m} = \frac{0}{m} = 0$. Es muß sich also natürlich nicht nur v , sondern auch $\frac{v}{m}$ um so mehr der 0 nähern, e gleichmäßiger ein Text in rhythmischer Beziehung gebaut ist.

§ 10. ZUSAMMENFASSUNG DER RESULTATE.

Wir fassen die wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit in folgenden Sätzen zusammen:

1. Der Rhythmus ist ein wesentlicher Faktor des ästhetischen Eindrucks von Schriftwerken der Prosa. (§ 1.)

2. Zur Feststellung des Rhythmus eines deutschen Prosatextes ist es völlig ausreichend, wenn eine einzige Person den Text sorgfältig skandiert, da die individuellen Verschiedenheiten nach unseren Erfahrungen sehr gering sind. (§ 6.)

3. Die Schrift von Hülsen „Natur-Betrachtungen auf einer Reise durch die Schweiz“ und Schleiermachers „Monologen“, deren rhythmischer Charakter seinerzeit viel besprochen wurde (§ 5), zeigen durch ihre Werte für v und $\frac{v}{m}$, daß sie sich einem gleichmäßigen Rhythmus viel mehr nähern, als dies im allgemeinen bei der deutschen Prosa der Fall ist. Insbesondere sind für Hülsens Schrift die Werte v und $\frac{v}{m}$ (die sich überhaupt als gute Maßstäbe des rhythmischen Charakters von Texten erweisen) auffallend klein. (§ 9.)

4. Die Beurteilung des rhythmischen Charakters der genannten Schriften von Hülsen und Schleiermacher durch Friedrich Schlegel, Dorothea Schlegel, Brinkmann und Schleiermacher hält der statistischen Prüfung des Rhythmus nicht durchaus stand. Auch seine eigene Rhythmisierung hat Schleiermacher nicht vollkommen richtig beurteilt. (§ 7.) Es hat sich daher auch hier wiederum gezeigt, daß subjektive Maßstäbe zur Ergründung der objektiven Bedingungen des ästhetischen Eindrucks, wie solche von Sievers und seiner Schule benützt werden, nicht zuverlässig sind.

5. In der deutschen Prosa beträgt $h_1 + h_2 + h_3$ immer mehr als 50% aller h -Werte. Hierbei wird unter h_n die Anzahl der Fälle verstanden, wo $Z = n$ ist, unter h_1 die Anzahl der Fälle, wo $Z = 1$ ist usf. (§ 8.)

6. Unter allen h -Werten ist je nach der Textgattung h_1 oder h_2 am größten. Wenn h in h_3 sein Maximum erreicht, wie dies im ersten Monolog von Schleiermacher der Fall ist, so weist dies auf einen in rhythmischer Beziehung durchaus eigenartig gebauten Text hin. (§ 8.)

7. Der relativen Größe von h_1 und h_2 in der deutschen Prosa entspricht die Beliebtheit jambisch-trochäischer und daktylisch-anapästischer Metren in der Poesie. (§ 8.)

BOTANISCHE ANALOGIEN ZUR PSYCHOPHYSIK ¹⁾

VON

PROF. DR. HANS KNIEP.

INHALT.

	Seite
§ 1. Vorbemerkungen	81
§ 2. Die Reizschwelle	84
§ 3. Das Produktgesetz und seine Konsequenzen (Sinusgesetz; Talbot- sches Gesetz)	90
§ 4. Das Webersche Gesetz	103
§ 5. Sinnesqualitäten	111
§ 6. Die Reizstimmung	116

§ 1. VORBEMERKUNGEN.

Noch vor nicht sehr langer Zeit wurde die Frage, welches der Unterschied zwischen Pflanze und Tier sei, viel erörtert. Daß man an der Vorfrage, ob ein solcher Unterschied zu fordern ist, achtlos vorüberging, mag z. T. auf der einst verbreiteten Auffassung beruhen, nach der die Pflanzen starre Gebilde sind, denen die den Tieren eigene Fähigkeit, Veränderungen der Außenwelt als Reize aufzunehmen und auf sie zu reagieren, abgeht. Wir wissen heute, daß beide Reiche an ihrer Schwelle durch die einzelligen Lebewesen (Protisten) kontinuierlich verbunden sind, und daß durchgreifende Unterschiede zwischen ihnen nicht existieren. Wir wissen ferner, daß die Lebensäußerungen der Pflanzen, sowohl die des Stoffwechsels wie die des Energiewechsels, von denselben allgemeinen Gesetzen beherrscht werden wie die der Tiere. — Auf dem Gebiete der Reizphysiologie

¹⁾ Anmerkung der Redaktion: Indem wir diese Arbeit des Würzburger Ordinarius der Botanik und Vorstandes des botanischen Instituts zum Abdruck bringen, wollen wir den Psychologen ebenso wie durch die Arbeit von C. Müller über die Beobachtungsfehler in der Geodäsie (Bd. 4. Heft 1. S. 1 ff.) Gelegenheit geben, sich auf bequeme Weise über Grenzgebiete der Psychologie zu orientieren, die uns für die Psychologie selbst sehr wichtig erscheinen. K. M.

ist die Tatsache der prinzipiellen Identität pflanzlicher und tierischer Vorgänge erst relativ spät Gemeingut der Wissenschaft geworden; und doch gibt es hier besonders eklatante Fälle, die zeigen, daß gewisse zuerst beim Menschen aufgefundene Gesetze auf zahlreiche Lebensprozesse der Pflanzen mit gleichem Rechte angewandt werden können. Von solchen Gesetzen soll im folgenden die Rede sein.

Es soll hier nicht der Versuch gemacht werden, eine Psychophysik der Pflanzen zu schreiben. Aus dem einfachen Grunde nicht, weil wir über die Psyche der Pflanzen nichts wissen. Gewiß lassen sich gewichtige Bedenken gegen den aristotelischen Standpunkt geltend machen, der den Pflanzen eigentlich seelische Qualitäten im heutigen Sinne abstreitet. Schon die Kontinuität des gesamten Organismenstammbaums spricht dafür, daß das Psychische nicht an irgend einer Stelle in diesem Staumbaum aufhört, und wenn daher auch als Analogieschluß die Annahme einer Pflanzenseele manches für sich hat, so können wir doch kaum mehr von ihr aussagen, als daß sie vielleicht existiert.

Wenn wir den Inhalt der Seele unserer Mitmenschen, allerdings auch nur auf Grund von Analogieschlüssen, erforschen können und uns in diesem Sinne auch die seelische Tätigkeit der höheren Tiere bis zu einem gewissen Grade zugänglich ist, so werden die diesbezüglichen Schlußfolgerungen doch immer unsicherer, je weiter wir uns — phylogenetisch gesprochen — vom Menschen entfernen. Über den Inhalt der Pflanzenseele wissen wir nichts. Das ist zwar schon oft genug betont, leider aber von den Biologen nicht immer befolgt worden. Alle mit der Pflanzenseele operierenden Spekulationen moderner Vitalisten schweben daher in der Luft, sofern sie von bestimmten Eigenschaften dieser Pflanzenseele ausgehen und auf Grund dieser Eigenschaften die Lebenserscheinungen, vor allem deren Zweckmäßigkeit erklären wollen — von den erkenntnistheoretischen Bedenken, die sich einer solchen Betrachtungsweise entgegenstellen, ganz zu schweigen. Tun sie das nicht, nehmen sie also nur ganz allgemein das Vorhandensein einer Psyche an, so ist ihnen damit auch die Möglichkeit genommen, das Zweckmäßigkeitsproblem durch Berufung auf diese Psyche dem Verständnis näher zu bringen, denn dann bedeutet diese Berufung nicht viel mehr als die Verzichtleistung auf eine Erklärung.

Dessenungeachtet ist, wie W. Polowzow¹⁾ bemerkt hat, die

¹⁾ W. Polowzow, Untersuchungen über die Reizerscheinungen der Pflanzen. Jena 1909. S. 184 ff.

Frage nicht ungerechtfertigt, ob nicht der Analogieschluß auf das Psychische im Pflanzenleben als heuristisches Prinzip einen gewissen Wert hat. In der Tat haben, wie wir noch sehen werden, Gesetze, die auf experimentell-psychologischem Gebiet entdeckt worden sind, mehrfach die Veranlassung gegeben, zu prüfen, ob sie sich auch auf die Pflanzen übertragen lassen, und das Resultat dieser Prüfung ist ein positives gewesen. Gerade das ist es, was in diesem Aufsatz behandelt werden soll.

Auch noch in anderer Hinsicht dokumentiert sich ein gewisser Einfluß der Psychologie auf die pflanzliche Reizphysiologie. Die ganze Nomenklatur der Reizerscheinungen hat einen psychologischen Beigeschmack. Wir reden von Perzeption eines Reizes, von Sensibilität der Pflanze, sensorischen Prozessen usw. Freilich ist das nur eine **Äußerlichkeit**. Denn der Pflanzenphysiologe, der diese Ausdrücke gebraucht, will damit keinerlei Aussage machen über psychische Vorgänge, die den physiologischen parallel laufen oder irgendwie sonst zu ihnen in Beziehung stehen. Er würde ja damit den Rahmen seines Gebiets überschreiten.

Wenn die Pflanzen Nerven und ein nervöses Zentralorgan ähnlich dem Gehirn besäßen, so würden wir vielleicht berechtigt sein, in unseren Analogieschlüssen auf das Psychische weiter zu gehen, als das tatsächlich der Fall ist. Was jedoch bei den höheren Pflanzen als nervöse Struktur beschrieben worden ist ¹⁾, hat sich als solche nicht erweisen lassen; es ist im höchsten Grade fraglich, ob bei den Pflanzen fibrilläre Strukturen, die denen der Nervenfasern homolog sind, vorkommen ²⁾.

Was hier berichtet werden soll, kann sich aus den erörterten Gründen nur auf dem Gebiete der Physiologie bewegen, und zwar ist es ausschließlich die pflanzliche Reizphysiologie, die in Betracht kommt, von dieser wiederum nur diejenigen Tatsachen und Gesetze, die zu den auf dem Gebiete der Psychophysik aufgedeckten Analoga darstellen.

Wenn man vielfach in der Psychophysik unter einem Reiz eine Veränderung der Außenwelt versteht, die auf unser Bewußtsein einen Einfluß ausübt, so ist klar, daß diese Definition auf Pflanzen nicht anwendbar oder wenigstens praktisch wertlos ist, da sich hier eben dieses

¹⁾ B. Nemeč, Die Reizleitung und die reizleitenden Strukturen bei den Pflanzen. Jena 1901.

²⁾ Übrigens sind sich die Tierphysiologen bekanntlich nicht darüber einig, ob im Nerven die Reizleitung in den Neurofibrillen oder im Neuroplasma stattfindet.

Kriterium der Bewußtseinsänderung der Untersuchung völlig entzieht. Als Kennzeichen dafür, daß der Reiz von der Pflanze „wahrgenommen“ worden ist, können also nur physiologische Vorgänge dienen. Wir wissen nun, daß der Einfluß des Reizes auf den Organismus nicht in der Auslösung eines einzigen Vorgangs besteht, sondern daß mehrere, gesetzmäßig miteinander verknüpfte Prozesse sich abspielen („Reizkette“), die, mit den Perzeptions- bzw. Erregungsvorgängen beginnend, schließlich zur sichtbaren Reaktion führen. Welchen dieser Vorgänge wir zum Nachweis der Reizwirkung wählen, ist an sich gleichgültig; die Wahl wird diktiert durch den Umstand, daß ausschließlich die Reizreaktion der direkten Beobachtung zugänglich und genau meßbar ist. Von den anderen Vorgängen wissen wir größtenteils nicht viel mehr, als daß ihr Vorhandensein logisch zu postulieren ist. Wir kennen auch im allgemeinen den Ort, wo und die Zeit, in der sie sich abspielen müssen, und daraus, sowie aus der Natur des Reizes, der Reaktion und des Einflusses bestimmter Außenbedingungen lassen sich gewisse, ganz allgemeine Schlüsse über ihre Natur ableiten, viel mehr ist aber nicht bekannt.

Wenn sonach im allgemeinen die physiologische Reaktion das Ausdrucksmittel des pflanzlichen Organismus ist, durch das wir von der Perception des Reizes Kenntnis erhalten, so ergibt sich daraus für die Versuchsanstellung zugleich die Folgerung, daß viele der Methoden, die die experimentell-psychologische Forschung verwendet, der Erforschung pflanzlicher Reizerscheinungen nicht zu Gebote stehen. Das braucht indessen kein Nachteil zu sein.

§ 2. DIE REIZSCHWELLE.

Der von dem Begründer der Psychophysik eingeführte Begriff der Reizschwelle spielt bei allen psychophysischen Messungen eine hervorragende Rolle. Die erste Frage, die wir uns vorlegen, ist daher: Was wissen wir bei den Pflanzen von der Reizschwelle?

Seitdem man begonnen hat, die pflanzlichen Reizerscheinungen quantitativ zu untersuchen, hat man sich auch mit der Bestimmung von Schwellenwerten beschäftigt. Ch. Darwin, J. Wiesner und vor allem W. Pfeffer, nach ihnen viele andere Forscher, haben solche Bestimmungen ausgeführt. Besonders für chemische Reize liegen Untersuchungen vor, über die hier auszugsweise berichtet sei. Die Tentakeln des Sonnentaublattes (*Drosera rotundifolia*) krümmen sich auf Reize nach dem Blattzentrum zu. Das geschieht z. B. wenn eine Fliege auf

das Blatt auffliegt und an der von den Tentakelköpfchen ausgeschiedenen klebrigen Flüssigkeit festhaftet. Hierbei wirkt vermutlich nicht nur der mechanische Reiz, den die festgehaltene Fliege ausübt; es ist jedenfalls nachgewiesen, daß auch nach Ausschaltung des mechanischen Reizes oder wenigstens bei so starker Schwächung desselben, daß er wirkungslos wird, auf rein chemischem Wege, z. B. durch Eintauchen des Blattes in eine Lösung von Ammoniumphosphat die gleiche Krümmung der Tentakeln erzielt wird, auch dann noch, wenn diese Lösung in einer Verdünnung von 1 : 22 000 000 angewandt wird. Der Kontrollversuch (Eintauchen des Blattes in destilliertes Wasser) zeigt, daß die Krümmung tatsächlich dem Ammoniumsulfat zuzuschreiben ist ¹⁾.

Man nennt solche Krümmungen chemotropische bzw. chemonastische ²⁾ und spricht von chemotaktischen Bewegungen, wenn es sich um frei bewegliche Organismen oder Teile solcher (z. B. Spermatozoen) handelt, die durch gewisse Stoffe angelockt bzw. verjagt werden. Aus den Untersuchungen Pfeffers über die Chemotaxis von Samenfäden, Bakterien und anderen niederen Organismen hat sich ergeben, daß diese im allgemeinen sehr empfindlich gegen chemische Agenzien sind. Bringt man in eine kleine Glaskapillare eine Lösung von 0,001% Apfelsäure oder einem apfelsaurem Salz und legt die Kapillare in einen Wassertropfen, in dem sich die Samenfäden eines Farns bewegen, so genügt das gerade, um eine Ansammlung der Samenfäden am Kapillarmund zu veranlassen. Auf geringere Konzentrationen reagieren die Spermatozoen bei der gegebenen Versuchsanordnung nicht ³⁾.

¹⁾ Vgl. Ch. Darwin, Insektenfressende Pflanzen. Deutsch von V. Carus. Stuttgart 1876. S. 147.

²⁾ Unter einer tropischen (tropistischen) Krümmung eines Organs versteht man eine solche, die durch die Angriffsrichtung des Reizes bestimmt wird. Positiver Phototropismus liegt z. B. vor, wenn ein Organ sich zum Licht hinwendet und in die Richtung der einfallenden Strahlen einstellt; negativer Phototropismus ist Abwendung von der Lichtquelle; von Transversalphototropismus spricht man, wenn das Organ sich senkrecht zum einfallenden Licht einstellt. Bei *nastischen* Reaktionen wird die Krümmungsrichtung ausschließlich durch die Beschaffenheit des reagierenden Organs bestimmt. Ein solches Organ reagiert also immer in einer bestimmten Richtung, gleichgültig von welcher Seite der Reiz angreift.

³⁾ Siehe W. Pfeffer, Lokomotorische Richtungsbewegungen durch chemische Reize. Untersuchungen aus dem botanischen Institut Tübingen. Bd. I. 1884. S. 379. Es ist zu beachten, daß diese Schwelle eine Reaktionsschwelle ist. Die Reizschwelle im strengen Sinne, d. h. die Konzentration, die gerade wahrgenommen wird, liegt zweifellos beträchtlich tiefer. Das erhellt aus Beobachtungen, die man gelegentlich der später zu behandelnden Feststellung des Weberschen Gesetzes

Für *Bacterium termo*, einem frei beweglichen Fäulnisbakterium, das z. B. auf Pepton, Fleischextrakt, Dextrin, Chlorkalium, Monokaliumsulfat, Chlornatrium u. v. a. Stoffe positiv chemotaktisch reagiert (angelockt wird), liegt die Reizschwelle für die drei ersten Stoffe bei 0,001%, für die drei letzteren bei 0,0019%, 0,0035% bzw. 0,025%¹⁾.

Sind diese Werte zum großen Teil schon recht niedrig, so läßt sich doch zeigen, daß die eigentlichen Schwellenwerte für die Reaktion vermutlich noch tiefer liegen, daß sie jedoch mit der beschriebenen Methode nicht sichtbar gemacht werden können. Es sind, wie Kusano²⁾ betont hat, vor allem die Diffusionsverhältnisse daran schuld. Wir wollen darauf im einzelnen nicht eingehen, nur erwähnen, daß Kusano die Methodik verfeinert hat und bei den von ihm genauer untersuchten amöboiden Schwärmzellen von Schleimpilzen (*Myxomyzeten*) tatsächlich Reizschwellen gefunden hat, die erheblich kleiner sind als die, welche sich bei Verwendung der Pfefferschen Kapillarmethode ergeben. Diese Schwärmzellen reagieren in ausgesprochener Weise auf Säuren. Da alle Säuren wirksam sind, ist anzunehmen, daß die ihnen allen gemeinsamen Wasserstoffionen das eigentliche Chemotaktikum sind. Tatsächlich sind auch die Reizschwellen gemäß dem Gehalt an Wasserstoffionen verschieden. Kusano fand z. B. folgende Werte:

Schwefelsäure	. $\frac{1}{20\,000}$ Mol. ³⁾
Salzsäure	. . . $\frac{1}{10\,000}$ Mol.
Weinsäure	. . . $\frac{1}{8\,000}$ — $\frac{1}{10\,000}$ Mol.
Apfelsäure	. . . $\frac{1}{4\,000}$ — $\frac{1}{6\,000}$ Mol.
Essigsäure	. . . $\frac{1}{1\,000}$ Mol.

Noch ein paar Beispiele für die Reizschwelle aus anderen Gebieten: Einige Ranken, Organe, die auf Berührungsreize mit einer Krümmung

gemacht hat. Genauere Bestimmungen dieser letzteren Schwelle liegen nicht vor, dürften in den meisten Fällen auch auf große, wenn nicht unüberwindliche Schwierigkeiten stoßen.

¹⁾ W. Pfeffer, Über chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen. Ebenda Bd. II. 1888. S. 601 ff.

²⁾ S. Kusano, Studies on the Chemotactic and other Related Reactions of the Spores of Myxomycetes. Journal of the College of Agriculture, Imp. Univ. of Tokyo. Vol. II. 1909. S. 69 ff.

³⁾ Unter einer Mol-Lösung ist eine Lösung zu verstehen, welche so viel Gramm der Substanz im Liter des Lösungsmittels enthält, als das Molekulargewicht der Substanz beträgt. Eine $\frac{1}{20\,000}$ Mol-Lösung enthält also $\frac{m}{20\,000}$ Gramm, wenn m das Molekulargewicht bezeichnet.

antworten ¹⁾, erweisen sich unter günstigen Bedingungen als außerordentlich empfindlich. So kann man die Banke von *Sicyos angulatus* (einer Cucurbitacee) schon durch Auflegen eines Baumwollfädechens von 0,00025 mg Gewicht zu deutlicher Krümmung²⁾ veranlassen. Auch für die von alters her durch ihre auffallenden, auf Stoßreize erfolgenden Bewegungen der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*) sind Schwellenbestimmungen gemacht worden. Da der Stoßreiz quantitativ schwer abstuftbar ist, hat man sich des elektrischen Reizes bedient. Der leicht variierbare Öffnungsstoß eines Schlitteninduktoriums hat denselben Effekt wie ein Berührungszreiz. Offenbar ist bei *Mimosa* ebenso wie beim Muskel die Schwankung der Stromdichte dasjenige, was die Reizwirkung bedingt. Versuche von Bruun ³⁾ haben ergeben, daß die Reizgröße, die gerade ausreicht, um eine Reaktion auszulösen, etwa von der Größenordnung einer Stromdichteschwankung von 10^{-7} bis 10^{-8} Coulomb pro Quadratmillimeter in dem Zeiteilchen ist, das der Öffnungsstoß erfordert.

Schließlich sei der Phototropismus, die Orientierung der Pflanzen zum Licht, erwähnt. Daß einseitig beleuchtete Pflanzenstengel sich zum Lichte hinkrümmen (positiver Phototropismus) und eine zu den einfallenden Lichtstrahlen parallele Lage einzunehmen suchen, ist seit langem bekannt. Erst Wiesner ⁴⁾ hat aber die Frage experimentell zu entscheiden gesucht, welchen Einfluß die Lichtintensität auf die phototropische Reaktion hat. Er fand, daß Lichtintensitäten von unterhalb 0,05—7,8 Walrathkerzen (je nach der untersuchten Pflanzenart) den Grenzwert darstellen, der nicht mehr imstande ist, phototropische Krümmungen auszulösen. Oberhalb dieses Grenzwertes läge also die Reizschwelle für die phototropische Krümmung.

Neuere Erfahrungen haben indessen gezeigt, daß es nicht ohne weiteres möglich ist, von einer Intensitätsschwelle der Krümmung schlechthin zu reden, ohne dem Zeitfaktor, der eine wesentliche Rolle spielt, Rechnung zu tragen. Beleuchtet man eine lichtempfindliche Pflanze, etwa einen Kressekeimling zwei Sekunden lang, so läßt sich,

¹⁾ Die Krümmung beruht auf ungleich starkem Wachstum antagonistischer Seiten.

²⁾ W. Pfeffer, Zur Kenntnis der Kontaktreize. Unters. a. d. bot. Institut Tübingen. Bd. I. 1885. S. 506.

³⁾ J. Bruun, Untersuchungen über Stoßreizbarkeit. Cohns Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. 9. 1909. S. 316.

⁴⁾ J. Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Eine physiologische Monographie. 1. Teil. Denkschr. d. math.-naturw. Kl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 39. 1878.

wenn man die Lichtintensitäten abstuft, eine bestimmte Intensität finden, die gerade ausreicht, um eine phototropische Reaktion zu induzieren. Bei den Keimlingen von *Lepidium sativum* beträgt diese Intensität 212 Hefnerkerzen ¹⁾. Beleuchtet man vier Sekunden, so ist die Intensität nur halb so groß, bei acht Sekunden $\frac{1}{4}$ so groß usf. Jeder Beleuchtungszeit entspricht also eine bestimmte Intensitätsschwelle und beide Größen sind so koordiniert, daß ihr Produkt eine konstante Größe ist. Dieses Produkt (Intensität \times Zeit) ist nun die Lichtmenge; wenn wir die Schwelle auf sie beziehen, so können wir sagen, daß zur Induktion einer gerade merklichen phototropischen Krümmung eine ganz bestimmte, vom Untersuchungsobjekt abhängige Lichtmenge notwendig ist. Sie beträgt für die Keimspresse von *Lepidium sativum* im oben erwähnten Fall etwa 400 MKS ²⁾, für die Koleoptile des Hafers (das aus dem Haferkorn bei der Keimung

¹⁾ Siehe P. Fröschel, Untersuchung über die heliotropische Präsentationszeit. I. Mitteilung. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. math.-naturw. Kl. Bd. 117. Abt. I. 1908. S. 252.

²⁾ MKS = Meter-Kerzen-Sekunden. Eine MKS ist also die Einheit für die Lichtmenge (I \cdot Z). Da den phototropischen Reaktionen eine (im Vergleich etwa zu Muskelzuckungen) ziemlich lange Latenzzeit zukommt, ist der Gang der Versuche folgender: Die Pflanze wird eine bestimmte Zeit mit Licht von bestimmter Intensität einseitig belichtet, dann ins Dunkle gestellt. Je nach dem Objekt tritt dann nach einer Stunde oder früher oder später eine makroskopisch sichtbare Krümmung (Nachwirkungskrümmung) auf. Die Beleuchtungszeit, die gerade nötig ist, damit eine makroskopisch nachweisbare Krümmung als Nachwirkung eintritt, nennt man die Präsentationszeit. Sie ist, wie aus obigem hervorgeht, eine für jede Lichtintensität bestimmte Größe und nimmt umgekehrt proportional mit der Intensität zu und ab. — Die hier gegebene Definition der Präsentationszeit, die von Pfeffer herrührt (vgl. W. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Bd. II, 2. Aufl. 1904. S. 623) ist eine rein formale und sagt über das Wesen der sich dabei abspielenden Vorgänge nichts aus. Es fehlt nicht an Versuchen, die Präsentationszeit inhaltlich zu definieren. Der Schöpfer des Begriffs, Czapek, nahm ursprünglich an, daß die Präsentationszeit diejenige minimale Zeitdauer ist, die nötig ist, damit die Pflanze einen Reiz perzipiert (F. Czapek, Weitere Beiträge zur Kenntnis der geotropischen Reizbewegungen. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 32. 1898. S. 183). Dies ist sicher unrichtig. Völlige Klarheit über das Wesen der Präsentationszeit ist noch nicht gewonnen worden. Theoretische Erörterungen darüber finden sich namentlich in folgenden Schriften: H. Fitting, Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 41. 1905. A. H. Blaauw, Die Perception des Lichtes. Recueil des trav. bot. néerlandais. Bd. 5. 1909. E. Pringsheim, Studien zur heliotropischen Stimmung und Präsentationszeit. Cohns Beitr. z. Biologie der Pflanzen. Bd. 9. 1909. W. Polowzow, Untersuchungen über Reizerscheinungen bei den Pflanzen. Jena 1909. W. H. Arisz, Untersuchungen über Phototropismus. Recueil des trav. bot. néerl. Bd. 12. 1915.

aussprossende Organ, welches die ersten Laubblätter umhüllt) ca. 22 MKS, für die Träger des Sporangiums (Sporenbehälters) des Pilzes *Phycomyces nitens* durchschnittlich etwa 125 MKS.

Ähnliche Untersuchungen sind auch für den Geotropismus, die Krümmung der Pflanze auf den Reiz der Schwerkraft, ausgeführt worden. Die Intensität des Gravitationsreizes ist zwar eine für den Pflanzenphysiologen praktisch konstante Größe. Schon Knight¹⁾ hat indessen die Annahme gemacht, daß man die Schwerkraft durch die leicht abstufbare Zentrifugalkraft ersetzen kann. In neuester Zeit ist dies exakt bewiesen worden²⁾. Die Untersuchung über die Größe der Präsentationszeit bei Anwendung verschiedener Fliehkräfte hat nun ergeben, daß hier dieselbe Beziehung gilt wie beim Phototropismus: je geringer die Fliehkraft, um so größer muß die Präsentationszeit sein³⁾. Damit gerade eine Reaktion eintritt, muß das Produkt beider eine bestimmte konstante Größe besitzen. Dieser Schwellenwert (minimale Reizmenge) beträgt z. B. für die Wurzeln von *Lepidium sativum* nach Rutten-Pekelharing etwa 370 mg-Sekunden (bei 17°).

Es liegt nahe, die Frage aufzuwerfen, innerhalb welcher Grenzen dieses Produkt aus Intensität und Zeit eine konstante Größe ist, und ob es Intensitäten gibt, für die es wesentlich kleiner oder größer wird. Hierüber liegen keine Untersuchungen vor. Tatsache ist nur, daß die Grenzen der Gültigkeit recht weite sind. Blaauw fand für *Avena-Koleoptile* bei einer Lichtstärke von 0,00017 Meterkerzen denselben Wert wie bei 26520 MK; im ersten Falle mußte 43 Stunden, im letzteren 0,001 Sekunde beleuchtet werden. Die Intensitätswerte verhalten sich also hier wie 1 : 140 Millionen. Fröschel⁴⁾ konnte die Präsentationszeit bis auf $\frac{1}{2000}$ Sekunde herabdrücken. Es ist wohl anzunehmen, daß ausgedehntere Untersuchungen zu dem Ergebnis führen werden, daß nach Überschreitung gewisser Grenzen das fragliche

¹⁾ Th. A. Knight, Sechs pflanzenphysiologische Abhandlungen (1803—1812). Übers. v. A. Ambronn. Ostwalds Klassiker d. exakt. Wiss. Nr. 62. 1895.

²⁾ Vgl. hierüber S. 116 dieses Aufsatzes.

³⁾ Siehe hierüber H. Bach, Über die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit v. versch. Außenbed. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 44. 1907. — C. J. Rutten-Pekelharing, Untersuchungen über die Perzeption des Schwerkraftreizes. Recueil des trav. bot. néerlandais. Bd. 7. 1910. — A. Maillefer, Etude sur le géotropisme. Bull. de la Soc. vandoise. 5. Serie. Bd. 45. 1909 und Bd. 46. 1910.

⁴⁾ P. Fröschel, Untersuchungen über die heliotropische Präsentationszeit. II. Mitteilg. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Math.-naturw. Klasse. Bd. 108. Abt. 1.

Produkt nicht mehr konstant bleibt. Ob man freilich bei den Pflanzen von einer Reizhöhe in dem Sinne wird sprechen können, daß es Intensitäten gibt, die als maximal empfunden werden, sodaß weitere Steigerung derselben keine Änderung der Erregung bedingen würde, ist bisher nicht bekannt. Im Bereiche solcher Erregungen könnte natürlich das Produktgesetz nicht gelten. In einem anderen Sinne ist der Begriff der Reizhöhe dagegen anwendbar, dann nämlich, wenn man ihn auf eine bestimmt gerichtete Reaktion bezieht. Die Reizhöhe für die positive Chemotaxis würde danach bei derjenigen oberen Konzentrationsgrenze des Reizmittels liegen, die gerade noch positive Chemotaxis hervorruft; Überschreiten dieser Grenze bedingt Repulsion (negative Chemotaxis). Eine solche Änderung des Sinnes der Reaktion, hervorgerufen durch Änderung der Reizgröße ist z. B. auch beim Phototropismus, neuerdings auch beim Geotropismus¹⁾ beobachtet worden. Wir wollen darauf hier nicht näher eingehen, zumal wir es namentlich beim Phototropismus mit recht komplizierten Verhältnissen zu tun haben, die theoretisch noch keineswegs aufgeklärt sind.

Auf der anderen Seite ist es theoretisch wahrscheinlich, daß bei fortgesetzter Herabminderung der Intensität die Präsentationszeit nicht mehr umgekehrt proportional der Intensität, sondern schneller anwächst, so daß voraussichtlich eine sehr schwache Intensität existiert, mit der die Pflanze noch so lange beleuchtet werden kann, ohne sich zu krümmen. Auf alle Fälle ist diese Intensitätsgröße sehr gering, wenigstens bei phototropisch sehr empfindlichen Pflanzen, denn O. Richter²⁾ fand bei Keimlingen von *Vicia villosa* unter normalen Bedingungen noch phototropische Reaktion, wenn er sie mit einer Lichtintensität von 0,000 000 23 Normalkerzen beleuchtete. Er konnte diese Intensitätsschwelle noch weiter herabdrücken, wenn er die Luft durch narkotisch wirkende Stoffe verunreinigte. Diese Stoffe müssen also die Empfindlichkeit steigern.

§ 3. DAS PRODUKTGESETZ UND SEINE KONSEQUENZEN (SINUSGESETZ; TALBOTSCHES GESETZ).

Die am Ende des vorigen Paragraphen erwähnte, für den Photo- und Geotropismus nachgewiesene Gesetzmäßigkeit, die darin besteht,

¹⁾ L. Jost und R. Stoppel, Studien über Geotropismus II. Die Veränderungen der geotropischen Reaktion durch Schleuderkraft. Zeitschr. f. Botanik. Bd. 4. 1912. S. 206.

²⁾ O. Richter, Beispiele außerordentlicher Empfindlichkeit der Pflanzen. Vortr. d. Vereines zur Verbreitg. naturw. Kenntnisse in Wien. 1912. 52. Jahrg. Heft 15.

daß zum Zustandekommen einer eben sichtbaren Reaktion eine ganz bestimmte Reizmenge notwendig ist, wird als Reizmengengesetz oder, da die Reizmenge das Produkt aus Reizintensität und Wirkungszeit (Präsentationszeit) ist, auch als Produktgesetz bezeichnet¹⁾. Wenn auch unsere Kenntnisse noch im Anfang sind, so scheint es doch, daß das Produktgesetz für viele Reizerscheinungen Geltung hat. So ist es nachgewiesen worden für die Bildung des bei vielen Pflanzen vorkommenden roten, im Zellsaft gelösten Farbstoffs (Anthocyan), die vom Licht abhängt. L. Linsbauer hat gezeigt, daß beim Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) dieser Farbstoff entsteht, wenn die Pflanze mit einer ganz bestimmten minimalen Lichtmenge beleuchtet wird. Die Präsentationszeitkurve ist auch hier eine Hyperbel²⁾.

Klebs nimmt an, daß zum Austreiben der Knospen der Buche (*Fagus silvatica*), dessen Abhängigkeit vom Licht er nachgewiesen hat, ebenfalls eine bestimmte Lichtmenge notwendig ist³⁾. Diese Annahme ist allerdings noch nicht streng bewiesen.

Für eine andere Lichtwirkung hat Vogt⁴⁾ die Gültigkeit des Reizmengengesetzes gezeigt. Die Koleoptile von *Avena sativa* stellen nach einiger Zeit ihr Längenwachstum ein. Im Dunkeln werden sie größer als am Licht. Das Licht bewirkt also eine Verminderung der endlichen Länge und diese Verminderung ist bei Einwirkung der gleichen Lichtmenge die gleiche.

Es drängt sich hier die Analogie des photochemischen Systems auf, auf die auch Blaauw (1908) hingewiesen hat. Bekanntlich wird bei Belichtung eines photochemischen Systems die Wirkung durch das Produkt aus Lichtintensität und Belichtungszeit bestimmt. Das legt die Vermutung nahe, daß es sich auch beim Phototropismus und den anderen erwähnten Lichtwirkungen primär um einen photochemischen Effekt in der Pflanze handelt. Blaauw hat das für den Phototropismus auch angenommen. Es soll nicht geleugnet werden, daß die Annahme manches für sich hat. Man hüte sich aber, aus der

¹⁾ Trägt man die Werte für die Reizintensitäten als Abszissen und die Präsentationszeiten als Ordinaten in ein Koordinatensystem ein, so erhält man eine Hyperbel. Fröschel nennt daher das Gesetz Hyperbelgesetz (vgl. P. Fröschels Sammelref. in Zeitschr. f. allgem. Physiologie. Bd. 11. 1910. S. 47).

²⁾ L. Linsbauer, Über photochemische Induktion der Anthocyanbildung. Wiesner-Festschrift. Wien 1908. S. 421.

³⁾ G. Klebs, Über das Treiben der einheimischen Bäume, speziell der Buche. Abhandl. d. Heidelberger akad. math.-naturw. Klasse. Nr. 3. 1914.

⁴⁾ E. Vogt, Über den Einfluß des Lichts auf das Wachstum der Koleoptile von *Avena sativa*. Zeitschr. f. Botanik. Bd. 7. 1915. S. 254.

Analogie mit den photochemischen Systemen zu weitgehende Schlüsse zu ziehen ¹⁾. Der Beweis, daß mehr als ein Vergleich vorliegt und daß sich die primären Reizwirkungen durch ein einfaches, der anorganischen Natur entliehenes Schema restlos erklären lassen, ist nicht erbracht.

Inwieweit nun für andere Reizvorgänge das Produktgesetz gültig ist, muß z. T. mangels entsprechender Untersuchungen, z. T. weil die betreffenden Arbeiten noch keine völlige Klarheit gebracht haben ²⁾, vorläufig dahingestellt bleiben. Sicher ist nur soviel, daß es keine allgemeine, alle Reizerscheinungen einbegreifende Geltung haben kann. So gehören z. B. die Reizwirkungen bei der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*), desjenigen Objekts, durch welches zuerst die Aufmerksamkeit auf pflanzliche Reizerscheinungen gelenkt worden ist, einem anderen Typus an. Durch Stoßreize oder durch Induktionsschläge, Verletzungen usw. ist es leicht möglich, die Blättchen dieser Pflanze zum Zusammenklappen zu veranlassen. Das ganze gefiederte Blatt, welches diese Blättchen trägt, senkt sich dann nach unten. Es ist nun hierbei für das Zustandekommen der Reaktion von keiner großen Bedeutung, wie lange der Reiz, nachdem er eine bestimmte Intensität erlangt hat, auf die Pflanze einwirkt. Das eigentlich Wirksame ist hier vielmehr die Geschwindigkeit, mit der der Reiz sich ändert, also das Gefälle des Reizes ³⁾, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß letzterer bis zu einer bestimmten Höhe ansteigen muß, um die Reaktion auszulösen. Erreicht er diese Höhe aber sehr langsam, schleicht man, wie der Physiologe sagt, die Pflanze in den Reiz ein, so bleibt er ohne Wirkung. Von einer Präsentationszeit im eigentlichen Sinne und von dem Produktgesetz kann also hier nicht wohl gesprochen werden. Obwohl genaue quantitative Untersuchungen über das Phänomen noch nicht vorliegen, so wissen wir doch, daß auch dieser Fall keineswegs ohne Analogie dasteht. Zahlreiche Reizvorgänge des tierischen Organismus verhalten sich im Prinzip gleich.

Zu dem Produktgesetz stehen nun eine Reihe anderer Gesetze

¹⁾ Vgl. E. Pringsheim, Heliotropische Studien III. Cohns Beitr. zur Biologie der Pflanzen. Bd. 9. 1909. S. 71 ff. Dort eine kritische Besprechung der theoretischen Erörterungen Blaauws, auf die Blaauw in seiner neuesten Publikation (*Recherches et théories sur la sensibilité physiologique*. Archives du Musée Teyler. Serie III. Bd. 3. 1915) merkwürdigerweise nicht eingeht.

²⁾ Das gilt z. B. für den Einfluß des Lichtes bei der sog. Photowachstumsreaktion Blaauws. Vgl. A. H. Blaauw, Licht und Wachstum I. Zeitschr. f. Botanik. Nr. 6. 1914; II. ebenda. Bd. 7. 1915. E. Vogt, a. a. O. 1915.

³⁾ Vgl. H. Kniep, Reizerscheinungen der Pflanzen (Nastieen). Handwörterb. d. Naturwiss. Bd. 8. 1913. S. 281 ff.

in enger Beziehung, die hier kurz betrachtet werden müssen¹⁾. Noch ehe man die Gültigkeit desselben bei Pflanzen erkannt hatte, hat Fitting gelegentlich seiner Untersuchungen über den Geotropismus ein Gesetz entdeckt, das als ein spezieller Ausdruck des Produktgesetzes angesehen werden kann²⁾. Die Frage, von der Fitting ausging, war die nach der Größe der geotropischen Erregung bei verschieden großer Ablenkung eines Organs aus der geotropischen Ruhelage. Unter der geotropischen Ruhelage eines Pflanzenorgans versteht man diejenige Lage, in welcher die Schwerkraft keinen krümmenden Einfluß auf das Organ ausübt. Bei einem physiologisch radiären (d. h. allseits gleich empfindlichen und gleich reaktionsfähigen) Hauptproß oder einer Hauptwurzel ist diese Lage die Einstellung in die Richtung des Erdradius. Ersterer stellt sich so ein, daß seine Spitze vom Erdzentrum weggekehrt ist (negativer Geotropismus), letztere so, daß die Spitze dem Erdzentrum zugewandt ist. Beide Lagen nennt man auch stabile Ruhelagen zum Unterschied von der labilen, welche in diesen beiden Fällen erreicht wird, wenn das Organ senkrecht zu seiner Achse um 180° aus der stabilen Ruhelage gedreht wird.

Jede Ablenkung aus der Ruhelage ist eine geotropische Reizlage. Der geotropische Reiz erzeugt hier eine Krümmung, die dahin zielt, das Organ wieder in die stabile Ruhelage einzustellen. Es handelte sich nun darum, zu entscheiden, ob bei verschieden großen Ablenkungswinkeln aus der Ruhelage die geotropische Reizung verschieden groß ist und wie sich die Erregungsgrößen in den verschiedenen Winkelstellungen zueinander verhalten. Wir wollen im einzelnen auf die Versuchstechnik nicht eingehen, nur erwähnen, daß man sich der Kompensationsmethode bei intermittierender Reizung bedienen kann. Legt man z. B. einen Keimproß eine bestimmte Zeit horizontal und abwechselnd damit immer gleiche Zeiten in die Stellung 45° aufwärts,

¹⁾ Dies ist der eine Grund dafür, daß das Produktgesetz hier so ausführlich behandelt worden ist. Der andere, mehr ins Gewicht fallende ist, daß das Gesetz auch in der menschlichen Sinnesphysiologie Geltung hat. Vgl. darüber die Arbeiten von Charpentier (*Recherches sur la persistance des impressions rétinienes sur les excitations lumineuses de courte durée*. Archives d'ophtalmologie. Bd. 10. 1890. S. 108). J. v. Kries (Über die zur Erregung des Sehorgans erforderlichen Energiemengen. Zeitschr. f. Sinnesphysiologie. Bd. 41. 1907. S. 373 ff.). O. Weiss und E. Laqueur (Die Beziehungen zwischen zeitlicher Dauer und Intensität eines Lichtreizes bei Minimalerregungen des Sehorgans. Beitr. zur Physiologie u. Pathologie. Hermann-Festschrift. Stuttgart 1908.)

²⁾ H. Fitting, Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 41. 1905. S. 273 ff.

und zwar so, daß diejenige Seite des Sprosses, die in der Horizontallage nach unten gekehrt ist, in der Lage 45° schräg nach oben liegt, so werden in beiden Lagen Krümmungen induziert, die einander entgegenwirken, denn es sind im Keimspieß die entgegengesetzten Seiten, die zu stärkerem Wachstum angeregt werden. Trotzdem tritt eine Krümmung im Sinne der Horizontalen ein, d. h. der Sproß krümmt sich so, als wenn er nur in der Horizontalen gelegen hätte. Das beweist, daß in der Horizontalen die geotropische Reizung stärker ist. Damit nun die Krümmung ausbleiben soll, muß man die Zeit, während der sich der Sproß jeweils in der Lage 45° aufhält, entsprechend verlängern; man muß also das Zeitverhältnis bestimmen, in dem der Sproß intermittierend gereizt werden muß, ohne daß eine Krümmung eintritt. Dabei hat sich herausgestellt, daß diese Expositionszeiten sich umgekehrt proportional wie die Sinus der Ablenkungswinkel aus der (vertikalen) Ruhelage verhalten. Kombiniere ich also die Lage 90° mit der Lage 45° , so müssen die Expositionszeiten im Verhältnis $\sin 45^\circ : \sin 90^\circ$ oder $0,707 : 1$ stehen. Da wir nun annehmen dürfen, daß die geotropischen Reizungen sich umgekehrt wie die Expositionszeiten verhalten, so dürfen wir sagen: die geotropischen Reizungen verhalten sich in verschiedenen Ablenkungswinkeln aus der Ruhelage wie die Sinus dieser Winkel.

Die nächstliegende Erklärung für diese Erscheinung ist nun zweifellos die, daß auf den horizontalliegenden Sproß die Massenbeschleunigung g , auf den geneigten dagegen nur die senkrechte Komponente dieser Größe wirkt. Letztere ist aber $g \sin \alpha$, wenn α den Ablenkungswinkel des Sprosses aus der Ruhelage bezeichnet. Machen wir diese Annahme, so stellt sich das Sinusgesetz zwanglos als eine Form des Produktgesetzes dar. Denn wenn wir t die Expositionszeit in der Lage 90° nennen, so ist, wenn gleiche geotropische Reizung resultieren soll, in der Lage 45° oder allgemein in der Lage x° die Expositionszeit $\frac{t}{\sin 45^\circ}$ bzw. $\frac{t}{\sin x^\circ}$. Das Produkt aus Kraftgröße und Expositionszeit ist nun aber nach unserer obigen Voraussetzung im ersteren Falle $= g \cdot t$, im zweiten $g \cdot \sin x^\circ \frac{t}{\sin x^\circ} = g \cdot t$, also ebenso groß.

Das Sinusgesetz wurde hier etwa in der Form entwickelt, wie es von Fitting zuerst gefunden worden ist. Daß es nur ein besonderer Ausdruck des Produktgesetzes ist, wird vielleicht klarer, wenn wir erwähnen, daß es später auch auf dem Wege der Präsentationszeit-

bestimmungen gewonnen worden ist¹⁾. Die Präsentationszeiten erwiesen sich innerhalb gewisser Grenzen als umgekehrt proportional den Sinus der Ablenkungswinkel aus der Ruhelage²⁾.

Noch ein anderes Gesetz läßt sich aus dem Produktgesetz ableiten, ein Gesetz, welches namentlich in der physiologischen Optik eine Rolle spielt: das Talbotsche Gesetz. Ich zitiere hier zunächst die Formulierung, die Helmholtz (Handbuch der physiol. Optik, 2. Aufl., 1896, S. 483) demselben gegeben hat: „Wenn eine Stelle der Netzhaut von periodisch veränderlichem und regelmäßig in derselben Weise wiederkehrendem Lichte getroffen wird, und die Dauer der Periode hinreichend kurz ist, so entsteht ein kontinuierlicher Eindruck, der dem gleich ist, welcher entstehen würde, wenn das während einer jeden Periode eintreffende Licht gleichmäßig über die ganze Dauer der Periode verteilt würde.“ Lasse ich also Licht von der Intensität i intermittierend so wirken, daß es immer mit einer gleichlangen Dunkelperiode abwechselt, so ist der Effekt der gleiche, als wenn kontinuierliches Licht von der Intensität $\frac{i}{2}$ wirkt. Ist das Dunkelintervall innerhalb jeder Periode doppelt so groß, so resultiert eine Wirkung, die gleich ist bei kontinuierlicher Beleuchtung mit $\frac{i}{3}$ usw. Voraussetzung dabei ist immer, daß die Periodendauer gleich oder kleiner ist als die sog. kritische Periode (bei der die intermittierenden Reize gerade zu einem kontinuierlichen Eindruck verschmelzen). Dann gilt allgemein das Talbotsche Gesetz, welches wir dahin formulieren können, daß der Effekt eines intermittierenden Reizes gleich ist dem Produkt aus der Intensität dieses Reizes und dem Bruchteil der Periode, während deren er wirksam ist. Unter Heranziehung unserer obigen Beispiele können wir also die Gleichungen aufstellen:

$$i \cdot \frac{t}{2} = \frac{i}{2} \cdot t; \quad i \cdot \frac{t}{3} = \frac{i}{3} \cdot t \quad \text{usw.}$$

Das ist aber nichts anderes als ein Ausdruck des Produktgesetzes, denn die Gleichungen sagen aus, daß die Reizmenge (in diesem Falle

¹⁾ H. Bach, Über die Abhängigkeit der geotropischen Präsentations- und Reaktionszeit von verschiedenen Außenbedingungen. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 44. 1907 und Rutten-Pekelharing a. a. O.

²⁾ Da die Schwerkraft auch in der stabilen und labilen Ruhelage auf die Pflanze eine Reizung ausübt, die sich bei Ablenkung als Komponente äußert, so gilt das Sinusgesetz nicht streng (vgl. M. RiB, Über den Einfluß allseitig und in der Längsrichtung wirkender Schwerkraft auf Wurzeln. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 53. 1914. S. 174 ff.).

Lichtmenge) das eigentlich Wirksame ist, und daß es (innerhalb der Gültigkeitsgrenzen des Talbotschen Gesetzes) nicht darauf ankommt wie die Lichtintensität auf die Zeit verteilt ist, wenn nur das Produkt aus Intensität und Zeit gleich ist ¹⁾.

Wir fragen nun, inwieweit das Talbotsche Gesetz in der Pflanzenphysiologie eine Bestätigung gefunden hat. Es ist begreiflich, daß man es zunächst bei Reizwirkungen geprüft hat, die durch das Licht hervorgerufen werden, und da lag es aus verschiedenen Gründen wieder am nächsten, den Phototropismus zu wählen. Es ist das Verdienst von Nathansohn und Pringsheim ²⁾, die Gültigkeit des Gesetzes beim Phototropismus gezeigt zu haben. Sie bedienten sich der Kompensationsmethode und verfahren dabei in folgender Weise. Zwei gleichstarke, entsprechend abgeblendete Lichtquellen (Nernstlampen) von 32 Kerzen wurden an beiden Enden einer optischen Bank angebracht. Vor der einen befand sich eine rotierende Scheibe. Je nach Anzahl und Größe der Ausschnitte, die diese Scheibe besaß, mußte sich der photometrisch leicht bestimmbare Indifferenzpunkt (wir wollen ihn den „Talbotschen Punkt“ nennen) auf der optischen Bank verschieben. Die Lage der Indifferenzpunkte bei verschiedenen Scheibenausschnitten wurde zunächst photometrisch bestimmt, wobei sich, wie zu erwarten, die Gültigkeit des Talbotschen Gesetzes für das Auge bestätigte. Nunmehr wurden phototropisch empfindliche Keimlinge auf der optischen Bank derart verteilt, daß sie sich gegenseitig nicht beschatten konnten. Da es sich um positiv phototropisch empfindliche Objekte handelte, so war aus einer Krümmung nach einer bestimmten Seite zu schließen, daß das Objekt durch die Beleuchtung von dieser Seite stärker affiziert wird als durch die Beleuchtung von der Gegenseite ³⁾.

¹⁾ Freilich ist die Sachlage nicht so, daß das Talbotsche Gesetz ohne weiteres eine logische Konsequenz des Produktgesetzes wäre. Das folgt schon daraus, daß letzteres nur für die Reizmengenschwelle nachgewiesen ist, während ersteres, ebenso wie das Sinusgesetz, auch für überschwellige Reize gilt. Andererseits darf auch umgekehrt aus dem Talbotschen Gesetz nicht etwa gefolgert werden, daß das Produktgesetz gelten müsse. A. Nathanson und E. Pringsheim (Über die Summation intermittierender Lichtreize, *Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. 45. 1908. S. 180) haben mit Recht hervorgehoben, daß das Talbotsche Gesetz zunächst nicht besagt, daß der Effekt dem Produkt aus Intensität und Wirkungsdauer proportional ist, sondern nur, daß er eine Funktion desselben ist.

²⁾ Vgl. die in der vorigen Anmerkung zitierte Arbeit.

³⁾ Wie sich aus späteren Untersuchungen ergeben hat, ist ein solcher Schluß allerdings nicht unter allen Umständen berechtigt (vgl. namentlich Arisz, Untersuchungen über den Phototropismus. *Recueil des trav. bot. néerlandais.* Bd. 12, 1915), es liegt aber kein Grund vor, anzunehmen, daß er hier nicht zutrifft.

Es wurde nun derjenige Punkt auf der Photometerbank festgestellt, in welchem die Keimlinge gerade fortwuchsen, sich also weder nach der einen noch nach der anderen Lichtquelle krümmten. Die rechts und links von diesem Punkt stehenden Keimlinge waren in entgegengesetzter Richtung gekrümmt („Scheitelung“). In dieser Weise gelang der Versuch mit mehreren Objekten sehr gut; wurden die sehr empfindlichen Keimspresse des Rübens (*Brassica napus*) verwandt, dann reagierten allerdings meist alle Keimlinge in einen oder anderen Sinne, es trat scharfe Scheitelung ein. Als Indifferenzpunkt ist in diesem Falle der Scheitelungspunkt, d. h. der Mittelpunkt zwischen den beiden einander nächstliegenden, in entgegengesetzter Richtung gekrümmten Keimlingen anzusehen.

In einer ersten größeren Versuchsreihe stellten Nathansohn und Pringsheim folgendes fest: Wenn bei der gegebenen Intensität der beiden Lichtquellen von 32 HK das intermittierende Licht so wirkt, daß das zeitliche Verhältnis von Licht und Dunkelheit zwischen $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{16}$ liegt, wenn ferner die Dauer der Periode im Maximum $\frac{1}{300}$ Minute, im Minimum $\frac{1}{27000}$ Minute beträgt, so stimmt der für die Pflanze gefundene Indifferenzpunkt mit dem optischen Indifferenzpunkt (Talbotschen Punkt) überein. Es gilt also für die Pflanze das Talbotsche Gesetz in dem Sinne wie wir es oben formuliert haben.

Die Grenzen, innerhalb deren das Gesetz bei Pflanzen gültig ist, sind damit allerdings noch nicht abgesteckt. Unsere Kenntnisse sind hier noch in den Anfängen. Trotzdem lassen die vorliegenden Tatsachen schon erkennen, daß auch hinsichtlich verschiedener Einzelpunkte auffällige Übereinstimmungen zwischen dem Phototropismus der Pflanzen und dem Gesichtssinn des Menschen bestehen. Daß der Indifferenzpunkt und somit die Größe der phototropischen Erregung durch das arithmetische Mittel der Größen der Elementarreize einer Periode bestimmt wird und innerhalb weiter Grenzen unabhängig ist von der Periodendauer, ergibt sich direkt aus den Tabellen von Nathansohn und Pringsheim. Diese Tatsache bedeutet indessen zunächst nicht mehr als eine Formulierung des Talbotschen Gesetzes¹⁾. Wir gehen aber weiter und fragen, unter welchen Bedingungen zwei Erregungen in der Pflanze miteinander verschmelzen. Eine solche Verschmelzung läßt sich natürlich nicht direkt beobachten. Daß sie aber stattfinden muß, folgt aus der Tatsache der Summation. Denn wäre

¹⁾ Vgl. K. Marbe, Theorie der kinematographischen Projektion. Leipzig 1910. S. 28. Über den Begriff des Elementarreizes. Ebenda. S. 15.

die Wirkung eines jeden Einzelreizes abgeklungen, wenn der darauffolgende einsetzt, so könnte eben keine Summation und allmähliche Erregungssteigerung stattfinden, es könnte dann auf einseitige intermittierende Reize hin auch keine Reaktion stattfinden, wenn diese ihrer Intensität und Dauer nach unter der Reaktionsschwelle liegen. Das trifft aber für die von Nathansohn und Pringsheim angewandten Einzelreize zu. Jeder Einzelreiz muß also einen nachhaltigen Eindruck in der Pflanze hinterlassen, der noch nicht abgeklungen ist, wenn der folgende, durch eine Dunkelperiode getrennte, zu wirken beginnt.

Nun hat die Erfahrung gezeigt, daß für das menschliche Auge die kritische Periode, d. h. die Periode, bei der die intermittierenden Reize gerade zu einem kontinuierlichen Eindruck verschmelzen, eine Funktion mehrerer Faktoren ist. Verschmelzung tritt nur dann ein, wenn die Periode eine bestimmte minimale Dauer hat. Die Periodendauer soll t heißen ¹⁾. Gehen wir von einer Rotationsgeschwindigkeit aus, bei der die Einzelreize nicht zu einem kontinuierlichen Eindruck verschmelzen, so können wir sagen: Verminderung der Periodendauer bewirkt die Verschmelzung. Die Verschmelzung hängt ferner ab von der mittleren Intensität der Einzelreize bzw. Elementarreize, die wir m nennen wollen, und zwar wird sie durch Vergrößerung von m bei konstantem t befördert. Eine wesentliche Rolle spielt ferner die mittlere Variation der Größe der Elementarreize, ihre durchschnittliche Abweichung vom Mittelwert. Je kleiner diese Größe v ist ²⁾, um so mehr wird die Verschmelzung im allgemeinen befördert. Ändern sich m und v im gleichen Sinne, so daß die eine Größe auf die Verschmelzung fördernd, die andere hemmend wirkt, so wiegt der Einfluß der Änderung von v im allgemeinen vor.

Diese Vorbemerkungen waren nötig, um uns das Verständnis der folgenden, von Nathansohn und Pringsheim bei Pflanzen beobachteten Erscheinung verständlich zu machen und zu zeigen, daß bei den Pflanzen analoge Beziehungen gelten wie beim Auge. Wir gehen aus von der vollen Intensität der Nernstlampen, die in Nathansohn und Pringsheims Versuchen 32 Kerzen betrug. Die Rotation der

¹⁾ Vgl. Marbe, a. a. O. S. 20 ff.

²⁾ Man berechnet v , indem man das arithmetische Mittel aus der gegebenen Zahl der Elementarreize bildet, jede dieser Zahlen vom Mittel subtrahiert und aus den so erhaltenen Werten ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen das Mittel bildet (Marbe, a. a. O. S. 22).

vor der einen Lampe befindlichen, zu $\frac{1}{4}$ ausgeschnittenen Scheibe wurde nun in einer längeren Versuchsreihe fortgesetzt verlangsamt. Begonnen wurde mit einer Periodendauer von 30 Sekunden. Dabei erwies sich das Talbotsche Gesetz noch vollauf als gültig, der Indifferenzpunkt wurde also nicht verschoben. Erst bei Verlängerung der Periode auf $4\frac{1}{2}$ Minuten trat eine merkliche Verschiebung des letzteren nach der intermittierenden Lichtquelle hin ein, die um so größer wurde, je mehr die Periode verlängert wurde. Zugleich zeigte die Scheitelung nicht mehr die Schärfe wie innerhalb des Gültigkeitsbereichs des Talbotschen Gesetzes. — Wurde nun die Intensität beider Lichtquellen durch vorgeschaltete Rauchgläser auf $\frac{1}{25}$ vermindert, so trat selbst bei einer Periodendauer von 45 Minuten keine Verschiebung des Indifferenzpunktes, also auch keine Abweichung vom Talbotschen Gesetz ein. Wie weit man unter diesen Bedingungen die Periode verlängern muß, um die Verschiebung zu erhalten, ist leider noch nicht ermittelt worden, wie überhaupt eine eingehende quantitative Prüfung verschiedener Fragen bei Pflanzen noch aussteht.

Schon aus den mitgeteilten Tatsachen ergibt sich aber eine wichtige Analogie zum Verhalten des Auges. Wir würden nämlich auch für das Auge finden, daß unter den gegebenen Versuchsbedingungen die Herabminderung der Intensität der hinter der rotierenden Scheibe befindlichen Lichtquelle die kritische Periode länger ist, als wenn die volle Intensität von 32 Kerzen wirkt. Hieraus nun zu schließen, daß Herabminderung der Intensität die Verschmelzung fördert wie Helmholtz es getan hat und wie auch Nathansohn und Pringsheim tun zu müssen meinen, wäre indessen irrig. Gewiß wird die Intensität und, da der Ausschnitt der Scheibe unverändert bleibt, die Größe m (das arithmetische Mittel der Größe der Elementarreize) auch vermindert, doch vermindert sich zugleich v , und dieser Einfluß gibt hier den Ausschlag. Unter sonst gleichen Bedingungen würde Verminderung von m der Verschmelzung ungünstig sein.

Freilich enthalten die oben erwähnten Versuche auch etwas, was keine Analogie auf psychophysischem Gebiete zu haben scheint. Es ist das die Tatsache, daß auch bei Perioden, die so groß sind, daß das Talbotsche Gesetz nicht mehr gilt, eine Kompensation möglich ist. Der Indifferenzpunkt wird in diesen Fällen, wie wir sahen, näher an die intermittierende Lichtquelle herangeschoben, das heißt aber, das intermittierende Licht wirkt schwächer, denn seine Wirkung wird durch eine schwächere (von der Gegenseite wirkende) Lichtintensität kompensiert als nach Talbots Gesetz zu erwarten wäre.

Um die Scheitelung auch bei diesen langen Perioden im ursprünglichen Indifferenzpunkt (Talbotschen Punkt) zu erhalten, müßte die nicht intermittierende Lichtquelle entsprechend entfernt werden. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch bei den langen Perioden noch eine Summation der Einzelreize eintritt, wenn man will, also ein Verschmelzen, nur erfolgt diese eben nicht mehr nach Talbots Gesetz.

Im übrigen ist die theoretische Deutung der Erscheinung keineswegs einfach. Es spielen da allerlei Prozesse mit, deren Tragweite sich im gegebenen Fall noch nicht abschätzen läßt. Schon das Unschärfwerden der Scheitelungen deutet darauf hin, wie Nathansohn und Pringsheim bereits hervorgehoben haben. Einige andere Punkte mögen hier nur angedeutet sein, da näheres Eingehen darauf den Rahmen dieser Darstellung weit überschreiten würde. Zunächst ist da zu berücksichtigen, daß von einer gewissen Länge der Periode ab die Belichtungszeit einer Einzelperiode bereits die Dauer der Präsentationszeit erreicht oder überschreitet, also allein genügen würde, um die Erregung so weit zu steigern, daß eine Reaktion (Krümmung) eintritt. Zweitens wissen wir, daß bei Zufuhr größerer Lichtmengen die positive Reaktion in eine negative umschlagen kann, weitere Steigerung kann wieder zu positiver führen. Es kann nach neueren Untersuchungen als sicher angenommen werden, daß sich das Produktgesetz nicht auf alle diese Erscheinungen bedingungslos anwenden läßt, vielmehr ist die Verteilung der Intensität in der Zeit unter Umständen durchaus nicht gleichgültig¹⁾, und so können die Erscheinungen auch bei intermittierenden Reizungen eine gewisse Rolle spielen. Gerade bei Gegenbelichtungen ist es begrifflicherweise oft schwer, ja unmöglich zu sagen, ob eine Krümmung als positiv im Sinne der einen oder als negativ im Sinne der anderen Lichtquelle anzusehen ist. Ehe die Vorgänge mit Rücksicht auf die hier mitgeteilten Erscheinungen näher analysiert sind, ist es aber überflüssig, sich darüber in Spekulationen zu ergehen. Wer sich über die teilweise recht komplizierten Bedingungen des Eintretens positiver und negativer Reaktionen, die zuerst namentlich Oltmanns²⁾ (dem das Produktgesetz noch unbekannt war) untersucht hat, näher orientieren will, sei ver-

¹⁾ Vgl. O. L. Clark, Über negativen Phototropismus bei Avena. Zeitschr. f. Botanik. Bd. 5. 1913. S. 737 ff. und W. H. Arisz, Untersuchungen über den Phototropismus. Recueil de trav. bot. néerlandais. Bd. 12. 1915. S. 44 ff.

²⁾ F. Oltmanns, Über positiven und negativen Heliotropismus. Flora. Bd. 83. 1897.

wiesen auf die bereits zitierten Arbeiten von Blaauw, Fröschel, Clark, Arisz, ferner auf die von E. Pringsheim¹⁾.

Für den Geotropismus, der neben dem Phototropismus am besten untersucht ist, ist das Talbotsche Gesetz im eigentlichen Sinne bisher nicht geprüft worden. Man müßte hier mit dem Zentrifugalapparat arbeiten, wodurch die Versuchsanordnung etwas komplizierter wird. Immerhin sind wir, namentlich durch Fittings Untersuchungen, über den Einfluß intermittierender Schwerkraftreize gut unterrichtet²⁾, und die Gültigkeit des Produktgesetzes für den Geotropismus läßt vermuten, daß auch das Talbotsche Gesetz gilt. Daß intermittierende Schwerkraftreize sich summieren können, ist ebenso sicher wie es bei Lichtreizen der Fall ist. Wenn man z. B. einen (negativ geotropischen) Keimsproß der Bohne (*Phaseolus vulgaris*) oder Sonnenblume (*Helianthus annuus*) eine bestimmte Zeit (a), die kürzer als die Präsentationszeit ist, in die optimale Reizlage (Horizontale) und abwechselnd damit gleichlange Zeit (b) in die stabile Ruhelage (senkrecht aufwärts) bringt, so krümmt sich der Sproß, sofern die Reizungen oft genug wiederholt werden. Man kann das Verhältnis beider Zeiten ($\frac{a}{b}$) bei gleicher Reizintensität nun wesentlich verkleinern, ohne daß die Krümmung ausbleibt. Das geschieht erst, wenn es kleiner als 1 : 11 wird (Fitting, a. a. O. S. 339). Bei diesem Zeitverhältnis klingen also die Einzelreize in den Zwischenpausen, in welchen sich das Organ in der Ruhelage befindet, so weit ab, daß eine etwa noch vorhandene Summationswirkung jedenfalls nicht mehr die Erregungshöhe induzieren kann, die zum Zustandekommen der Reaktion nötig ist. Das Zeitverhältnis, bei welchem gerade keine Krümmung mehr veranlaßt wird (in unserem Falle ist es etwa $\frac{1}{12}$) nennt man das Relaxationsverhältnis (Relaxationsindex)³⁾.

Es hat sich nun weiter gezeigt, daß die absoluten Größen vom Zähler und Nenner bei diesem Zeitverhältnis innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwanken können, ohne daß der Effekt ein anderer wird. Fitting variierte die Periode zwischen 50 Sekunden und 24 Minuten

¹⁾ E. Pringstein, Einfluß der Belichtung auf die heliotropische Stimmung. *Cohns Beitr. z. Biol. d. Fl.* Bd. 9. S. 263. 1907. — Studien zur heliotropischen Stimmung und Präsentationszeit. *Ebenda.* Bd. 9. S. 415. 1909.

²⁾ H. Fitting, Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. *Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. 41. 1905.

³⁾ F. Zielinski, Über die gegenseitige Abhängigkeit geotropischer Reizmomente. *Zeitschr. f. Botanik.* Bd. 3. 1911. S. 91.

und fand immer das gleiche Relaxationsverhältnis. Diese Erscheinung deutet entschieden auf die Gültigkeit des Talbotschen Gesetzes hin. Es fehlt aber noch der exakte Beweis dafür, daß die intermittierende Reizung mit der Reizgröße g (Beschleunigungskonstante) ebenso wirkt, als wenn die gleiche Reizmenge gleichmäßig über die ganze Dauer der Periode verteilt wäre. Was bisher gezeigt worden ist, ist nur, daß dann, wenn Reiz und reizloses Intervall in einem Zeitverhältnis, das gleich oder größer als $\frac{1}{5}$ ist, abwechseln, die Gesamtdauer, während der der Reiz wirken muß, um als Nachwirkung eine geotropische Krümmung hervorzurufen, dieselbe ist als es bei kontinuierlicher Reizung mit derselben Reizgröße nötig ist. Diese letztere Zeitgröße ist aber die Präsentationszeit, die erstere kann man die summierte Präsentationszeit nennen. Sie verlängert sich, wenn das Zeitverhältnis zwischen Reiz und reizlosem Intervall kleiner als $\frac{1}{5}$ wird. Wird schließlich das Relaxationsverhältnis überschritten, so kann man natürlich von summierter Präsentationszeit nicht mehr reden.

Ebenso wie die Präsentationszeit ist naturgemäß auch das Relaxationsverhältnis für einzelne Pflanzenarten verschieden. Für die Wurzeln der Linse (*Ervum lens*) scheint es etwa den Wert $\frac{1}{3}$ zu haben, also wesentlich größer zu sein als für die oben erwähnten Objekte. Wir wollen indessen auf Einzelheiten hier nicht weiter eingehen.

Sicher gibt es auch für den Phototropismus ein Relaxationsverhältnis. In Nathansohn und Pringsheims Versuchen trat noch Summation nach dem Talbotschen Gesetz ein, wenn die Zeit der Einwirkung des Reizes sich zum reizlosen Intervall wie 1 : 16 verhielt. Der Relaxationsindex hat hier also sicher einen beträchtlich geringeren Wert als bei den bisher daraufhin untersuchten geotropischen Erscheinungen. Zukünftige Untersuchungen werden zu entscheiden haben, wann bei ständiger Verringerung des Scheibenausschnittes unter sonst konstanten Bedingungen eine Abweichung vom Talbotschen Gesetz eintritt. Es ist zu erwarten, daß von einem bestimmten (maximalen) Wert ab die Reizsummation nicht mehr im Sinne des Talbotschen Gesetzes erfolgt und daß die intermittierende Lichtquelle schließlich gar keine Wirkung mehr ausüben kann. Da nun bei Verringerung des Scheibenausschnittes die Größen m und v beide kleiner werden, so wird man hier annehmen müssen, daß der Einfluß von m (dessen Verringerung die Verschmelzung hemmt) vorwiegt.

§ 4. DAS WEBERSCHE GESETZ.

Die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes ist bei Pflanzen zuerst von Pfeffer¹⁾ nachgewiesen worden. Er stellte es bei der Chemotaxis²⁾ fest, bei einer Gruppe von Erscheinungen also, die sich am ehesten mit den Geschmacksempfindungen des Menschen vergleichen lassen. Für letztere hat bekanntlich die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes noch nicht mit voller Sicherheit gezeigt werden können³⁾.

Wir haben bereits oben, gelegentlich der Behandlung der Reizschwelle, die Methode kennen gelernt, deren sich Pfeffer zur Feststellung der chemotaktischen Empfindlichkeit von Mikroorganismen, Spermatozoen etc. bedient hat. Um die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes zu prüfen, ging Pfeffer etwa in folgender Weise vor. Nachdem festgestellt war, daß sich die in einem Wassertropfen herum schwärmenden Organismen vor und in der Kapillare ansammeln, wenn diese mit der Lösung des Reizstoffs in einer bestimmten Konzentration gefüllt ist, wurde nunmehr der Reizstoff in gleicher Konzentration dem Außenmedium zugegeben und geprüft, wie hoch jetzt die Konzentration der Kapillarflüssigkeit gewählt werden muß, damit gerade wieder chemotaktische Anlockung erfolgt. Würde der Zuwachs der Konzentration in der Kapillare eine konstante, von der Außenkonzentration unabhängige Größe sein (etwa gleich der für den betr. Stoff gültigen Reizschwelle), so ist klar, daß das Webersche Gesetz nicht gelten könnte. Würde dagegen die Kapillarkonzentration, die eine eben merkliche Anlockung bewirkt, immer in einem bestimmten Verhältnis zur Konzentration der Außenlösung stehen, in der sich die reizbaren Organismen befinden, so wäre dies ein Ausdruck für das Webersche Gesetz. Tatsächlich ist letzteres der Fall.

Ehe wir das an einigen konkreten Beispielen erläutern, die uns zugleich zeigen sollen, welchen Größenordnungen die verschiedenen bis jetzt für die relativen Unterschiedsschwellen ermittelten Werte angehören, soll eine prinzipielle Frage kurz berührt werden. Unter relativer Unterschiedsschwelle haben wir hier das soeben erläuterte Verhältnis zwischen der Konzentration der Kapillarlösung und der der Außenflüssigkeit verstanden. Gemessen wird sie durch das Auftreten einer Reaktion, sie ist also zunächst eine Reaktionsschwelle. Da nun aber zum Zustandekommen einer eben sichtbaren Reaktion eine be-

¹⁾ a. a. O.

²⁾ Über die Bedeutung des Wortes s. oben S. 85.

³⁾ Vgl. W. Wundt. Physiologische Psychologie. 6. Aufl. 1908. Bd. 1. S. 617.

stimmte Erregungshöhe Voraussetzung ist, so läßt sich von vornherein die Annahme rechtfertigen, daß das Webersche Gesetz auch für die primär durch den Reiz induzierten Vorgänge gilt. In der Tat entspringt die Bezeichnung der Unterschiedsschwelle als Reaktionsschwelle nur einer auf das äußerlich Nachweisbare gerichteten Betrachtungsweise und trifft nicht den Kern der Sache. Die Abstumpfung, die durch den (in unserem Falle homogen verteilten) Reiz des Außenmediums hervorgerufen wird, und deren Folge es ist, daß zur Erzeugung der Reaktion eine Vermehrung der Kapillarkonzentration um ein bestimmtes Vielfaches der Außenkonzentration notwendig ist, kann sich tatsächlich nur auf die (oder mindestens einen) der Reaktion vorausgehenden Vorgänge beziehen, denn die Reaktionsfähigkeit wird innerhalb der Gültigkeitsgrenzen des Weberschen Gesetzes nicht merklich beeinflußt. Das beweist der Umstand, daß die untere Reizschwelle gegenüber anderen Stoffen nicht verschoben zu werden braucht¹⁾. Wir werden darauf im nächsten Paragraphen kurz zurückkommen.

Auf alle Fälle drückt das Webersche Gesetz in seiner Anwendung auf Pflanzen Beziehungen zwischen physiologischen Vorgängen aus. Nach der in der Psychologie üblichen Definition der relativen Unterschiedsschwelle bezeichnet diese nun das Verhältnis eines als eben merklich verschieden empfundenen Vergleichsreizes zu einem Normalreiz²⁾. Diese Definition enthält also die psychische Größe der Empfindung. Es hängt sonach von der Deutung, die man dem Weberschen Gesetz gibt, ab, ob man die bei Pflanzen konstatierte Unterschiedsschwelle als prinzipiell identisch ansieht mit dem, was in der Psychophysik als Unterschiedsschwelle gilt oder nicht. Die Anhänger der psychologischen Deutung des Weberschen Gesetzes würden sich für letzteres entscheiden müssen. Sollte aber nicht eben der Umstand, daß bei Pflanzen diese Beziehung zwischen Reiz und Reaktion gefunden wurde, eher für als gegen die physiologische Deutung des Weberschen Gesetzes sprechen? Es wäre freilich verfehlt, hierin einen Beweis für die einheitliche Auffassung sehen zu wollen. Ganz abgesehen davon kann man aber wohl den Gründen, die für die physiologische Deutung ins Feld geführt werden, die Berechtigung nicht absprechen, und diese Deutung wird ja auch von der Mehrzahl der Psychologen bevorzugt. Hier ist nicht der Ort, sie im einzelnen zu diskutieren.

Wir wenden uns jetzt einigen Einzelfällen zu, in denen die Gültig-

¹⁾ Vgl. H. Kniep, Untersuchungen über die Chemotaxis von Bakterien. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 43. 1906. S. 260.

²⁾ Siehe W. Wundt, Physiologische Psychologie. Bd. 1. 6. Aufl. 1908. S. 561.

keit des Weberschen Gesetzes nachgewiesen ist, zunächst aus dem Gebiete der Chemotaxis der Pflanzen. Die bisher gefundenen Unterschiedsschwellen sind untereinander recht verschieden. Im Vergleich zu den bei den menschlichen Sinnen ermittelten sind sie relativ groß, da der Vergleichsreiz den Normalreiz stets um ein Mehrfaches übertreffen muß, niemals ein Bruchteil desselben ist. Pfeffer fand für das zuerst von ihm untersuchte Objekt, die Spermatozoen von Farnen, die auf Apfelsäure reagieren, den Wert 30. Die Kapillarkonzentration muß also die der Außenflüssigkeit um das 30fache übertreffen, damit am Kapillarmund eine merkliche Ansammlung stattfinden soll. Ist erstere z. B. 0,0005%, so muß letztere 0,015% sein, 0,01% entspricht der Wert 0,3%, 0,05% der Wert 1,5%. Bei beweglichen Fäulnisbakterien (*Bacterium termo*) prüfte Pfeffer später ¹⁾ die Unterschiedsschwelle für Fleischextraktlösung und fand den Wert 5. Ein anderer, von mir untersuchter Fäulnisbazillus zeigte für Asparagin den Wert 17²⁾, *Spirillum rubrum* für verschiedene Salzlösungen (Kaliumchlorid, Ammoniumchlorid, Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat) ebenfalls den Wert 5. Ähnliche Werte erhielt Fr. Müller, der die Schwärmsporen von niederen Pilzen (Chytridiaceen und Saprolegniaceen) studiert hat ³⁾. Diese Schwärmer reagieren stark auf verschiedene Eiweißkörper. Nach Müllers Messungen liegen die Werte der Unterschiedsschwelle, je nach dem untersuchten Organismus bei 5 (*Saprolegnia mixta*), 15 (*Pseudolpidium saprolegniae*) und 30 (*Rhizophidium pollinis* und *Rh. sphaerotheca*). Beachtenswert ist, daß die Schwärmsporen von *Saprolegnia mixta* gegenüber Phosphaten eine ganz andere Unterschiedsschwelle aufweisen, nämlich 50. Während die Unterschiedsschwellen bei den Spermatozoen von Lebermoosen (*Marchantia*), Schachtelhalmen und *Salvinia* nach den Angaben von Åkerman und Shibata ⁴⁾ zwischen 20 und 50 liegen, verhalten sich die von *Isoëtes*, einer zu den Farnpflanzen im weiteren Sinne gehörigen Wasserpflanze, ganz anders. Hier liegt der Wert etwa bei 400 (Shibata) ⁵⁾

1) W. Pfeffer, Über chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen. Untersuchungen aus dem bot. Institut Tübingen. Bd. 2. 1888. S. 634.

2) H. Kniep, a. a. O. S. 237.

3) Fr. Müller, Untersuchungen über die chemotaktische Reizbarkeit der Zoosporen von Chytridiaceen und Saprolegniaceen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 49. 1911.

4) Åke Åkerman, Über die Chemotaxis der Marchantiaspermatozoiden. Zeitschr. f. Botanik. Bd. 2. 1910; K. Shibata, Untersuchungen über die Chemotaxis der Pteridophytenspermatozoiden. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 49. 1911.

5) K. Shibata, Studien über die Chemotaxis von *Isoëtes*-Spermatozoiden. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 41. 1905.

Es wäre leicht möglich, diese Beispiele zu vermehren; da wir damit aber nichts wesentlich neues bringen würden, soll hier darauf verzichtet werden ¹⁾).

Was wir von der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes bei anderen pflanzlichen Reizerscheinungen wissen, ist wenig. Für den Chemotropismus von Pilzfäden und Pollenschläuchen — eine der Chemotaxis entsprechende Reizbewegung — hat Miyoshi²⁾ das Gesetz bestätigt gefunden. Er fand Unterschiedsschwellen von der Größe 5 und 10. Das Gesetz scheint auch für die durch Verminderung des Sauerstoffdrucks hervorgerufenen Reizbewegungen der Staubgefäße von *Berberis* zu gelten ³⁾. Dieser Fall hat deshalb ein gewisses Interesse, weil hier die Reizbewegung durch Verminderung der Reizgröße ausgelöst wird und die Pflanze den eben merklich kleineren Vergleichsreiz perzipiert.

Beim Geotropismus hat Fitting eine Beziehung festgestellt, deren zahlenmäßiger Ausdruck mit dem Weberschen Gesetz übereinstimmt ⁴⁾. Reizt man z. B. Keimspresse von *Vicia Faba* in demselben Ablenkungswinkel von der Ruhelage (wir wählen als Beispiel den Winkel 90°, also die Horizontale) auf entgegengesetzten Seiten genügend schnell nacheinander gleichlange Zeit, so tritt erfahrungsgemäß keine Krümmung ein. Die Krümmung bleibt aber auch dann noch aus, wenn die Reizung auf einer Seite ein wenig länger wirkt (also etwas stärker ist) als auf der anderen. Die Zeit, um die die Exposition auf der einen Seite gerade verlängert werden darf, damit keine Reaktion eintritt, steht nun zu der Expositionsdauer selbst in dem konstanten Verhältnis von 1 : 25 und ist von der absoluten Größe der (intermittierenden) Expositionszeiten in ziemlich weitem Umfange unabhängig. Es kommt also darauf an, um wieviel die Einzelexpositionen sich bei der intermittierenden Reizung der Gegenseiten relativ unterscheiden. Damit ist ein Ausdruck für die relative Unterschiedsschwelle und somit für das Webersche Gesetz gewonnen ⁵⁾.

¹⁾ Weitere Literatur in den genannten Schriften und bei L. Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 3. Aufl. 1913. 42. Vorlesung.

²⁾ M. Miyoshi, Über Chemotropismus der Pilze. Bot. Zeitung. 1894. S. 20 f. und Über Reizbewegungen der Pollenschläuche. Flora. Bd. 78. 1894. S. 81.

³⁾ Vgl. C. Correns, Über die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffs. Flora. Bd. 75. 1892. S. 107.

⁴⁾ H. Fitting, Untersuchungen über den geotropischen Reizvorgang. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 41. 1905. S. 316.

⁵⁾ An dieser Deutung Fittings ist mehrfach Kritik geübt worden. Blaauw (a. a. O. 1909. S. 145 f.) sieht das Resultat als selbstverständlich an, ohne darin

Ein sehr schwieriges Kapitel berühren wir, wenn wir uns jetzt nach der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes bei anderen pflanzlichen Reizvorgängen fragen. Es kommt da eigentlich nur der Phototropismus in Betracht, da auf anderen Gebieten kaum bemerkenswerte Untersuchungen vorliegen. Um das Resultat vorwegzunehmen, können wir sagen: Der Beweis, daß hier das Webersche Gesetz gilt, ist noch nicht in exakter Form beigebracht worden.

den Ausdruck des Weberschen Gesetzes zu finden. Ich brauche hier deshalb darauf nicht näher einzugehen, weil der Haupteinwand von Blaauw von der unbewiesenen Voraussetzung ausgeht, daß bei Reizung entgegengesetzter Seiten von der Pflanze die Differenz beider Reize wahrgenommen werde. Dasselbe läßt sich gegen Rutten-Pekelharing (a. a. O. 1910. S. 56) anführen, deren Einwand zudem auf einem Rechenfehler beruht (vgl. Fitting, Zeitschr. f. Botanik. Bd. 2. 1910. S. 199). Durch Arisz (a. a. O. 1915) sind neuerdings überzeugende Argumente dafür beigebracht worden, daß die Pflanze bei Reizung zweier Gegenseiten nicht die Differenz oder das Verhältnis beider Reize perzipiert, sondern aus ihrem Verhalten zu schließen ist, daß sie beide Reize völlig getrennt wahrnimmt. Das ist zwar zunächst nur für den Phototropismus gezeigt worden, es liegt aber kein Grund vor, es nicht auch für den Geotropismus anzunehmen. Auch Arisz verhält sich nun gegenüber der Annahme des Weberschen Gesetzes kritisch. Er sagt (a. a. O. S. 186): „Die Vorstellung, daß ein Avenakeimling nur den Unterschied oder das Verhältnis der (auf ggenüberliegende Seiten wirkenden) Reize empfinden würde, ist unbegründet. Wenn man hier einmal die Beziehung, welche das Webersche Gesetz fordert, finden sollte, dann könnte man mit Sicherheit sagen, daß die Beziehung hier durch die einander entgegenarbeitenden Krümmungsprozesse¹⁾ bestimmt wird.“ Das mag zunächst richtig sein. Es ist aber hervorzuheben, daß wir aus den Versuchen mit der Kompensationsmethode indirekt noch mehr schließen können. Wenn in Fittings Versuchen die Reizung auf einer Seite um $\frac{1}{26}$ der Expositionszeit verlängert wird und dann gerade Reaktion erfolgt, so muß dieser längeren Expositionsdauer auch eine größere Erregung entsprechen. Wir vergleichen hier allerdings die Reaktionen bzw. Erregungen verschiedener Seiten, während das Webersche Gesetz sich auf die Unterschiedsempfindlichkeit gegenüber zwei an derselben Stelle applizierten Reizen bezieht. Da wir aber auf beiden Seiten gleiche Reizempfindlichkeit voraussetzen dürfen, so ist der weitere Schluß erlaubt, daß auch auf derselben Seite unter sonst konstanten Bedingungen zwei Erregungen von der Pflanze als gerade verschieden groß dann empfunden werden, wenn die zugeführten Reizgrößen in einem Größenverhältnis zueinander stehen, das durch das oben erwähnte Verhältnis der Expositionszeiten ausgedrückt wird. Es spricht a priori nichts dagegen, daß das auch für Erregungsgrößen gilt, die zu klein sind, um zu einer Reaktion zu führen, also auch für solche, die während einer (kurzen) Intermittenzperiode wirken.

Ein anderer Punkt, der hier in Betracht kommt, ist der: In seiner ursprünglichen Fassung bezieht sich das Webersche Gesetz auf einen Vergleich verschiedener Reizintensitäten, während in den Fittingschen Versuchen die Reiz-

¹⁾ Von mir gesperrt!

Der erste, der die Frage experimentell behandelt hat, ist Massart¹⁾ gewesen. Massart ging in der Weise vor, daß er Pflanzen in einer schrägen Linie (um gegenseitige Beschattung zu vermeiden) aufstellte und sie von rechts und links durch zwei Spiegel beleuchtete, die das Licht von ein und derselben Lichtquelle reflektierten. Die Lichtintensität wurde durch Annähern und Entfernen der Spiegel variiert. Bei dieser Versuchsanordnung darf im photometrischen Indifferenzpunkt (in der Mitte zwischen beiden Spiegeln) keine Reaktion eintreten. Die Frage ist nun: um wieviel dürfen die Untersuchungsobjekte von diesem Punkte entfernt werden, um wieviel darf also die Beleuchtungsintensität der einen Seite des Objekts die der anderen übertreffen, damit gerade phototropische Reaktion im Sinne der stärkeren Beleuchtung eintritt? Weiter: um wieviel differiert diese Beleuchtungsintensität von der im photometrischen Indifferenzpunkt, wenn die Lichtintensität durch Entfernungsänderung der Spiegel (ohne daß der Indifferenzpunkt dabei verschoben wird) verändert wird? Massart beobachtete, daß die Zone um den Indifferenzpunkt, innerhalb der keine Krümmung eintritt, ihre Größe ändert je nach der Zeit, über die man die Belichtung ausdehnt. Er hat deshalb stets eine bestimmte Zeit nach Beginn des Versuchs (4 Stunden) beobachtet und gefunden, daß dann eine eben merkliche Reaktion immer da zu sehen ist, wo die beiderseits auf das Objekt treffenden Beleuchtungen ihrer Intensität

intensität gleichbleibt, die Zeit der Reizung dagegen verändert wurde. Es fragt sich also, ob der Versuch ebenso ausfällt, wenn man die Expositionszeiten gleichmacht, aber die der einen Seite zugeführte Reizintensität um so viel steigert als die Expositionszeit verlängert werden muß, damit gerade Reaktion erfolgt, also um $\frac{1}{25}$. Versuche, die in diese Kategorie gehören, hat M. Riss (Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 53. 1914. S. 167ff.) gemacht. Riss hat Wurzeln allseitig mit Fliehkräften von 2—19 g gereizt und gleichzeitig einseitig den Schwerkraftreiz von 1 g wirken lassen. Die Wurzeln krümmten sich ebenso schnell und ebenso stark, als wenn die allseitige Reizung völlig unterblieben wäre. Daraus schließt Riss, daß die Unterschiedsempfindlichkeit bei verschieden starker Reizung (von 2—19 g) sich nicht ändert, mithin das Webersche Gesetz für den Geotropismus nicht gilt. Da man aber nach Fittings Ergebnissen mit Rückschlüssen auf die Größe der Erregung aus der Größe der Krümmung und der Reaktionszeit zum mindesten sehr vorsichtig sein muß (gleicher Reaktionszeit und Krümmungsgröße können verschiedene Erregungsgrößen entsprechen), möchten wir dieser Schlußfolgerung nicht ohne weiteres beipflichten und zunächst abwarten, wie sich die Pflanzen verhalten, wenn die allseitige Reizung die einseitige um das 25fache und mehr übertrifft.

¹⁾ J. Massart, Recherches sur les organismes inférieurs. La loi de Weber vérifiée pour l'héliotropisme d'un champignon. Bull. de l'Acad. royale de Belgique. 1888. 3. Serie. Bd. 16.

nach sich verhalten wie 1,18 : 1. Er nimmt sonach die Existenz einer konstanten relativen Unterschiedschwelle von der Größe $\frac{18}{100}$ an und schließt, daß das Webersche Gesetz für den Phototropismus Geltung hat.

Gegen Massarts Versuche und Schlußfolgerungen sind von verschiedenen Seiten Einwände erhoben worden. Massart vergleicht, wie wir soeben sahen, in seinen verschiedenen Versuchsserien diejenigen Pflanzen miteinander, die vier Stunden nach Beginn der zweiseitigen Beleuchtung zu reagieren beginnen, also die Reaktionszeit vier Stunden haben, und macht die stillschweigende Voraussetzung, daß gleichen Reaktionszeiten gleiche Erregungsgrößen entsprechen. Wie wir seit Fittings¹⁾ Untersuchungen wissen, ist das aber eine willkürliche Voraussetzung, die durchaus nicht zutreffen muß, ja mit ziemlicher Sicherheit für den Phototropismus (Fittings Arbeit betrifft den Geotropismus) nicht zutrifft. Nathansohn und Pringsheim (a. a. O. 1907, S. 164) haben daher vollkommen recht, wenn sie aus diesem Grunde die Beweiskraft der Versuche Massarts anzweifeln. Einige Versuche, die diese Autoren mitteilen, sprechen dafür, daß wir es hier mit recht komplizierten, z. Zt. noch nicht recht übersehbaren Verhältnissen zu tun haben und daß es erst verschiedener Vorarbeiten bedürfen wird, ehe wir die Frage entscheiden können. Einwände gegen Massart haben später auch Blaauw (a. a. O. 1909 S. 143 ff.) und Arisz (a. a. O. 1915 S. 185f.) erhoben. Ersterer lehnt die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes für den Phototropismus schlechthin ab, ohne aber den direkten Beweis dafür zu erbringen, daß es nicht gilt. Letzterer verhält sich mit Recht abwartend.

Eine zweite Untersuchung, die speziell der Anwendung des Weberschen Gesetzes auf den Phototropismus gewidmet ist, rührt von Klimowicz²⁾ her. Klimowicz glaubt ebenfalls, die Gültigkeit des Weberschen Gesetzes innerhalb gewisser Grenzen erwiesen zu haben. Seine Untersuchungsmethode ist der Massarts ähnlich. Auch er belichtet die Gegenseiten und bestimmt die Entfernung vom Indifferenzpunkt, wo gerade Scheitelung eintritt, doch belichtet er nicht immer „durch“, d. h. bis zum Eintritt der Reaktion, sondern oft kürzere Zeit und beobachtet dann die Nachwirkungskrümmungen. Das Beobachtungs-

¹⁾ H. Fitting, a. a. O. 1905.

²⁾ T. Klimowicz, Über die Anwendung des Weberschen Gesetzes auf die phototropischen Krümmungen der Koleoptile von *Avena sativa*. Bulletin de l'Ac. des Sciences de Cracovie. Math.-naturw. Kl. Serie B. 1913. S. 465 ff.

material, das Klimowicz mitteilt, ist keineswegs überzeugend. Er hat mit viel zu wenig Keimlingen gearbeitet, wodurch die individuellen Verschiedenheiten nicht genügend ausgeschaltet worden sind; bei der Berechnung der Mittelwerte verfährt er zudem sehr willkürlich, so daß auf die scheinbar gute Übereinstimmung der Unterschiedsschwellen kein großer Wert gelegt werden kann. Klimowicz hat außerdem eine Erscheinung beobachtet, auf die schon Massart hingewiesen hat: je länger die Pflanzen dem zweiseitigen Licht exponiert werden, um so mehr verschiebt sich der der Unterschiedsschwelle entsprechende Punkt nach dem optischen Indifferenzpunkt hin. Wir können darauf verzichten, auf die hypothetische Deutung, die Klimowicz diesem Phänomen gibt, näher einzugehen, zumal die Voraussetzungen, von denen er ausgeht, nicht ganz richtige sind. Ehe wir Genaueres sagen können, wäre festzustellen, innerhalb welcher Grenzen man von einer konstanten, relativen Unterschiedsschwelle sprechen kann, wie diese von der zugeführten Lichtmenge abhängt, ob die Reizintensität als solche eine Rolle spielt usw. Besonders zu berücksichtigen ist aber die schon oben erwähnte Tatsache, daß die Pflanzen unter gewissen Beleuchtungsbedingungen positiv, unter anderen negativ phototropisch reagieren. Eine Beobachtung, die offenbar in dieses Gebiet fällt, hat Klimowicz gemacht; wie sie sich in den Rahmen der anderen von ihm mitgeteilten Resultate einfügt, bleibt aber noch ganz dahingestellt.

Bei weiteren Untersuchungen auf dem Gebiet wird man vor allem an dem Umstande nicht vorbeigehen dürfen, daß die Beleuchtung einer zuvor verdunkelten Pflanze in dieser zunächst periodische Vorgänge induziert werden. Das darf nach den zahlreichen Untersuchungen der neuesten Zeit als sicher angenommen werden ¹⁾.

Ein paar Bemerkungen mögen hier noch angefügt werden über die auf psychophysischem Gebiet viel untersuchte Frage, innerhalb welchen Gebietes der Reizskala die relative Unterschiedsschwelle konstant bleibt und unter welchen Bedingungen sie Veränderungen erfährt. Systematisch ist diese Frage auf botanischem Gebiet noch nicht geprüft worden. Es liegen nur gelegentliche Beobachtungen vor, von denen wir hier einige herausgreifen wollen. Schon der Umstand, daß von einer gewissen Konzentrationsgröße ab die meisten chemotaktisch empfindlichen Organismen nicht mehr positiv, sondern negativ reagieren, beweist, daß der Gültigkeit des Weberschen Gesetzes hinsichtlich einer

¹⁾ Vgl. namentlich Clark und Arisz, a. a. O.

bestimmt gerichteten Reaktion Grenzen gesetzt sein müssen. Wir brauchen aber gar nicht in das Gebiet der Reizskala vorzudringen, in welchem sich bereits Repulsivwirkungen geltend machen, um Abweichungen vom Weberschen Gesetz zu konstatieren. Die Unterschiedsschwelle 30, welche Pfeffer für Samenfäden der Farne gegenüber Apfelsäure fand, gilt z. B. nicht mehr, wenn die Konzentration der Außenflüssigkeit 0,09% Apfelsäure beträgt. Dann werden die Spermatozoen weder durch eine 40-, noch durch eine 50 mal so starke Kapillarkonzentration angezogen. Im Prinzip stimmen damit die Befunde Shibatas¹⁾ bei den ebenfalls gegen Apfelsäure empfindlichen Isoëtes-Spermatozoen überein. Bei einer Konzentration des Außenmediums von $\frac{1}{1.000.000}$ Mol. Apfelsäure liegt die relative Unterschiedsschwelle zwischen 200 und 300, bei Außenkonzentrationen von $\frac{1}{100.000}$ bis $\frac{1}{10.000}$ Mol. bei 400. — Andererseits fand ich, daß für *Spirillum rubrum* die Unterschiedsschwelle gegenüber KCl, welche innerhalb ziemlich weiter Grenzen = 5 ist, bei Anwendung starker Konzentrationen sich verringert, bei sehr schwachen Konzentrationen größer wird²⁾.

§ 5. SINNESQUALITÄTEN.

Kann man nun bei den Pflanzen auch wie beim Menschen von verschiedenen Sinnen reden? Ein und dieselbe Pflanze ist imstande, auf das Licht, die Schwerkraft, auf chemische Reize, Feuchtigkeitsunterschiede, Berührungsreize, Wärme usw. zu reagieren. Sind wir berechtigt auf Grund dieser Tatsache von einem Lichtsinn, Schwerkraftsinn, chemischen Sinn usw. bei der Pflanze zu reden? An und für sich gewiß nicht. Denn wenn z. B. die Reaktionen der Pflanze auf diese Außenreize in einfachen Krümmungen bestehen, die im Prinzip gleich verlaufen, so wäre es wohl denkbar, daß die der Krümmung (Reaktion) vorausgehenden Prozesse in allen Fällen identisch sind. Es würde dann also ganz gleichgültig sein, welcher Reiz einwirkt, wir hätten in allen Fällen qualitativ dieselben Erregungsvorgänge, mithin wäre die Pflanze nicht in der Lage, verschiedene Reize als wesensverschieden wahrzunehmen und wir könnten nicht von verschiedenen Sinnesqualitäten sprechen.

Da wir nun nicht in der Lage sind, die Pflanze zu fragen, ob sie zwei Reize als qualitativ verschieden perzipiert, müssen wir zu indirekten

¹⁾ K. Shibata, Studien über die Chemotaxis d. Isoëtes-Spermatozoiden. Jahrb. f. wiss. Botanik. Bd. 41. 1905. S. 574.

²⁾ H. Kniep a. a. O. 1906. S. 241.

Methoden unsere Zuflucht nehmen. Derlei Methoden gibt es mehrere. Wir können einmal untersuchen, in welcher Weise die der Reaktion vorausgehenden Vorgänge von äußeren Bedingungen abhängen (erste Methode). Werden die Wirkungen verschiedener Reize durch bestimmte Außeneinflüsse in der gleichen Weise gefördert oder gehemmt, so ist es wahrscheinlich, daß in allen Fällen die gleiche Empfindungsqualität vorliegt. Ist das dagegen nicht der Fall, so müssen verschiedene Sensibilitäten angenommen werden. Die zweite Methode gründet sich auf die Fähigkeit der Pflanze, gleichartige Reize zu summieren. Wir haben oben den Begriff der Präsentationszeit kennen gelernt. Es ist diejenige Zeit, während der der Reiz wirken muß, damit als Nachwirkung eine gerade sichtbare Reaktion eintritt. Lasse ich den Reiz also z. B. nur während der Hälfte dieser Zeit wirken, so bleibt die Reaktion aus. Um nun zu erfahren, ob zwei Reize denselben Perzeptionsakt auslösen, kann man folgendermaßen vorgehen. Man läßt zunächst den einen Reiz während der halben (ihm zukommenden) Präsentationszeit wirken und gleich darauf den anderen, ebenfalls während der halben (ihm zugeordneten) Präsentationszeit. Tritt dann eine Reaktion ein, so hat sich die Wirkung beider Reize summiert, es liegt in beiden Fällen der gleiche Perzeptionsakt vor, bleibt sie aus, so müssen getrennte Perzeptionsakte angenommen werden. Bei der dritten Methode spielen ebenfalls Schwellenwerte eine Rolle. Sie beruht auf einer besonderen Anwendung des Weberschen Gesetzes und läßt sich natürlich nur da anwenden, wo dessen Geltung nachgewiesen ist. Wenn zwei Reize durch denselben Perzeptionsakt wahrgenommen werden, so muß der eine den Organismus gegen den anderen auch im Sinne des Weberschen Gesetzes abstumpfen, d. h. es muß sich eine Unterschiedschwelle ergeben genau so als wenn die Unterschiedsempfindlichkeit gegen ein und dasselbe Reizmittel geprüft wird. Die von der Pflanze wahrgenommenen Unterschiede sind Quantitätsunterschiede. Wird dagegen durch die Einwirkung des einen Reizes die des anderen in keiner Weise alteriert, wird also die Reizschwelle gegenüber dem letzteren nicht verschoben, so sind wir berechtigt, von verschiedenen Sinnesqualitäten zu sprechen.

Mit allen drei Methoden sind Untersuchungen durchgeführt worden. Der ersten hat sich Correns¹⁾ bedient, um zu zeigen, daß Photo- und Geotropismus auf verschiedenen Sinnesqualitäten beruhen. Die Geo-

¹⁾ C. Correns, Über die Abhängigkeit der Reizerscheinungen höherer Pflanzen von der Gegenwart freien Sauerstoffs. *Flora*. Bd. 75. 1892. S. 131 ff.

perzeption findet nämlich noch bei sehr geringen Sauerstoffkonzentrationen statt, die eine Photoperzeption nicht mehr ermöglichen. Es müssen also verschiedene, von der Sauerstoffspannung des Außenmediums in ungleicher Weise abhängige Perzeptionsakte vorliegen; wir sind berechtigt, der Pflanze einen Lichtsinn und einen besonderen Sinn für die Wahrnehmung der Schwerkraft zuzuschreiben. Rutten-Pekelharing¹⁾ hat mit Hilfe der zweiten Methode dieses Ergebnis bestätigt. Sie wählte Koleoptile von *Avena sativa*, für die die Voruntersuchung ergeben hatte, daß bei Einstellung in die Horizontale (optimale Reizlage) die Präsentationszeit gegenüber dem Schwerereiz $4\frac{1}{2}$ —5 Minuten beträgt und wählte eine Lichtintensität, für die die Präsentationszeit die gleiche Länge hat. Wirkten nun beide Kräfte nacheinander gleichsinnig je 3 Minuten, so trat keine Krümmung ein, was mit der Voraussetzung, daß Photo- und Geoperzeption verschieden sind, übereinstimmt.

Man ist mit den drei Methoden auch in der Lage, zu entscheiden ob innerhalb ein und desselben „Sinnes“ verschiedene Qualitäten existieren. So wäre z. B. zu prüfen, ob die verschiedenen phototropisch wirksamen Spektralfarben von der Pflanze unterschieden werden. Hierüber liegen noch keine Untersuchungen vor, wohl aber sind auf dem Gebiete der Chemotaxis einige Erfahrungen gesammelt worden. Für einen beweglichen Fäulnisbazillus, der auf Phosphate, Ammoniumsalze und Asparagin positiv chemotaktisch reagiert, ließ sich z. B. zeigen, daß für diese Stoffgruppen drei verschiedene Sinnesqualitäten angenommen werden müssen, da die Bedingungen, unter denen die Reaktion erfolgt, in allen drei Fällen verschiedene sind. Die Reaktion auf Phosphate findet nur statt, wenn das Medium, in dem sich die Bakterien bewegen, schwach sauer reagiert. Alkalische Reaktion stumpft die Empfindlichkeit gegen diese Stoffe ab. Umgekehrt wird hierdurch gerade die Empfindlichkeit für Ammoniumsalze gesteigert²⁾. Ein Stoff, der die Eigenschaften beider Stoffe vereinigt, das Ammoniumphosphat $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ muß, wenn in einem Falle das Phosphat, im anderen das Ammonium das Reizmittel ist, sowohl im sauren wie im alkalischen Medium ein Lockmittel sein. Das ist auch tatsächlich der Fall. Während hier nun ein Körper vorliegt, der zwei unter verschiedenen Bedingungen wirksame Reizqualitäten in sich vereinigt,

¹⁾ C. J. Rutten-Pekelharing, Untersuchungen über die Perzeption des Schwerereizes. *Recueil des travaux bot. néerlandais*. Bd. 7. 1910. S. 76 ff.

²⁾ H. Kniep, Untersuchungen über die Chemotaxis von Bakterien. *Jahrb. f. wiss. Botanik*. Bd. 43. 1906. S. 225 ff.

gibt es andererseits einheitliche Körper, die ebenfalls im sauren und alkalischen Medium positive Chemotaxis auslösen. Ein solcher ist das Asparagin. Der von ihm ausgehende Reiz muß von den Bakterien wiederum durch einen besonderen Perzeptionsakt wahrgenommen werden.

Da nun für die Chemotaxis der Bakterien das Webersche Gesetz gilt, so muß sich zur Entscheidung der Frage, ob verschiedene Sinnesqualitäten, getrennte „Geschmacksempfindungen“, vorliegen, auch die dritte Methode anwenden lassen. Das ist zuerst von Rothert, allerdings in nicht ganz einwandfreier Weise, geschehen, ebenfalls bei Bakterien. Rothert¹⁾ hat einen Amylobakter untersucht, der auf Fleischextrakt und auf Äther positiv chemotaktisch reagiert. Würden beide Stoffe durch den gleichen Perzeptionsakt wahrgenommen, so müßte der eine die Reizbarkeit gegenüber dem anderen im Sinne des Weberschen Gesetzes abstumpfen. Das geschah indessen anscheinend nicht. Rothert hat allerdings beliebig herausgegriffene Konzentrationen gewählt und nicht untersucht, ob die Reizschwelle gegenüber dem einen Stoff durch den anderen verschoben wird. Insofern ist seine Deutung des Ergebnisses noch nicht sicher. Für ein anderes Bakterium (*Spirillum rubrum*) ist das Vorhandensein einer Unterscheidungsfähigkeit verschiedener chemischer Qualitäten zweifelsfrei gezeigt worden²⁾. Dieses *Spirillum* reagiert z. B. auf folgende Stoffe: Kaliumchlorid, Ammoniumchlorid, Calciumchlorid, Kaliumsulfat, Ammoniumsulfat. Es zeigt sich nun, daß Kaliumchlorid die Reizbarkeit der Bakterien gegen Ammoniumchlorid abstumpft. Die Bakterien können die beiden Stoffe nicht unterscheiden. Die relative Unterschiedschwelle beträgt für Ammoniumchlorid 5. Enthält also die bakterienhaltige Außenflüssigkeit $\frac{1}{100}$ Mol. Ammoniumchlorid (pro Liter), so muß die Kapillare $\frac{5}{100}$ Mol. enthalten, damit eben merkliche Reaktion eintritt. Diese $\frac{1}{100}$ Mol.-Lösung von Ammoniumchlorid kann nun durch $\frac{1}{100}$ Mol. Kaliumchlorid ersetzt werden, ohne daß an dem Resultat etwas geändert wird. Es hat sich weiter gezeigt, daß sehr viele andere Chloride diese Eigenschaft der gegenseitigen Ersetzbarkeit zeigen, so daß angenommen werden muß, daß Chlor, besser die in der Lösung befindlichen Chlorionen der wirksame Bestandteil sind und daß sich die Spirillen den Kalium- und Ammoniumionen (ebenso wie den Rubidium-, Caesium-, Lithium-etc.-ionen) gegenüber indifferent verhalten. Andererseits wird durch

1) W. Rothert, Beobachtungen und Betrachtungen über taktische Reizerscheinungen. Flora. Bd. 88. 1901. S. 387.

2) H. Kniep, a. a. O. S. 237 ff.

Beigabe von Kaliumsulfat oder Ammoniumsulfat in die Außenflüssigkeit die Reizschwelle gegenüber den Chloriden nicht verschoben, wohl aber wenn man Sulfate gegeneinander prüft. Es folgt daraus, daß die Bakterien Sulfate und Chloride unterscheiden. Eine besondere Stellung nimmt das Calciumchlorid ein. Gibt man dieses Salz zur Außenflüssigkeit zu, so stumpft es die Reizbarkeit gegen Kaliumchlorid ab. Das ist, da beides Chloride sind, ohne weiteres klar. Umgekehrt stumpft aber das Kaliumchlorid gegen Calciumchlorid nicht ab. Das ist am leichtesten unter der Annahme verständlich, daß das Calciumchlorid zwei Perzeptionsakte auslöst, von denen der eine identisch ist mit dem, der die Reaktion auf Kaliumchlorid einleitet (Wirkung der Chlorionen), der andere, der nur auf dem Vorhandensein der Calciumionen beruhen kann, von ersterem verschieden ist. Gegenüber den Kaliumionen verhalten sich die Bakterien tatsächlich indifferent, was daraus hervorgeht, daß es Kaliumsalze gibt, auf die sie nicht reagieren. Andererseits lösten alle geprüften Calciumsalze Chemotaxis aus.

Wenn man die Eigenschaft der Stoffe, die sie befähigt, von den chemotaktisch empfindlichen Organismen als einfache oder als eine Summe mehrerer, differenter Qualitäten wahrgenommen zu werden, als Reizwertigkeit bezeichnet, so kann man sagen, daß z. B. Kaliumchlorid, Kaliumsulfat u. a. einfache, dem Calciumchlorid dagegen doppelte Reizwertigkeit zukommt.

Auch die Spermatozoen von Farnpflanzen sind imstande verschiedene Stoffe gesondert zu perzipieren¹⁾. Auch ihnen gegenüber gibt es Stoffe von doppelter Reizwertigkeit.

Wir haben soeben schon Beispiele dafür kennen gelernt, daß verschiedene Reize denselben Perzeptionsakt auslösen. Das gilt für Kalium- und Ammoniumchlorid, ferner für Kaliumsulfat und Ammoniumsulfat. Wenn diese Körper nun auch als Salze verschieden sind, so sind die in Lösung wirksamen Bestandteile doch im einen Falle die Chlorionen, im anderen die Sulfationen; tatsächlich ist also die Verschiedenheit der Reize nur eine scheinbare. Es gibt aber Fälle, wo tatsächlich völlig verschiedene Außenreize von der Pflanze als qualitätsgleich wahrgenommen werden. Die Blattbewegungen der *Mimosa pudica* lassen sich sowohl durch Erschütterungen wie durch Verwundungen oder durch Induktionsschläge hervorrufen, und es ist in hohem Maße wahrscheinlich, daß in allen Fällen gleichartige Erregungsvorgänge in der Pflanze ausgelöst werden. Exakt bewiesen ist

¹⁾ K. Shibata, The Botanical Magazine Tokyo. Bd. 19. Nr. 219.

z. B., daß die Wirkung der Zentrifugalkraft auf die Pflanze die gleiche ist wie die der Schwerkraft. Das haben Rutten-Pekelharing¹⁾ und Giltay²⁾ gezeigt.

§ 6. DIE REIZSTIMMUNG.

Es ist bekannt, daß ein Organismus nicht unter allen Umständen in gleicher Weise durch Reize beeinflusst wird. Das beruht auf der ständig wechselnden Beschaffenheit des Organismus, die es mit sich bringt, daß völlig gleichartige Außeneinflüsse ganz verschieden wirken können. Ganz allgemein kann man eine solche Änderung der Empfängnisfähigkeit (Empfindlichkeit) für Reize Stimmungsänderung oder Umstimmung nennen. Es bleibt dabei zunächst dahingestellt, ob es sich um Änderung der Perzeptions- oder Reaktionsfähigkeit handelt. Im engeren Sinne freilich versteht man unter Stimmungsänderung eine Umgestaltung der inneren Bedingungen des Organismus, die zur Folge hat, daß die primären Reizwirkungen (Perzeptions- oder Erregungsprozesse) anders verlaufen. Die Konsequenz davon muß natürlich sein, daß auch die Reaktion anders verläuft, ohne daß aber die Reaktionsfähigkeit eine Änderung erfahren zu haben braucht.

Stimmungsänderungen sind z. B. die Adaptationserscheinungen des Auges. Auch die Tatsachen des Weberschen Gesetzes lassen sich in diese Rubrik einreihen, denn der Umstand, daß die absolute Unterschiedsschwelle immer größer wird, je mehr sich der Normalreiz vergrößert, kann auf nichts anderem beruhen als darauf, daß der Normalreiz mit steigender Intensität die Empfindlichkeit mehr und mehr schwächt (abstumpft). Daß bei der Chemotaxis diese Abstumpfung nicht auf einer Abschwächung der Reaktionsfähigkeit beruhen kann, haben wir oben schon gesehen. Um diese Veränderung des Perzeptionsapparates handelt es sich auch in den schon im vorigen Paragraphen erwähnten Umstimmungen durch die alkalische und saure Reaktion des Mediums, in dem sich die Bakterien aufhalten. Durch das alkalische Medium wird, wie wir sahen, die Empfindlichkeit gegenüber Phosphaten ausgeschaltet, die gegen Ammoniumsalze gefördert³⁾.

¹⁾ a. a. O. S. 73.

²⁾ E. Giltay, Einige Betrachtungen und Versuche über Grundfragen beim Geotropismus der Wurzel. Zeitschr. f. Botanik. Bd. 2. 1910. S. 323 ff.

³⁾ Analoge Fälle, welche zeigen, daß die Geschmacksempfindlichkeit des Menschen unter verschiedenen Bedingungen Veränderungen erfährt, finden sich in Nagels Handbuch der Physiologie des Menschen. Bd. 3. 1905. S. 639 ff. zusammengestellt.

Es ist unmöglich, hier alle bekannt gewordenen Beispiele für Stimmungsänderungen bei den Pflanzen anzuführen. Diese Bemerkungen sollen nur dazu dienen zu zeigen, daß diese in der menschlichen Physiologie bekannten Erscheinungen auch im Pflanzenreich allgemein verbreitet sind. Ich begnüge mich daher damit, noch einige Beispiele zu nennen.

Der Wurzelstock des Salomonsiegels (*Polygonatum officinale*) wächst horizontal unter der Erde; im Frühjahr wächst die Spitze zu einem senkrechten, oberirdischen Sproß aus, der Laubblätter und Blüten trägt. Sowohl das horizontale wie das vertikale Wachstum werden durch die Schwerkraft bedingt. Es liegt im ersteren Fall transversaler, im zweiten negativer Geotropismus vor. Daß dasselbe Organ zuerst so, dann anders auf die Schwerkraft reagiert, kann nur darauf beruhen, daß sich in demselben ein Stimmungswechsel vollzogen hat. Etwas Ähnliches beobachten wir beim Mohn (*Papaver Rhoeas*). Im Knospenzustand ist der Blütenstiel dieser Pflanze in seinem oberen Teil gekrümmt, die Knospe hängt nach unten. Vöchting¹⁾ hat nachgewiesen, daß das Gewicht der Knospe hierbei keinen maßgebenden Einfluß hat, es handelt sich vielmehr um positiven Geotropismus der Spitze. Beim Aufblühen richtet sich die Spitze auf, sie wird negativ geotropisch; der ganze Blütenstiel ist jetzt gerade gestreckt.

Während wir im letzteren Falle nicht wissen, welche Faktoren die Umstimmung bedingen (es handelt sich offenbar um innere Bedingungen, die sich auch unter konstanten Außenbedingungen geltend machen), so gibt es zahlreiche Fälle, in denen wir den stimmungsändernden Faktor namhaft machen können. Wenn wir beim Geotropismus verweilen, so lassen sich da verschiedene Beispiele anführen. Die unterirdischen Ausläufer von *Circaea lutetiana* (Hexenkraut), *Adoxa moschatellina* (Moschuskraut), *Trientalis europaea* (Siebenstern) u. a. Pflanzen sind im Dunkeln transversal geotropisch. Im Lichte reagieren sie dagegen positiv geotropisch²⁾. Auch durch Temperaturveränderung kann man die geotropische Stimmung ändern. Die emporstrebenden Sprosse von *Lamium purpureum* (rote Taubnessel), *Veronica chamaedrys* (Ehrenpreis) usw. krümmen sich oft bis zur Horizontallage abwärts, wenn sie stark abgekühlt werden³⁾. Bekannt

¹⁾ H. Vöchting, Die Bewegungen der Blüten und Früchte. Bonn 1882. S. 192.

²⁾ E. Stahl, Über den Einfluß des Lichtes auf den Geotropismus. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 1884. S. 385.

³⁾ H. Vöchting, Über den Einfluß niedrigerer Temperaturen auf die Sproß-

ist ferner, daß die Spitze einer geköpften Tanne dadurch wieder ersetzt wird, daß ein Seitenzweig sich aufrichtet. Dieses ursprünglich transversal geotropische Organ reagiert also jetzt negativ geotropisch.

Die in der tierischen Physiologie bekannte, die Empfindlichkeit herabsetzende Wirkung der Narkotika findet auch im Pflanzenreich viele Analoga. Die Stoßreizbarkeit der Sinnpflanze (*Mimosa pudica*) wird durch Chloroform- und Äthernarkose aufgehoben. O. Richter ¹⁾ hat gezeigt, daß durch narkotische Einflüsse schon in sehr geringen Dosen die geotropische Empfindlichkeit von Keimlingen ausgeschaltet wird. Andere Reizwirkungen werden weniger oder erst durch relativ hohe Dosen gehemmt, auf einige wirken Narkotika in geringen Konzentrationen fördernd, wie das ja auch im tierischen Organismus vorkommt. Zum Schluß mag noch die Frage aufgeworfen werden, ob sich für die bekannten Adaptationserscheinungen des Auges bei den Pflanzen ein Analogon findet. Das hell adaptierte Auge ist für einen schwachen Lichtreiz viel weniger empfindlich als das dunkel adaptierte. Bei der Pflanze gibt es zweifellos etwas ganz Ähnliches. Namentlich durch Pringsheims Untersuchungen ²⁾ wissen wir, daß Pflanzen nach einer diffusen Beleuchtung mit intensivem Licht gegenüber einer schwachen einseitigen Beleuchtung phototropisch viel weniger empfindlich sind als solche, die vorher im Dunkeln gestanden haben (dunkel adaptiert sind). Hell adaptierte Avenakeimlinge reagierten z. B. auf das durch zwei Gelscheiben gedämpfte Licht einer Auerlampe erst nach einer einseitigen Beleuchtung von 6—8 Minuten (Präsentationszeit), für dunkel adaptierte war nur 8—10 Sekunden Beleuchtung mit der gleichen Lichtintensität nötig ³⁾. Die Dauer der intensiven Vorbeleuchtung ist dabei allerdings wesentlich, denn es bedarf einer gewissen Zeit, bis der stationäre Stimmungszustand erreicht ist ⁴⁾. Diese Zeit war in Pringsheims Versuchen etwa 10 Minuten. Kürzere Vorbeleuchtung hat geringere Verlängerung der Präsentationszeit zur Folge.

richtung. Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 1898. S. 42 ff. und B. Lidforss, Über den Geotropismus einiger Frühjahrspflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 38. 1902. S. 343 ff.

¹⁾ O. Richter, Die horizontale Natation. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Math.-naturw. Kl. Bd. 119. Abt. I. 1910. S. 1063.

²⁾ E. Pringsheim, Studien zur heliotropischen Stimmung und Präsentationszeit. Cohns Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. Bd. 9. 1909. S. 438.

³⁾ Vgl. dazu die das menschliche Auge betr. Versuche von Piper, Über Dunkeladaptation. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane. Bd. 31. 1903. S. 161 ff.

⁴⁾ Siehe hierzu W. Lohmann, Über Helladaptation. Zeitschr. f. Sinnesphysiologie. Bd. 41. 1907. S. 290 ff.

Die Kompliziertheit der phototropischen Vorgänge erlaubt noch keine ins einzelne gehende theoretische Analyse der Stimmungserscheinungen bei Pflanzen¹⁾. Wenn Blaauw²⁾ auch darauf hingewiesen hat, daß man gewisse phototropische Erscheinungen (er bezieht auch die Adaptationsphänomene ein) mit anorganischen photochemischen Systemen in Parallele setzen kann, so ist dadurch doch zunächst nicht mehr gewonnen als ein Vergleich. Ohne den Wert solcher Vergleiche zu bestreiten, dürfen wir doch, wie schon oben hervorgehoben wurde, nicht übersehen, daß in diesem Falle der Nachweis der Identität beider Erscheinungen keineswegs bewiesen ist. Aus dem gleichen Grunde wäre es aber auch verfrüht zu behaupten, daß die Adaptationserscheinungen des Auges und die der Pflanzen im Prinzip völlig identisch sind. Es mag sein, daß bis in weitgehende Einzelheiten Übereinstimmung besteht; den Beweis dafür zu liefern, ob das der Fall ist oder nicht, bleibt aber der Zukunft vorbehalten.

¹⁾ Auch die ausführlichen Untersuchungen von W. H. Arisz (a. a. O. 1915) haben in den Hauptpunkten noch keine völlige Klarheit zu schaffen vermocht.

²⁾ A. H. Blaauw a. a. O. 1909 und 1915.

GEFÜHL UND WIEDERERKENNEN

VON

ANNA PETERS.

INHALT.

	Seite
§ 1. Das Problem	120
§ 2. Versuchsanordnung und Versuchspersonen	122
§ 3. Die beim Betrachten der Bilder auftretenden Gefühle	123
§ 4. Der Einfluß der Gefühlsbetonung auf das Wiedererkennen	125
§ 5. Individuelle Unterschiede	129
§ 6. Täuschungen im Wiedererkennen	131
§ 7. Zusammenfassung	133

§ 1. DAS PROBLEM.

Diese Arbeit will untersuchen, ob und inwieweit das Wiedererkennen von gesehenen Bildern beeinflusst wird durch den Gefühlston, der beim Sehen der Bilder auftritt. Die Arbeit schließt sich eng an die Fragestellung an, die Kate Gordon¹⁾, W. Peters²⁾ und W. Peters und O. Němeček³⁾ zum Gegenstand von Untersuchungen gemacht haben. Über ältere Untersuchungen dieser Frage wird in den genannten Arbeiten berichtet.

W. Peters glaubt, gefunden zu haben, daß gefühlsbetonte Erlebnisse besser erinnert werden als indifferente und lustbetonte besser als unlustbetonte. Er spricht von einer „Tendenz zur Unlustminderung“, welche hier zutage tritt und sich noch auf manche andere Weise

¹⁾ K. Gordon, Archiv für die gesamte Psychologie. Bd. 4. 1905. S. 437 ff.

²⁾ W. Peters, Psychologische Arbeiten. Bd. 6. 1914. S. 197 ff. (Das Heft der Psychologischen Arbeiten, das diese Untersuchung enthält, erschien 1911.)

³⁾ W. Peters und O. Němeček, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 2. 1915. S. 226 ff.

zu äußern scheint. Die Arbeit von Peters und Němeček bestätigt die Hauptergebnisse der Arbeit von W. Peters durch Massenversuche und weist auf Unterschiede in der Wirksamkeit der „Tendenz zur Unlustminderung“ hin, welche durch das Lebensalter und die Pubertät bedingt zu sein scheinen. Für das Bestehen einer solchen „Tendenz zur Unlustminderung“ sprechen auch manche neuere Erfahrungen der Psychopathologie ¹⁾.

A. Pick hat darauf hingewiesen, daß sich der Einfluß des Gefühls, noch bevor es auf das Gedächtnis wirken kann, schon bei der Auffassung der gefühlsbetonten Eindrücke geltend machen kann. Er ist der Meinung, daß „schon beim Erleben der unlustbetonten Ereignisse Momente wirksam sind, die der präzisen Auffassung des Unlustbetonten widerstreben, so daß es von Haus aus sich nicht so genau und vollständig dem Gedächtnis einprägt, wie etwa lustbetonte Erlebnisse, bei denen jene störenden Momente nicht wirksam sind“ ²⁾.

Im folgenden wird über Versuche berichtet, in denen die Versuchspersonen Bilder zu betrachten hatten, die ihnen nach verschiedenen langen Zwischenzeiten zum Wiedererkennen vorgelegt wurden. Um Bilder von einigermaßen starker Gefühlsbetonung zu bekommen, wählte ich Porträts verschiedener den Versuchspersonen unbekannter Persönlichkeiten, welche ich zwei Jahrgängen der illustrierten Zeitschrift „Die Woche“ entnahm. Diese Bilder legte ich neben anderen bisher nicht gesehenen nach einem verschiedenen langen Intervall den Versuchspersonen neuerlich zur Betrachtung vor und ließ sie angeben, ob sie das Bild schon gesehen hatten oder nicht. Gleichzeitig mußten sie auch angeben, ob bei der Betrachtung ein Gefühl auftrat, welcher Art es war, und ob es stark, von mittlerer Stärke oder schwach war. Trat bei der Betrachtung kein Gefühlston auf, so sprechen wir im folgenden von indifferenten Bildern, dort, wo ein Gefühlston auftrat, von lustbetonten, unlustbetonten bzw. mischbetonten Bildern. Als mischbetont werden Bilder bezeichnet, bei deren Betrachtung sowohl Lust- als Unlustgefühle sich einstellten.

¹⁾ Vgl. M. Friedemann und O. Kohnstamm, Zeitschrift für die gesamte Psychiatrie und Neurologie. Bd. 23. 1914. S. 357 ff. E. Oberholzer, Psychiatrisch-Neurologische Wochenschrift, Jahrg. 1914/15. S. 128 ff. L. Frank, Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie. Bd. 36. 1915. S. 378 ff. Vgl. auch A. Pick, Gross' Archiv für Kriminalanthropologie und Kriminalistik. Bd. 57. 1914. S. 203 ff.

²⁾ A. Pick, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 2. 1915. S. 370 f. und Archiv für Kriminal-Anthropologie und Kriminalistik. Bd. 57. 1914. S. 203 ff.

§ 2. VERSUCHSANORDNUNG UND VERSUCHSPERSONEN.

Aus den beiden Jahrgängen der „Woche“ wählte ich Porträts aus, die durch möglichst gleichartige photographische Aufnahmen zustande gekommen waren, und die keinerlei besondere Kennzeichen in Kleidung und Haltung trugen. Es waren nur Bruststücke von männlichen und weiblichen Personen en face und Profilaufnahmen und Übergänge zwischen diesen beiden Extremen. Die Bilder selbst hatten nicht alle die gleichen Größenmaße. Ich bildete aus ihnen verschiedene Gruppen, von denen zwei Gruppen Bilder in den Größen von 38×48 mm und 57×60 mm umfaßten, eine andere Bilder von der Größe 84×58 mm bis 80×115 mm enthielt, und eine vierte und fünfte Gruppe endlich mit Bildern zwischen 45×65 mm und 55×80 mm. In jeder Gruppe waren also Bilder von verschiedenen Flächengrößen. Ich ließ alle Bilder auf graue Kartons im Ausmaß von 105×135 mm genau in derselben Weise aufkleben.

Zwei von den Bilderreihen enthielten je 29 Bilder, eine dritte 40 Bilder und eine vierte und fünfte je 60 Bilder. Von den Reihen mit 29 Bildern wurden je 15 beim ersten Versuch vorgelegt, beim zweiten alle 29, unter denen dann die schon früher gesehenen wiederzuerkennen waren. Von den Reihen mit 40 und 60 Bildern wurde je die Hälfte vorgelegt und dann in gleicher Weise weiter verfahren.

Die Bilder lagen wie die Blätter eines Buches aufeinander, und zwar immer mit der Bildseite nach unten. Beim ersten Versuch wurde ein Bild nach dem anderen durch etwas weniger als fünf Sekunden betrachtet. Die Zeit wurde mit der Fünftelsekundenuhr gemessen. Ein Klopfzeichen der Experimentatorin veranlaßte die Versuchsperson das erste Bild umzuwenden, es bis zum nächsten Klopfzeichen, welches nach fünf Sekunden gegeben wurde, zu betrachten, dann das nächste Bild umzuwenden usw. Der zweite Versuch fand bei einer Versuchsreihe sofort nach dem ersten statt, bei einer anderen nach einer Zwischenzeit von einem Tag, bei einer dritten nach zwei, bei einer vierten nach acht und bei einer fünften nach 15 Tagen. Die Versuchspersonen mußten im zweiten Versuch Bild für Bild angeben, ob sie es beim ersten Versuch gesehen oder nicht gesehen hatten, oder ob sie im Zweifel darüber seien, ferner ob und wie das Bild für sie jetzt gefühlsbetont ist. Bei den Angaben über die Gefühlsbetonung hatten sie die Wahl zwischen den Urteilsausdrücken: lustbetont, unlustbetont, mischbetont und indifferent. Dort, wo eine Gefühlsbetonung angegeben wurde, hatte die Versuchsperson auch noch anzugeben, ob das Gefühl stark, mittel (mäßig) oder schwach war.

Um die Frage zu prüfen, ob die Gefühlsbetonung, welche sich beim Betrachten der Bilder einstellte, konstant ist oder bei wiederholter Darbietung variiert, ließ ich von mehreren Versuchspersonen die Bilder zum Teil nach einem Zeitraum von einer Woche, zum Teil nach etwa einem halben Jahr nochmals betrachten und die dabei auftretende Gefühlsbetonung angeben.

Als Versuchspersonen standen mir im ganzen 48 männliche und weibliche Studierende und Lehrer zur Verfügung (30 männliche, 16 weibliche). An den Versuchen mit den Zwischenzeiten von 0, 1, 2 und 8 Tagen nahmen je zehn Versuchspersonen teil, für die Versuchsreihen mit einem Intervall von 15 Tagen standen mir nur acht Versuchspersonen zur Verfügung. Einzelne Versuchspersonen nahmen an mehreren Versuchen teil. Es war nicht möglich, Versuchspersonen zu gewinnen, die an allen Versuchsreihen teilgenommen hätten. Die Versuche fanden teils vor-, teils nachmittags statt, und zwar für jede Versuchsperson zu ungefähr der gleichen Tageszeit. Sie wurden in der Zeit vom Sommersemester 1914 bis zum Sommersemester 1915 durchgeführt.

§ 3. DIE BEIM BETRACHTEN DER BILDER AUFTRETENDEN GEFÜHLE.

Die Bilder, die im ersten Versuch vorgezeigt wurden und im zweiten wiedererkannt werden sollten, waren 474mal lustbetont, 315mal unlustbetont, 214mal indifferent und 18mal mischbetont, in Prozenten ausgedrückt: 46,4% lustbetont, 30,9% unlustbetont, 21,0% indifferent und 1,7% mischbetont.

Um zu prüfen, ob und in welchem Ausmaß das Urteil über die Gefühlsbetonung konstant bleibt, ließ ich, wie oben angegeben, von fünf Versuchspersonen nach länger als drei Monaten die beim zweiten Versuch gesehenen Bilder nochmals auf ihren Gefühlston hin beurteilen. Fünf anderen Versuchspersonen stellte ich die gleiche Aufgabe, aber schon acht Tage nach dem zweiten Versuch.

Die Ergebnisse dieser Kontrollversuche zeigt Tabelle 1. In ihr sind alle Kontrollversuche eingerechnet, die nach drei Monaten angestellten ebenso wie diejenigen, welche nach einer Woche stattfanden. Ich spreche von konstanter Gefühlsbetonung dort, wo bei der zweiten Beurteilung der gleiche Gefühlston wie bei der ersten angegeben wurde, von verschobener Gefühlsbetonung dort, wo im Kontrollversuch ein anderes Urteil auftrat als im zweiten Versuch. Die Tabelle 1 gibt in

der ersten Kolumne die Art der Gefühlsbetonung, in der zweiten ihre Anzahl an, in der dritten in Prozenten, wieviele Gefühlsbetonungen von jeder Art konstant waren, in der vierten in Prozenten, wieviele verschoben waren. Von den mischbetonten Fällen sehen wir hier und in den folgenden fünf Tabellen ab, da ihre Anzahl zu gering war.

Tabelle 1.

Gefühlsbetonung	Anzahl	Davon in %	
		konstant	verschoben
Lust	126	77,8	22,2
Unlust	97	80,4	19,6
Indifferenz	55	43,6	56,4

Man sieht aus der Tabelle, daß von den lust- und unlustbetonten Bildern ungefähr 80% konstante Gefühlsbetonung beim Kontrollversuch aufweisen. Von den als indifferent bezeichneten Bildern erscheint jedoch mehr als die Hälfte beim Kontrollversuch nicht mehr indifferent.

In den folgenden Tabellen 2 und 3, die in ganz analoger Weise angelegt sind wie Tabelle 1, ist angegeben, wie oft sich Konstanz und Verschiebung bei dem nach acht Tagen angestellten Kontrollversuch (Tabelle 2) und in dem nach mehr als drei Monaten angestellten Kontrollversuch (Tabelle 3) fanden.

Tabelle 2.

Gefühlsbetonung	Anzahl	Davon in %	
		konstant	verschoben
Lust	62	77,4	22,6
Unlust	59	89,8	10,2
Indifferenz	15	66,7	33,3

Tabelle 3.

Gefühlsbetonung	Anzahl	Davon in %	
		konstant	verschoben
Lust	64	78,1	21,9
Unlust	38	65,8	34,2
Indifferenz	40	35	65

Tabelle 2 zeigt, daß bei der Beurteilung nach acht Tagen noch in ca. 67 bis 90% der Fälle dasselbe Urteil abgegeben wurde. Die indifferenten Bilder weisen hier wohl verhältnismäßig auch eine starke Verschiebung auf. Es sind aber immer noch mehr als zwei Drittel von ihnen beim Kontrollversuch wiederum als indifferent beurteilt worden. Beim Kontrollversuch nach mehr als drei Monaten liegen die Dinge anders. Die zuerst als lustbetont beurteilten Bilder wurden hier wohl noch etwa mit der gleichen Häufigkeit als lustbetont beurteilt wie nach acht Tagen. Die unlustbetonten Bilder hingegen wurden nach mehr als drei Monaten wesentlich seltener als unlustbetont beurteilt. Zuerst als indifferent beurteilte Bilder weisen bei einer Wiederbeurteilung nach längerer Zeit die stärkste Verschiebung auf: zwei Drittel von ihnen wurden anders beurteilt.

Da das Wiedererkennen in unseren zweiten Versuchen 0 bis 15 Tage nach der ersten Betrachtung geprüft wurde, dürfen wir wohl mit einer für unsere Zwecke einigmaßen genügenden Konstanz rechnen.

§ 4. DER EINFLUSS DER GEFÜHLSBETONUNG AUF DAS WIEDERERKENNEN.

Wir fragen zunächst, wieviele von den lustbetonten, unlustbetonten und indifferenten Bildern überhaupt wiedererkannt wurden. Darüber gibt Tabelle 4 Aufschluß. In der ersten Rubrik ist die Art der Gefühlsbetonung angegeben, in der zweiten die Anzahl der Fälle, in der dritten die Anzahl der Wiedererkennungen in Prozenten, in der vierten die prozentuelle Häufigkeit der von den verschiedenen Versuchspersonen nicht wiedererkannten Bildern. Es sind hier alle Versuche ohne Rücksicht auf die Länge der Zwischenzeit zwischen dem ersten und zweiten Versuch verarbeitet.

Tabelle 4.

Gefühlsbetonung	Anzahl	Davon in %	
		wieder- erkannt	nicht wieder- erkannt
Lust	474	75,6	24,4
Unlust	315	65,7	34,3
Indifferenz	214	64,4	35,6

Die Tabelle zeigt, daß die lustbetonten Bilder etwas häufiger wiedererkannt wurden als die unlustbetonten, und diese um ein ganz geringes häufiger als die indifferenten.

Deutlicher wird der Einfluß der Gefühlsbetonung auf das Wiedererkennen, wenn wir die Gefühlsbetonungen nach dem Urteil der Versuchspersonen in starke, mittlere und schwache Lust und starke, mittlere und schwache Unlust scheiden. Das ist in Tabelle 5 geschehen. Die Gliederung der Tabelle geht aus den Spaltenüberschriften hervor.

Tabelle 5.

Gefühlsbetonung	Anzahl	Davon in %	
		wieder- erkannt	nicht wieder- erkannt
Lust stark	119	83,2	16,8
Lust mittel	188	73,7	26,3
Lust schwach	167	71,4	28,6
Unlust stark	100	73,0	27,0
Unlust mittel	91	68,4	31,6
Unlust schwach	124	62,7	37,3

Man sieht aus der Tabelle zunächst, daß die stärker gefühlbetonten Bilder häufiger richtig wiedererkannt werden als die schwächer gefühlbetonten. Es gilt dies sowohl von den lustbetonten als von den unlustbetonten Bildern. Man sieht aber auch weiterhin, daß die lustbetonten Bilder stets häufiger richtig wiedererkannt werden als die unlustbetonten, welche in dieselbe Klasse der Gefühlsintensität gehören.

Um den Einfluß der verschiedenen Zwischenzeiten auf das Wiedererkennen festzustellen, habe ich aus meinem Material ausgeschieden, wieviel gefühlbetonte und indifferente Bilder nach 0, 1, 2, 8 und 15 Tagen richtig wiedererkannt wurden (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6.

Wiedererkannt nach	Anzahl der Bilder		Wiedererkannt in %		Nicht wiedererkannt in %	
	gefühls- betont	indif- ferent	gefühls- betont	indif- ferent	gefühls- betont	indif- ferent
0 Tagen	142	53	72,9	64,2	27,1	35,8
1 Tag	126	51	75,9	69,6	24,1	30,4
2 Tagen	181	43	78,5	66,3	21,5	33,7
8 Tagen	207	45	84,8	82,2	15,2	17,8
15 Tagen	133	22	59,0	36,4	41,0	63,6

Die Tabelle zeigt zunächst mit aller Deutlichkeit, daß von den indifferenten Bildern bei allen Zwischenzeiten weniger richtig wiedererkannt wurden als von den gefühlbetonten Bildern. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Gefühlsbetonung, Zwischenzeit und Wiedererkennen läßt sich hingegen aus der Tabelle nicht feststellen. Nach 0, 1, 2 und 8 Tagen wurden 72,9 bis 84,8% der gefühlbetonten Bilder richtig wiedererkannt und 64,2 bis 82,2% der indifferenten Bilder. Mit zunehmender Größe der Zwischenzeit zeigt sich weder eine deutliche Abnahme der Anzahl der überhaupt wiedererkannten Bilder, noch

irgend eine Gesetzmäßigkeit in der Richtung, daß gefühlsbetonte Bilder immer häufiger oder immer seltener als indifferente wiedererkannt wurden. Daß sich hier kein Einfluß der Länge der Zwischenzeit geltend machte, hängt möglicherweise damit zusammen, daß die einzelnen Bilder nicht die gleiche Einprägungsfähigkeit hatten, trotzdem bei ihrer Auswahl Wert darauf gelegt worden war, möglichst gleichartige Bilder zu gewinnen. Vielleicht hängt es auch damit zusammen, daß die zeitlichen Abstände nicht groß genug waren, um einen deutlichen Unterschied hervorzubringen. Bei den Versuchen mit einer Zwischenzeit von 15 Tagen ergab sich im Gegensatz hierzu eine bedeutende Verminderung der Anzahl der überhaupt wiedererkannten Bilder, zugleich aber auch eine starke Verminderung der wiedererkannten indifferenten Bilder und eine schwächere der wiedererkannten gefühlsbetonten Bilder. Während von den ersteren fast zwei Drittel nicht mehr wiedererkannt wurden, konnten von den gefühlsbetonten noch mehr als die Hälfte wiedererkannt werden.

Dieses Ergebnis reicht aber noch nicht aus, um durch unsere Versuche die Vermutung zu stützen, daß mit zunehmender Zwischenzeit die Zahl der wiedererkennbaren gefühlsbetonten Eindrücke sich weniger stark vermindert wie die Zahl der wiedererkennbaren indifferenten Eindrücke. Für das Auftreten von gefühlsbetonten und indifferenten Erinnerungen im Bewußtsein hat W. Peters¹⁾ einen solchen Zusammenhang wahrscheinlich gemacht. In seinen Versuchen handelt es sich aber um Zwischenräume von Monaten und Jahren, die ich nicht untersuchen konnte.

Um die Frage zu prüfen, ob zwischen dem Wiedererkennen nach verschiedenen Zeiträumen und der Art des Gefühls (Lust oder Unlust) ein Zusammenhang besteht, habe ich in Tabelle 7 (S. 129) angegeben, wieviel Prozent der lust- und unlustbetonten Bilder nach 0, 1, 2, 8 und 15 Tagen richtig wiedererkannt wurden und wieviel Prozent nicht mehr wiedererkannt wurden.

Die Zwischenzeiten von 0 bis zu 8 Tagen zeigen weder eine Zunahme der Wiedererkennungen der lustbetonten Bilder im Verhältnis zur Zahl der unlustbetonten, noch auch eine Abnahme. Die unlustbetonten Bilder werden in der Regel seltener wiedererkannt als die lustbetonten, bei der Zwischenzeit von 8 Tagen trifft dies jedoch nicht zu. Erst bei der Zwischenzeit von 15 Tagen zeigt sich eine deutliche Abnahme der Anzahl der wiedererkannten lustbetonten Bilder

¹⁾ W. Peters, a. a. O. S. 210 f.

und eine viel stärkere Abnahme der Anzahl der wiedererkannten unlustbetonten Bilder. Auch hier reicht also unser Material nicht aus, um das Ergebnis der Versuche von W. Peters zu stützen, nach welchem man erwarten müßte, daß mit zunehmender Zwischenzeit die Zahl der wiedererkannten unlustbetonten Bilder stärker abnimmt als die Zahl der wiedererkannten lustbetonten Bilder, wenn auch der Ausfall der Versuche bei einer Zwischenzeit von 15 Tagen in diese Richtung weist.

Tabelle 7.

Wiedererkannt nach	Anzahl der Bilder		Wiedererkannt in %		Nicht wiedererkannt in %	
	lust- betont	unlust- betont	lust- betont	unlust- betont	lust- betont	unlust- betont
0 Tagen	79	63	74,1	71,4	25,9	28,6
1 Tag	83	43	79,5	68,6	20,5	31,4
2 Tagen	122	59	80,7	73,7	19,3	26,3
8 Tagen	105	102	80,5	89,2	19,5	10,8
15 Tagen	85	48	64,7	49,0	35,3	51,0

Wie oben (S. 122) angegeben, wurden für die Versuche Bilderreihen mit einer verschiedenen Anzahl von Bildern (29 bis 60) verwendet. Die längeren Reihen zeigten bei den verschiedenen Zwischenzeiten im allgemeinen, wie zu erwarten, weniger richtige Wiedererkennungen als die kürzeren. Der Einfluß der Gefühlsbetonung auf das Wiedererkennen tritt, von Schwankungen abgesehen, bei den verschieden langen Reihen in gleicher Weise zutage.

§ 5. INDIVIDUELLE UNTERSCHIEDE.

Bei der verhältnismäßig kleinen Zahl von Einzelversuchen, die mit jeder Versuchsperson gemacht wurden, war nicht zu erwarten, daß die in § 4 mitgeteilten allgemeinen Ergebnisse sich in den Versuchen jeder einzelnen Person verifizieren lassen. Die folgenden Aus-

führungen sollen über das Ausmaß der zutage tretenden individuellen Unterschiede Rechenschaft geben.

Von den 48 Versuchspersonen haben 43 mehr gefühlsbetonte als indifferente Bilder wiedererkannt, bei vier Versuchspersonen überwog die Zahl der wiedererkannten indifferenten Bilder die der gefühlsbetonten, bei einer wurden gleichviel gefühlsbetonte und indifferente Bilder wiedererkannt.

31 meiner Versuchspersonen haben mehr lustbetonte als unlustbetonte Bilder wiedererkannt, 14 mehr unlustbetonte als lustbetonte und drei gleichviel lust- und unlustbetonte.

Bei 34 Versuchspersonen war die Anzahl der wiedererkannten lustbetonten Bilder größer als die der indifferenten Bilder, sechs haben mehr indifferente als lustbetonte Bilder wiedererkannt, bei acht gab es keine indifferenten Bilder.

24 Versuchspersonen haben mehr unlustbetonte als indifferente Bilder wiedererkannt, 15 mehr indifferente als unlustbetonte Bilder, eine gleichviel unlustbetonte und indifferente Bilder. (Bei acht Versuchspersonen fanden sich, was noch einmal erwähnt sei, keine indifferenten Bilder.)

Kleine Unterschiede zwischen den beiden Geschlechtern zeigten sich in der Häufigkeit der auftretenden Gefühlsbetonung beim Betrachten der Bilder. In Tabelle 8 ist angegeben, wieviel lustbetonte, unlustbetonte indifferente und mischbetonte Bilder im Durchschnitt auf je eine männliche und weibliche Versuchsperson kamen.

Tabelle 8.

Geschlecht	Lust	Unlust	Indifferenz	Mischton
Männlich	8,2	4,8	3,6	0,5
Weiblich	7,1	5,4	2,5	0,1

Man sieht, daß die männlichen Versuchspersonen etwas mehr Indifferenz und Lustbetonung beim Betrachten der Bilder aufweisen als die weiblichen.

Ich bin ferner der Frage nachgegangen, ob nicht etwa das Geschlecht der in den Bildern dargestellten Personen von Einfluß auf

die beim Betrachten auftretende Gefühlsbetonung ist. In Tabelle 9 gebe ich an, wieviel Prozent der männlichen und weiblichen Porträts den männlichen und weiblichen Versuchspersonen lustbetont, unlustbetont und indifferent erschienen. Die mischbetonten rechnete ich dabei der Einfachheit halber zur Hälfte zu den lustbetonten Bildern, zur anderen Hälfte zu den unlustbetonten.

Tabelle 9.

Versuchspersonen	Männliche Porträts			Weibliche Porträts		
	Lust	Unlust	Indifferenz	Lust	Unlust	Indifferenz
männlich	40	34,9	25,1	45,3	25	29,7
weiblich	40,5	41,3	18,2	46,5	34,9	18,6

Die Tabelle zeigt, daß die weiblichen Porträts häufiger lustbetont, seltener unlustbetont und etwas häufiger indifferent erschienen als die männlichen Porträts und zwar sowohl den männlichen als den weiblichen Versuchspersonen. Die weiblichen Versuchspersonen hatten im Durchschnitt etwas häufiger Unlustbetonung und etwas seltener Indifferenz, sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Porträts.

§ 6. TÄUSCHUNGEN IM WIEDERERKENNEN.

In den Versuchen, in welchen die früher gesehenen Bilder wiedererkannt werden sollten, wurden, wie in § 2 ausgeführt, neben den früher gezeigten Bildern auch noch andere vorgelegt. Diese früher nicht gesehenen Bilder wurden in der überwiegenden Mehrheit gleich als nicht gesehen erkannt. Es kam jedoch auch wiederholt vor, daß früher nicht gesehene Bilder als gesehen bezeichnet wurden. Da auch bei diesen Bildern gefragt wurde, ob und welche Gefühlsbetonung beim Betrachten auftrat, ließ sich leicht feststellen, ob bei lustbetonten, unlustbetonten oder indifferenten Bildern die Erinnerungstäuschung häufiger sich zeigt; ob also lustbetonte, unlustbetonte oder indifferente Bilder häufiger fälschlicherweise als schon früher gesehen bezeichnet wurden. In Tabelle 10 (siehe folgende Seite) ist angegeben, wieviel

Prozent von den lustbetonten, unlustbetonten und indifferenten, beim ersten Versuch nicht vorgezeigten Bildern richtig als nicht gesehen und fälschlicherweise als gesehen bezeichnet wurden.

Wir sehen aus der Tabelle, daß die Erinnerungstäuschung am häufigsten bei lustbetonten Bildern, seltener bei indifferenten und am seltensten bei unlustbetonten Bildern auftritt. Nach diesen Zahlen würden also lustbetonte Eindrücke stärker als indifferente, und diese stärker als unlustbetonte zu Täuschungen im Wiedererkennen tendieren. Möglicherweise handelt es sich hier um einen Spezialfall der von W. Peters beschriebenen „Tendenz zur Unlustminderung“.

Tabelle 10.

Gefühlsbetonung	Anzahl	Davon in %	
		als nicht gesehen	als gesehen
Lust	474	78,1	21,9
Unlust	315	86,1	13,9
Indifferenz	214	82,2	17,8

§ 7. ZUSAMMENFASSUNG.

Diese kleine Studie hat folgendes ergeben:

1. Die beim Betrachten von Bildern auftretenden Gefühle bleiben in der überwiegenden Mehrzahl dieselben, wenn eine zweite Betrachtung wenige Tage nach der ersten erfolgt. Folgt sie erst nach einem längeren Zeitraum, dann erscheinen Bilder, die beim ersten Betrachten lustbetont waren, ungefähr gleich häufig lustbetont, Bilder, die beim ersten Betrachten unlustbetont waren, etwas seltener unlustbetont und Bilder, die beim ersten Betrachten indifferent waren, in der überwiegenden Mehrheit der Fälle nicht mehr indifferent.

2. Gefühlsbetonte Bilder werden häufiger richtig wiedererkannt als indifferente, lustbetonte häufiger als unlustbetonte.

3. Stärker gefühlsbetonte Bilder werden häufiger richtig wiedererkannt als schwächer gefühlsbetonte, stark lustbetonte häufiger als stark unlustbetonte und schwächer lustbetonte häufiger als schwächer unlustbetonte.

4. Bei kurzen Zwischenzeiten zwischen dem ersten und zweiten Vorzeigen der Bilder (0 bis 8 Tage) zeigt sich keine eindeutige Beziehung zwischen der Länge der Zwischenzeit, dem Gefühlston und dem Wiedererkennen. Erst bei einer Zwischenzeit von 15 Tagen zeigt sich, daß gefühlsbetonte Bilder häufiger, indifferente weniger häufig, lustbetonte häufiger und unlustbetonte weniger häufig richtig wiedererkannt werden, als man es nach den bei kleinen Zwischenzeiten gefundenen Häufigkeitszahlen erwarten müßte.

5. Den weiblichen Versuchspersonen erscheinen vorgezeigte Porträts etwas häufiger unlustbetont und etwas seltener indifferent als den männlichen Versuchspersonen.

6. Bilder, welche früher nicht gesehen wurden, werden manchmal fälschlicherweise als schon vorher gesehen beurteilt. Diese Täuschung im Wiedererkennen kommt bei lustbetonten Bildern häufiger vor, als bei indifferenten und bei diesen häufiger als bei unlustbetonten Bildern.

DIE RECHENKUNST DER SCHIMPANSIN BASSO IM FRANKFURTER ZOOLOGISCHEN GARTEN

NEBST

BEMERKUNGEN ZUR TIERPSYCHOLOGIE UND EINEM OFFENEN
BRIEF AN HERRN KRALL

VON

KARL MARBE.

INHALT.

	Seite
§ 1. Die Schimpansin Basso und ihre Leistungen	135
§ 2. Die Rechenleistungen Bassos	140
§ 3. Der Rechenunterricht Bassos	144
§ 4. Die Stiftung von Assoziationen bei Tieren und die wirtschaftliche Bedeutung dieser Assoziationen	152
§ 5. Automatisches oder wirkliches Rechnen, Gedankenlesen, unwillkürliche Zeichen oder Schwindel?	155
§ 6. Versuche über Gedankenlesen	158
§ 7. Bassos wirkliches Rechnen	161
§ 8. Über die Beobachtungsgabe der Tiere	167
§ 9. Aufgaben für die Tierpsychologie	172
§ 10. Zur tierpsychologischen Methodik	176
§ 11. Offener Brief an Herrn Krall	179
§ 12. Schlußbemerkungen	184

§ 1. DIE SCHIMPANSIN BASSO UND IHRE LEISTUNGEN.

Im Zoologischen Garten zu Frankfurt a. M. befindet sich eine Schimpansin, die wegen ihrer Leistungen und ihres menschenähnlichen Verhaltens das Interesse der weitesten Kreise erregt. Die Schimpansin, die auf den Namen Basso hört, ist schon oft in Tageszeitungen erwähnt und auch in einem Büchlein von Knauer¹⁾ kurz beschrieben worden; Knauer, der Basso zu den berühmt gewordenen Menschenaffen rechnet,

¹⁾ F. Knauer, Menschenaffen, ihr Frei- und Gefangenleben. Leipzig (ohne Jahreszahl). S. 88 ff.

gibt zwei Abbildungen von ihr aus dem Jahre 1912 wieder. Nächstens wird sich, wie ich höre, auch Herr Professor Dr. Heck in der neuesten Ausgabe von Brehms Tierleben über Basso äußern. Unsere beiden Abbildungen (Seite 137 und 138) wurden kürzlich vom Direktor des Frankfurter Zoologischen Gartens, Herrn Dr. Kurt Priemel, photographisch aufgenommen.

Basso stammt aus dem belgischen Kongogebiet und kam als Geschenk der zweiten Inner-Afrika-Expedition des Herzogs Adolf Friedrich zu Mecklenburg in den Besitz des Gartens. Ihr Wärter, Herr Richard Burkardt, holte sie seinerzeit in einem Käfig in Antwerpen ab und brachte sie am 24. August 1911 in den Zoologischen Garten. Ihr Alter wird gegenwärtig (Mai 1916) auf ca. acht bis neun Jahre geschätzt. Nach der Ankunft wog sie 15 kg; ihre Höhe betrug damals, wenn sie stand, 64 cm. Im Februar 1916 war sie 55 kg schwer und 119 cm hoch. Ihre erste Menstruation fand im Sommer 1915 statt. Am 26. April 1916 war sie 54 kg schwer und 120 cm hoch.

In den Wintermonaten befindet sie sich immer in einem durch eine Gitterwand abgesperrten Teil eines großen Zimmers. Das Publikum betrachtet sie durch die Gitterwand. Doch darf sie auch bisweilen ihren Raum verlassen und dem Publikum einen Besuch abstatten. In den Sommermonaten lebt sie bei nicht zu schlechtem Wetter tagsüber viel im Freien innerhalb einer Umzäunung im Garten, die sie jedoch gleichfalls gelegentlich, z. B. wenn sie mit dem Zweirad durch den Garten fährt, verlassen darf.

Während ihres Aufenthaltes in Frankfurt hat Basso infolge geeigneter Dressur und wohl teilweise auch einfach infolge ihres Umgangs mit Menschen viel gelernt. Sie fährt auf dem Zweirad besser und sicherer als viele menschlichen Radfahrer, indem sie z. B. schwierige Kurven zwischen aufgestellten Flaschen hindurch beschreibt. Auch macht sie beim Radfahren allerlei Kunststücke: so fährt sie auf einem steilen Brett in die Höhe; wenn das Brett infolge der Schwere Bassos und des Rades umgekippt ist, fährt sie, mit Eleganz ihren Weg fortsetzend, vom Brett wieder auf den Boden. Auch fängt sie mit Geschick während des Radfahrens Bälle auf, schwingt eine Fahne und treibt sonst allerlei Ergötzliches während des Fahrens. Aber nicht nur als Radfahrerin leistet Basso Vorzügliches. Sie ist auch ein guter Seiltänzer. Sie geht auf dem fest gespannten Seil ohne Balancierstange gelegentlich mit einem Sonnenschirm in der Hand vorwärts und rückwärts; sie schaukelt auf dem lose gespannten Seil senkrecht zur Richtung des Seiles hin und her. Auch in der Parterregymnastik ist Basso



Die Schimpansin Basso.



Die rechnende Basso.

bewandert. So stellt sie sich mit ihren beiden Füßen auf zwei große stehende Flaschen, ohne das Gleichgewicht zu verlieren. Basso weiß auch zu tanzen und am Trapez ausgezeichnet zu turnen. Sie ißt sitzend mit der Gabel, klingelt zuerst, deutet mit dem Finger auf die ihr vom Wärter gereichte Speisekarte, trinkt aus einer Tasse nach Art der Menschen, weiß den Würfelbecher zu handhaben und mit Spielkarten umzugehen. Sie zieht sich auf Befehl des Wärters aus, legt sich auch in ein Bettchen und deckt sich richtig zu wie ein artiges Kind. Diese und andere Dinge werden zum größten Teil fast täglich vom Wärter dem Publikum vorgeführt. Der Wärter redet hierbei mit Basso wie mit einem Menschen.

Oft scheint übrigens Basso wenig Lust zu haben, die vom Wärter in Aussicht genommenen Produktionen auszuführen. In den Wintermonaten, wo sie im Zimmer vorgeführt wird, läuft sie, wie sie überhaupt sehr neugierig ist, manehmal ans Fenster, um hinaus zu schauen; bisweilen interessiert sie sich mehr für das Publikum als für ihre Kunststücke, besonders wenn Bekannte erscheinen, die ihr schon Leckerbissen mitgebracht haben. In solchen und ähnlichen Fällen muß sie durch laute Zurufe und andere Hilfen an ihre Arbeit erinnert werden. Ist eine Produktion zu Ende, so unterstützt Basso den Wärter im Wegräumen der überflüssig gewordenen Gegenstände; auch räumt sie auf den Befehl des Wärters die Sachen allein weg, bisweilen auch ohne Befehl, und gelegentlich sogar zur unrechten Zeit, wenn sie nämlich die Lust an der betreffenden Arbeit verloren zu haben scheint. Fällt ein Gegenstand um oder zu Boden, so wird er von Basso wie von einem gut erzogenen Kind aufgestellt bzw. aufgehoben. Auch beim Kehren des Zimmers habe ich Basso dem Wärter helfen sehen; wenn sie etwa beim Trinken etwas verschüttet und wenn ihr der Wärter dann ein Tuch gibt, so putzt sie den Tisch oder Boden sauber auf.

Wenn es erforderlich ist, ruft der Wärter „Basso, putze die Nase!“ Sie schneuzt sich dann in ein ihr vom Wärter zugeworfenes Tuch. Bisweilen holt auch Basso selbst das Schnupftuch, um sich dessen zu bedienen. Ihre Notdurft verrichtet sie in ein zu diesem Zweck aufgestelltes Töpfchen.

Basso zeigt auch deutlich Äußerungen der Freude, des Schreckens und des Zornes. Wenn sie vom Wärter hart angerufen wurde und mit dem Stock oder einer Pistole, aus der der Wärter bisweilen Platzpatronen abschöß, bedroht wurde, und wenn ich mich mit ihr in demselben Raum befand, so kam sie zu mir, um wie ein bedrohtes Kind bei mir Schutz zu suchen.

So ergötzlich alle diese Betätigungen Bassos sind und so viel Interesse sie beim Publikum seit Jahren finden und verdienen mögen, so gehen sie doch teils nicht wesentlich über die Affenkunststücke hinaus, die man seit geraumer Zeit in Zoologischen Gärten, Menagerien und Varietétheatern sehen kann, teils bewegen sie sich im Rahmen dessen, was wissenschaftlich bekannt ist¹⁾. Auch ist es nicht schwer, solche Betätigungen psychologisch zu erklären, wenn man geneigt ist, Tieren ein gewisses, wenn auch nur sehr primitives Denken zuzuschreiben, und wenn man erwägt, daß es durch Unterricht oder Dressur möglich ist, bei Tieren bestimmte Assoziationen künstlich zu stiften. Über diese Stiftung von Assoziationen bei Tieren und das Denken der Tiere wird später (§ 4) kurz gehandelt werden.

Während demnach die bisher mitgeteilten Betätigungen Bassos nichts geradezu Erstaunliches bieten, so erscheinen dagegen Bassos Leistungen im Rechnen bewunderungswürdig. Sie bilden denn auch für das Publikum einen Hauptanziehungspunkt. Von ihnen soll in dieser Schrift ausführlicher gesprochen werden.

§ 2. DIE RECHENLEISTUNGEN BASSOS.

Der Wärter Bassos setzt sich, wenn er ihre Rechenkunst demonstrieren will, an einen kleinen Tisch, auf welchem zehn kleine Holztafeln (Brettchen) liegen, die auf der einen Seite schwarz lackiert sind und in weißer Schrift die Zahlen 1 bis 10 tragen. Die Tafeln liegen regellos durcheinander auf dem Tisch, jedoch natürlich immer so, daß die Zahlen ohne Umkehren der Tafeln sichtbar sind. Zur Linken des Wärters sitzt Basso. Der Wärter stellt nun allerhand Fragen und Aufgaben, die Basso dadurch beantwortet, daß sie die den Antworten bzw. Lösungen entsprechenden Tafeln ergreift und aufhebt. Der Wärter nimmt ihr die Tafeln dann jeweils ab und legt sie auf den Tisch zurück. Einzelne Aufgaben, die wir indessen im folgenden der Kürze wegen gelegentlich gleichfalls als Rechenaufgaben, als Rechnen und ähnlich bezeichnen wollen, bestehen einfach darin, daß Basso eine bestimmte vom Wärter mit Worten bezeichnete Tafel aufheben soll. Meistens löst aber Basso wirkliche Rechenaufgaben. Die Resultate dieser Aufgaben dürfen auch größer als zehn sein. In solchen Fällen setzt Basso die Resultate additiv zusammen, indem sie z. B.

¹⁾ Vgl. das zitierte Buch von F. Knauer und O. Pfungst, Zur Psychologie der Affen. Bericht über den 5. Kongreß für experimentelle Psychologie in Berlin. Leipzig 1912. S. 200 ff.

bei elf einmal die Tafel mit der Inschrift zehn und dann die mit der Inschrift eins aufhebt.

Während Basso die Rechenaufgaben löst, blickt sie immer wieder nach dem Wärter, wie etwa ein ängstlicher Schüler, während er in der Schule antwortet, auf den Lehrer sieht, um den Eindruck, den seine Antwort auf den Lehrer macht, zu studieren. Oft scheint Basso zu überlegen und zu schwanken, welche Tafel sie ergreifen soll. In seltenen Fällen wieder scheint sie die richtige Tafel zu ergreifen, ohne die Tafel vorher angesehen zu haben. Dieser Umstand brachte mich auf die Idee, das indirekte Sehen Bassos zu untersuchen und eine Versuchsanordnung zu diesem Zwecke auszudenken. Im allgemeinen war die Sicherheit, mit der Basso richtig reagierte, erstaunlich. Ich sah z. B. Basso folgende Aufgaben lösen, die alle restlos ohne den geringsten Fehler gelangen.

1. Basso, hole die 10!
2. Wieviel ist fünf und vier?
3. Neun weniger zwei! Wieviel bleibt?
4. Drei mal zwei?
5. Drei mal drei?
6. Fünfzehn und eins, das ganze geteilt durch zwei?
7. Welche Zahl geht vier mal in vierundzwanzig?
8. Vierundzwanzig weniger sechs, der Rest geteilt durch zwei?
9. Wieviel ist sieben mal vier?
10. Wenn Du zu achtundzwanzig zwei hinzuzählst, welches ist da der sechste Teil?
- 10a. Der zehnte Teil?
- 10b. Der dritte Teil?

Nicht immer freilich gelingt es Basso, eine Aufgabe gleich aufs erste Mal richtig zu lösen. In solchen Fällen ruft der Wärter, bevor er die Tafel auf den Tisch zurücklegt, „Falsch!“ Auch Ermahnungen wie „Basso, paß’ auf!“ und dgl. erscheinen dem Wärter bisweilen nötig. Aber immer gelingt es Basso bei den Vorführungen, wenn gelegentlich auch nach einigen Irrtümern, das richtige Resultat zu finden. Auch wenn die richtige Lösung nicht schon beim ersten Versuch erfolgt, darf sie doch nicht als bloßer Zufall betrachtet werden. Dies ergibt sich ohne weiteres, wenn wir berechnen, nach wie viel Fehlgriffen im Durchschnitt ein richtiges Resultat als zufällig angesehen werden darf.

Die Wahrscheinlichkeit, mit einem Griff ein bestimmtes „richtiges“ Resultat zu erzielen bzw. eine bestimmte Zahl von 1 bis 10 aufzuheben,

beträgt $\frac{1}{10} = 0,1000$. Die Wahrscheinlichkeit, zuerst eine falsche und dann die richtige Tafel aufzuheben, beträgt: $\frac{9}{10} \cdot \frac{1}{10} = 0,0900$. Die Wahrscheinlichkeit, zunächst zweimal nacheinander ein falsches und erst zum dritten Mal die richtige Tafel zu ergreifen ist $\frac{9}{10} \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{1}{10} = \left(\frac{9}{10}\right)^2 \cdot \frac{1}{10} = 0,0810$. Analog beträgt die Wahrscheinlichkeit, erst beim vierten Aufheben die richtige Tafel zu finden $\left(\frac{9}{10}\right)^3 \cdot \frac{1}{10} = 0,0729$ usw. Hiernach ergibt sich folgende Zusammenstellung:

Die Wahrscheinlichkeit, aus zehn Zahlen eine bestimmte zum ersten Mal beim n-ten Versuch herauszugreifen, beträgt für

n = 1	0,1000
n = 2	0,0900
n = 3	0,0810
n = 4	0,0729
n = 5	0,0656
n = 6	0,0590
n = 7	0,0531

usw.

Hiernach ist die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte, der Lösung einer Aufgabe entsprechende Tafel rein zufällig entweder auf den ersten, zweiten, dritten, vierten, fünften, sechsten oder siebenten Griff aufzuheben, gleich $0,1000 + 0,0900 + 0,0810 + 0,0729 + 0,0656 + 0,0590 + 0,0531 = 0,5216$.

Dagegen ist die Wahrscheinlichkeit, spätestens schon beim sechsten Griff die richtige Zahl aufzuheben 0,4685.

Hieraus sehen wir, daß wir erst, wenn das Resultat durchschnittlich beim siebenten Griff oder später richtig angezeigt wird, mit einem Zufall rechnen dürfen, da die Wahrscheinlichkeit, einmal zufällig die richtige Tafel aufzuheben, erst innerhalb von sieben oder mehr Griffen größer als $\frac{1}{2}$ wird. Nun habe ich, ganz abgesehen von den vorhin dargestellten glänzenden Produktionen Bassos im Lösen von Rechenaufgaben bei allen von mir gesehenen Vorführungen niemals bemerkt, daß Basso später als beim vierten Griff die in Frage kommende Tafel richtig aufhob, mochte es sich nun um ein Resultat handeln, das einfach im Aufheben einer der Zahlen 1 bis 10 bestand oder mochte die fragliche Tafel einen Summanden darstellen, der zur Bildung einer

größeren Zahl verwertet wurde. Wir dürfen also hiernach annehmen, daß die richtigen Antworten bei den Vorführungen Bassos nie oder nur selten auf bloßem Zufall beruhen.

Als ich zum erstenmal die Rechenkunst Bassos kennen gelernt hatte, sprach ich sogleich den Wärter an. Ich trat dann in den umgitterten Raum, in dem er und Basso sich aufhielten, ein und stellte sogleich einige Fragen (Additions- und Subtraktionsaufgaben) an Basso, wobei ich jedoch statt der Worte „und“ und „weniger“ die Worte „plus“ und „minus“ gebrauchte. Die Antworten Bassos waren hierbei fehlerlos. Während meiner Versuche behielt ich den Wärter, der in der oben geschilderten Weise, jedoch ohne Basso zu berühren, neben ihr am Tischchen saß, scharf im Auge. Es war mir aber beim besten Willen nicht möglich, zu bemerken, daß der Wärter irgendwelche Zeichen gab. Er nahm ebenso, wie wenn er selbst die Fragen stellte, die von Basso aufgehobenen Tafeln in seine Hand und legte sie auf den Tisch zurück. Im übrigen verhielt er sich ruhig. Wie bei seinen eigenen Vorführungen startete er auch bei meinen Versuchen, während Basso jeweils die Tafel aufzuheben sich anschickte, mit scheinbar parallel gerichteten Augenachsen, ohne einen Punkt zu fixieren, über den Tisch hinweg in der Richtung nach dem Publikum. Man vergleiche die Abbildung auf Seite 138.

Einige Tage später machte ich dem Direktor des Frankfurter Zoologischen Gartens, Herrn Dr. Kurt Priemel, meinen Besuch und trug ihm die Bitte vor, das Rechnen der Basso psychologisch untersuchen zu dürfen. Herr Dr. Priemel kam allen meinen Wünschen bereitwilligst entgegen. Er begleitete mich dann zu Basso und dem Wärter, den er ersuchte, meine Angelegenheit nach Möglichkeit fördern zu helfen. Dies geschah denn auch in der Tat; der Wärter unterzog sich willig allen meinen Versuchsanordnungen und gab mir auf alle meine Fragen Auskunft.

Zunächst erfuhr ich, daß das Rechnen nicht zu Bassos Lieblingsbeschäftigungen gehört. In der Tat habe ich auch später öfter erlebt, daß Basso mitten in meinen Untersuchungen sich vom Stuhl erhob, vom Tisch weglief und allerlei Allotria trieb, während ihr die anderen Arbeiten im allgemeinen weniger unangenehm schienen. Bisweilen legte sie auch einfach die Tafeln aufeinander und wollte sie vom Tische wegräumen, als wollte sie sagen, es sei nun genug des grausamen Spiels. In solchen Fällen mußte sie wie ein unartiges Schulkind durch heftiges Anrufen von seiten des Wärters und andere Mittel wieder zur Fortsetzung des Rechnens bewogen werden.

Ferner teilte mir der Wärter mit, daß Basso zwar die übrigen Produktionen zur Not auch unter Leitung eines Vertreters von ihm ausführe, daß jedoch niemand außer ihm selbst Basso zum Rechnen und zum Aufheben bestimmter gewünschter Tafeln bewegen könne. Er müsse hierbei unbedingt neben ihr am Tische sitzen.

Endlicherklärte mir der Wärter kategorisch, daß er keinerlei Zeichen gebe, welche die richtigen Lösungen der Aufgaben herbeiführen oder unterstützen könnten. Er hatte Basso nach gewissen allgemeinen Anweisungen des Direktors systematisch im Rechnen unterrichtet.

§ 3. DER RECHENUNTERRICHT BASSOS.

Um den psychologischen Tatbestand, welcher den Rechenleistungen Bassos zugrunde liegt, noch näher zu ergründen, erkundigte ich mich zunächst nach der Art des Unterrichts, den Basso im Rechnen genossen hatte. Der Wärter beschrieb mir auf meine Bitte hin den Gang dieses Unterrichts ausführlich.

Der Unterricht fand an dem schon erwähnten kleinen Tisch statt. Dieser Tisch hatte ca. 1 m Länge, 55 cm Breite und 62 cm Höhe. Er wurde auch bei den später mitzuteilenden Versuchen benützt. Bei diesen Versuchen saßen der Wärter und Basso ebenso wie bei den Vorführungen und beim Unterricht immer an der Längsseite des Tisches auf 34 cm hohen Stühlchen. Basso saß immer zur Linken des Wärters. Der Unterricht zerfiel in eine große Anzahl von Übungen. Jede Übung wurde mindestens so oft wiederholt, als es dem Wärter erforderlich schien. Die Übungen, die Rechenleistungen darstellten, sowie diejenigen, die im Aufheben einer vorgeschriebenen Tafel bestanden, wurden, auch wenn sie von Basso tadellos ausgeführt wurden, nichtsdestoweniger immer wieder von neuem angestellt. Schließlich können ja auch die dem Publikum immer wieder in gleicher oder ähnlicher Weise vorgeführten Rechenaufgaben als eine fortgesetzte Wiederholung von Übungen betrachtet werden. Ich teile nun den Gang des Unterrichts im einzelnen mit.

1. ÜBUNG.

Der Wärter stellt eine Flasche auf den Tisch. Dann ergreift er die rechte Hand Bassos, die er so zur Spitze der Flasche führt, daß Basso dieselbe berührt. Während die Berührung stattfindet, ruft er „Eins“.

2. ÜBUNG.

Der Wärter stellt zwei Flaschen nebeneinander auf den Tisch. Er läßt (wiederum Bassos rechte Hand führend) das Tier zuerst die

linke Flaschenspitze berühren und ruft: „Eins“. Darauf läßt er Basso die rechte Flaschenspitze berühren, indem er gleichzeitig „Zwei“ ruft.

3., 4., 5. ÜBUNG.

Der Wärter stellt zunächst drei Flaschen nebeneinander und verfährt analog wie bei der vorigen Übung. Dasselbe wird mit vier und dann mit fünf Flaschen wiederholt. Hierbei werden die Flaschen immer von links nach rechts berührt; bei jeder Berührung ruft der Wärter die entsprechende Zahl.

6. ÜBUNG.

Diese Übung verläuft zunächst genau wie die 5. Übung: Der Wärter stellt fünf Flaschen nebeneinander auf den Tisch, er läßt Basso von links nach rechts deren Spitzen berühren, wobei er laut „Eins, zwei, drei, vier, fünf“ zählt. Dann aber fährt der Wärter fort: „Eine Flasche weg!“ Dann läßt er (Bassos Hand führend und deren Finger in geeigneter Weise um den Flaschenhals herumdrückend) durch Basso eine der Flaschen fassen und sie vom Tisch entfernen. Darauf sagt er: „Bleibt Eins, zwei, drei, vier.“ Während der Worte „Eins, zwei, drei, vier“ läßt er Basso wiederum die Spitzen der Flaschen berühren ganz wie bei der Übung 4.

7., 8., 9. ÜBUNG.

Alle diese Übungen verlaufen im Prinzip genau wie die 6. Übung. Doch geht der Wärter, statt mit fünf Flaschen anzufangen, bei der 7. Übung von vier, bei der 8. Übung von drei, bei der 9. Übung von nur zwei Flaschen aus, von denen er jeweils eine entfernen läßt.

10. ÜBUNG.

Der Wärter stellt wie bei der 6. Übung fünf Flaschen nebeneinander auf den Tisch. Auch sonst verfährt er ganz analog wie bei der 6. Übung. Aber er läßt jetzt nicht eine, sondern zunächst zwei und dann nochmals zwei Flaschen entfernen, so daß er mit Basso zunächst zum Resultat „Bleibt eins, zwei, drei“ und dann zum Resultat „Bleibt eins“ gelangt.

11. ÜBUNG.

Der Wärter stellt wiederum fünf Flaschen nebeneinander auf den Tisch, verfährt prinzipiell genau wie bei der Übung 10, läßt jedoch nur einmal drei Flaschen entfernen, so daß er mit Basso zu dem Resultat kommt: „Bleibt eins, zwei.“

Bei denjenigen Übungen, in welchen Flaschen vom Tisch entfernt werden mußten, erfolgte die Entfernung nach einigen Wiederholungen, ohne daß der Wärter Bassos Hand führen mußte. Auf den Zuruf des Wärters „Eine Flasche weg!“ und ähnliche Befehle bequeme sich Basso alsbald ohne weiteres dazu, die Flaschen selbst vom Tisch zu entfernen und sie auf den Boden zu stellen.

Alle bisherigen Übungen sollten dazu dienen, Basso den Zahlbegriff klar zu machen. Offenbar verfolgen sie auch die Absicht, Basso mit den Zahlen eins bis fünf vertraut zu machen. Die unmittelbar folgenden Übungen 12 bis 16 sollten nun Basso auch die Schriftbilder der Zahlen eins bis fünf vermitteln. Bei all diesen Übungen (12 bis 16) wurde mit den Flaschen und gleichzeitig mit fünf der schon erwähnten kleinen quadratischen Holztafeln (Brettchen) gearbeitet, die auf der einen Seite schwarz lackiert waren und in weißer Aufschrift die Ziffern 1 bzw. 2 bzw. 3 bzw. 4 bzw. 5 tragen. Die kleine Tafel mit der Inschrift 1 bezeichnen wir im folgenden kurz als Tafel 1. Entsprechend reden wir von den Tafeln 2, 3, 4, 5.

12. ÜBUNG.

Der Wärter stellt eine Flasche auf den Tisch, neben welche er nur die Tafel 1 legt. Dann ruft er, die Spitze der Flasche berührend: „Basso! Das ist eins.“ Indem er dann die Tafel 1 durch Basso (deren Hand er führt, und deren Finger er so um die Tafel drückt, daß Basso sie festhält) anfassen und vom Tisch aufheben läßt, ruft er: „Das ist auch eins.“

13. ÜBUNG.

Der Wärter stellt zwei Flaschen auf den Tisch, neben welche er die Tafel 2 legt. Indem er die Flaschen an der Spitze berührt, ruft er: „Basso! das ist zwei.“ Indem er dann Basso wie in der Übung 12 die Tafel anfassen läßt, ruft er: „Das ist auch zwei.“

14., 15., 16. ÜBUNG.

Dieselbe Übung (12) wird mit drei Flaschen und der Tafel 3, dann mit vier Flaschen und der Tafel 4, dann mit fünf Flaschen und der Tafel 5 wiederholt. Hierbei berührt der Wärter immer zuerst nacheinander die Flaschen, worauf er Basso die entsprechende Tafel anfassen läßt.

Durch die folgenden Übungen sollte das Addieren und Subtrahieren unter gleichzeitiger Benützung von Flaschen und Tafeln im Zahlenraum von 1 bis 5 gelehrt werden.

17. ÜBUNG.

Diese Übung bezieht sich auf das Addieren und zerfällt in eine große Anzahl von Teilübungen. Der Wärter ruft z. B. (während sich zwei Flaschen und die Tafel 2 auf dem Tisch befinden), indem er wieder die Flaschenspitzen wie in den vorhergehenden Übungen berührt: „Basso! Eins und eins ist zwei.“ Dann läßt er die Tafel wie in früheren Versuchen von Basso anfassen und aufheben, wobei er ruft: „Das ist auch zwei.“ Eine andere Teilübung wird mit drei Flaschen und der Tafel 3 angestellt. Hier ruft der Wärter z. B., indem er die Flaschenspitzen berührt: „Eins und eins und eins ist drei.“ Dann ruft er, während er, Bassos Hand führend, die Tafel 3 anfassen und aufheben läßt: „Das ist auch drei.“ Andere Teilübungen wurden gleichfalls mit drei Flaschen und der Tafel 3 angestellt. So wurde gelehrt, daß zwei und eins gleich drei ist. Analoge Übungen wurden mit vier und fünf Flaschen und mit den Tafeln 4 und 5 ausgeführt.

18. ÜBUNG.

Diese Übung bezieht sich auf das Subtrahieren und zerfällt genau wie Übung 17 in eine große Anzahl von Teilübungen. Der Wärter stellt z. B. zwei Flaschen auf den Tisch und entfernt eine davon, oder er läßt sie durch Basso entfernen, während er ruft: „Zwei weniger eins ist eins.“ Gleichzeitig liegt die Tafel 1 auf dem Tisch und der Wärter ruft dann: „Das ist auch eins,“ indem er die Tafel 1 wiederum von Basso aufheben läßt. In einer anderen Teilübung wurden fünf Flaschen und die Tafel 3 verwendet. Der Wärter ruft, indem er von den fünf Flaschen zwei auf den Boden stellt: „Fünf weniger zwei ist drei.“ Darauf läßt er Basso die Tafel 3 aufheben, wobei er sagt: „Das ist auch drei.“

* * *

Obwohl die Übungen 17 und 18 aus vielen Teilübungen bestanden, wurde doch kein Wert darauf gelegt, gerade alle möglichen Übungen in diesem Gebiet auszuführen. Es wurde also kein Wert darauf gelegt, die Anzahl aller Summanden, in die man die Zahlen 2 bis 5 zerlegen kann, zu benützen. Auch die folgenden Übungen bestehen jeweils aus einer Anzahl von Teilübungen; auch bei den folgenden Additions-

Subtraktions-, Multiplikations- und Divisionsübungen (Übungen 22 und folgende) wurden keineswegs alle innerhalb der fraglichen Zahlenräume möglichen Aufgaben gestellt. Dies wäre ja auch, wie die Zahlentheorie lehrt, ein fast unmögliches Unternehmen gewesen.

Alle bisherigen Übungen wurden mit Flaschen angestellt. Bei allen folgenden Übungen fielen die Flaschen weg.

19. ÜBUNG.

Die Tafeln 1 bis 5 werden nebeneinander von links nach rechts auf den Tisch gelegt. Der Wärter zählt: „Eins, zwei, drei, vier, fünf“, während er gleichzeitig Basso die Hand führt und sie jede Tafel beim Ausrufen der entsprechenden Zahl berühren läßt.

20. ÜBUNG.

Die Tafeln 1 bis 5 werden wiederum in gleicher Weise wie bei der Übung 19 auf den Tisch gelegt. Der Wärter ruft: „Basso, hole die Drei!“ Dann läßt er, Bassos Hand führend, diese die Tafel 3 anfassen und aufheben. Derselbe Versuch wird auch mit den Tafeln 1, 2, 4, 5 ausgeführt. Nach einiger Wiederholung dieser Versuche hebt Basso auf Befehl selbst ohne Führung der Hand die gewünschte Tafel meist richtig auf. Bei allen Übungen überhaupt, in denen Basso Tafeln aufhob, nahm sie der Wärter immer sofort ab, um sie sogleich wieder auf den Tisch zu legen. Hatte Basso einmal eine falsche Tafel aufgehoben, so rief der Wärter, ehe er sie auf den Tisch zurücklegte: „Falsch!“

21. ÜBUNG.

Die Übung 20 wird wiederholt, wobei jedoch die Tafeln nicht mehr geordnet nebeneinander, sondern regellos durcheinander auf dem Tisch liegen. Der Erfolg ist schließlich ebenso günstig wie bei Übung 20.

22. ÜBUNG.

Diese Übung bezieht sich auf das Addieren und besteht aus vielen Teilübungen. Die Tafeln 1 bis 5 liegen ungeordnet auf dem Tisch. Der Wärter ruft z. B.: „Eins und zwei ist drei.“ Darauf wird von Basso die Tafel 3 sofort gebracht. Gleiche Erfolge zeigen alle anderen Additionsaufgaben im Zahlenraum von 1 bis 5.

23. ÜBUNG.

Diese Übung verläuft genau wie die Übung 22, nur daß der Wärter das Resultat nicht ausspricht. Hier hub Basso also die richtige Tafel

auf, ohne daß der Wärter das Resultat der Aufgabe aussprach. Auf seine Worte „Eins und zwei ist —“ ergriff Basso sofort die richtige Tafel. Ebenso verhielt sich Basso bei allen anderen Additionsaufgaben im Zahlenraum von 1 bis 5.

24., 25. ÜBUNG.

Diese beiden Übungen entsprechen genau den Übungen 22 und 23. Doch handelt es sich jetzt nicht um Additions-, sondern um Subtraktionsaufgaben im Zahlenraum von 1 bis 5.

* * *

Alle bisherigen Übungen bewegten sich ausschließlich im Zahlenraum von 1 bis 5. Alle noch folgenden Übungen gehen über den Zahlenraum 1 bis 5 hinaus. Bei ihnen werden auch Tafeln mit den Inschriften 6, 7, 8, 9, 10 benützt, die wir wieder kurz als Tafeln 6, 7, 8, 9, 10 bezeichnen werden.

26., 27., 28., 29. ÜBUNG.

Alle diese vier Übungen bewegen sich im Zahlenraum von 1 bis 6. In der Übung 26 werden Additionsaufgaben gestellt, bei denen der Wärter die Antwort ausspricht. In der Übung 27 werden Additionsaufgaben gestellt, in denen der Wärter das Resultat nicht ausspricht. In beiden Fällen hebt Basso die richtigen Zahlen auf. Die Übungen 28 und 29 werden ganz entsprechend mit Subtraktionsaufgaben an gestellt.

30., 31., 32., 33. ÜBUNG.

Es werden mit gleichem Erfolg dieselben Additions- und Subtraktionsversuche gemacht wie in den Übungen 26 bis 29. Die Aufgaben bewegen sich jedoch im Zahlenraum 1 bis 7, weshalb jetzt die Tafeln 1 bis 7 zur Anwendung kommen.

34., 35., 36., 37. ÜBUNG.

Dasselbe. Jedoch Zahlenraum 1 bis 8 und Tafeln 1 bis 8.

38., 39., 40., 41. ÜBUNG.

Dasselbe. Jedoch Zahlenraum 1 bis 9 und Tafeln 1 bis 9.

42., 43., 44., 45. ÜBUNG.

Dasselbe. Jedoch Zahlenraum 1 bis 10 und Tafeln 1 bis 10.

* * *

In den bisherigen Übungen verhielt sich Basso teils passiv, teils aktiv. Hob sie z. B. eine Tafel so vom Tische auf, daß ihr der Wärter die Hand führte und ihre Finger in geeigneter Weise um die Tafel herumdrückte, so verhielt sie sich passiv. Hob sie die Tafel ganz ohne Hilfe auf, so verhielt sie sich aktiv. Bei einzelnen Rechenaufgaben sprach, wie wir sahen, der Wärter das Resultat aus. Bei anderen verschwieg er das Resultat; bei Versuchen der letzteren Art scheint sich Basso noch aktiver zu verhalten als bei den Versuchen, wo der Wärter das Resultat ausspricht. Auch in allen folgenden Übungen verhielt sich Basso insofern aktiv, als sie ohne manuellen Eingriff des Wärters und teilweise, ohne daß dieser das Resultat aussprach, die Aufgaben richtig löste. Diese Aufgaben waren Additions- und Subtraktionsaufgaben sowie auch Multiplikations- und Divisionsaufgaben, bei denen das Resultat im Zahlenraum von 1 bis 19 lag, bei denen jedoch die in den Aufgaben vorkommenden Zahlen teilweise über den Zahlenraum 1 bis 19 weit hinausgingen. Da von Basso zur Darstellung der Resultate 11 bis 19 zwei Tafeln verwendet werden mußten, so sind die folgenden Übungen auch dadurch charakteristisch, daß Basso in ihnen zum Teil zwei Tafeln nacheinander aufheben mußte, während sie bisher jeweils nur eine Tafel zu heben hatte.

46., 47., 48., 49. ÜBUNG.

Der Wärter stellt bei den Übungen 46 und 47 Additionsaufgaben, deren Resultate im Zahlenraum 1 bis 19 liegen, indem er bei der Übung 46 das Resultat ausspricht, und indem er es bei der Übung 47 verschweigt. Basso hebt dann meistens die richtige Tafel auf. In analoger Weise werden bei den Übungen 48 und 49 Subtraktionsaufgaben gestellt. Die Zahlen, die in den Subtraktionsaufgaben vorkamen, bewegten sich im Zahlenraum von 1 bis 30. Es wurden also auch Aufgaben gestellt und gelöst wie „dreißig weniger fünfzehn.“

50., 51., 52., 53. ÜBUNG.

Der Wärter stellt bei den Übungen 50 und 51 Multiplikationsaufgaben (z. B. „ein mal drei“ oder „zwei mal vier“ oder „drei mal sechs“). Bei der Übung 50 fügt er das Resultat hinzu, bei der Übung 51 verschweigt er es. Basso hebt wieder meistens die richtige Tafel auf. In analoger Weise stellt der Wärter bei den Übungen 52 und 53 Divisionsaufgaben (z. B. „zwei geteilt durch zwei“, „sechzehn geteilt durch vier“). Auch hier bewegen sich aber wie bei den Subtraktionsaufgaben

(Übungen 48 und 49) nur die Resultate, nicht die in den Aufgaben überhaupt vorkommenden Zahlen im Zahlenraum von 1 bis 19, während die Zahlen, die in den Aufgaben vorkommen, in den Zahlenraum 1 bis 30 fallen. Es wurden also auch Aufgaben gestellt und gelöst wie „siebenundzwanzig geteilt durch drei“.

WEITERE ÜBUNGEN.

In weiteren Übungen gingen die in den Aufgaben und Lösungen vorkommenden Zahlen auch noch über die Zahlenräume 1 bis 30 bzw. 1 bis 19 hinaus. So wird z. B. neben vielen anderen auch die Aufgabe „hundert weniger zweiundfünfzig“ gestellt. Basso beantwortet diese Aufgabe, indem er zunächst die Tafel 10 aufhebt. Der Wärter nimmt sie Basso ab und legt sie wiederum auf den Tisch. Basso hebt dann die Tafel 10, die immer wieder vom Wärter zurückgelegt wird, noch dreimal auf, und schließlich hebt sie die Tafel 8 auf. So bildet Basso das richtige Resultat achtundvierzig.

Nach diesen Übungen ist Basso imstande, alle beliebigen Additions- und Subtraktions-, Multiplikations- und Divisionsaufgaben, deren Resultate in ganzen Zahlen bestehen, richtig zu lösen. Sie setzt die Lösungen, die in größeren Zahlen als 10 bestehen, einfach nach Analogie des vorhin erwähnten Beispiels „hundert weniger zweiundfünfzig“ zusammen. Mit Zahlen über 100 wurde indessen von dem Wärter beim Rechnen nicht operiert. Auch Fremde, die der Basso Rechenaufgaben stellten, pflegten hierbei größere Zahlen nicht zu verwenden.

In noch anderen Übungen wurde Basso gelehrt, die Taschenuhr abzulesen und sogar das richtige Datum (Tag, Monat, Jahr) anzugeben. Doch wollen wir auf diese Dinge in der vorliegenden Arbeit nicht näher eingehen.

Der Unterricht begann im Oktober 1912. Nach ca. drei Vierteljahren fand die erste Vorführung, jedoch nur mit den Tafeln 1 bis 5 statt. Dann wurde der Unterricht in dem geschilderten Sinne erweitert.

* * *

Wenn wir den ganzen Rechenunterricht, den Basso genossen hat, überblicken, so bemerken wir sofort, daß derselbe vielfach an den Rechenunterricht erinnert, den auch wir im Elementarunterricht in ungefähr ähnlicher Weise erhalten haben. Wir bemerken aber auch, daß derselbe ebenso wie unser eigener Rechenunterricht, in großen Zügen

betrachtet, mit dem Unterricht des klugen Hans und der Elberfelder Pferde¹⁾ manches gemeinsam hat. In der Tat war ja auch das Verfahren bei den rechnenden Pferden (nach den mir von Herrn Direktor Priemel und von Bassos Wärter, Herrn Burkard t, gewordenen Mitteilungen) vorbildlich für den Rechenunterricht Bassos. Und in der Tat war ja auch für diesen Pferde-Rechenunterricht, dessen Begründer, Herr v. Osten, ein ehemaliger Rechen- und Zeichenlehrer²⁾ war, der schulmäßige menschliche Rechenunterricht maßgebend.

Auch eine andere Parallele zwischen dem Rechenunterricht Bassos und dem der rechnenden Pferde ist erwähnenswert. Wir haben oben gesehen, daß sich Basso auf Grund des genossenen Unterrichts nicht nur insofern aktiv betätigte, als sie ohne manuelle Hilfe des Wärters und selbst ohne daß dieser das Resultat aussprach, Aufgaben löste, sondern daß sie schließlich sogar Aufgaben bewältigte, die vorher niemals gestellt worden waren. Ebenso nehmen bekanntlich auch v. Osten und Krall an, daß ihr Unterricht Pferde zum selbständigen Rechnen zu erziehen vermag.

Es erhebt sich nun die Frage, wie der Rechenunterricht Bassos und seine Erfolge vom Standpunkt der wissenschaftlichen Psychologie aus zu beurteilen ist. Die definitive Lösung dieser Frage kann erst viel später gegeben werden. Zunächst müssen wir einige vorbereitende Untersuchungen einschalten, deren Inhalt freilich zum Teil über den Fall Basso weit hinaus geht.

§ 4. DIE STIFTUNG VON ASSOZIATIONEN BEI TIEREN UND DIE WIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DIESER ASSOZIATIONEN.

Daß nicht nur bei dem Menschen, sondern auch bei den Tieren bestimmte Verbindungen oder Assoziationen zwischen Reizen und Bewegungen bestehen, ist allgemein bekannt. Wenn der Fuchs einen verwundeten Hasen klagen hört, so begibt er sich, wenn er hungrig ist, und wenn nicht andere Reize störend wirken, an die Stelle, von der aus er die Klage des Hasen zu hören glaubt. Der Jäger benützt diese Tatsache, indem er mittels eines Instruments, der sogenannten

¹⁾ Vgl. O. Pfungst, Das Pferd des Herrn v. Osten. Leipzig 1907. S. 175 ff., K. Krall, Denkende Tiere. 2. Aufl. Leipzig 1912. S. 273 ff. und S. 445 ff. und besonders R. Sommer, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 3. 1915. S. 138 ff.

²⁾ K. Krall a. a. O. S. 10.

Hasenklage, den Fuchs in seine Nähe lockt, um ihm durch einen wohlgezielten Schuß das Lebenslicht auszublases. Ebenso läßt sich der Rehbock in der Brunstzeit durch die Nachahmung des Lockrufs der Riecke anlocken. Viele andere ähnliche Beispiele sind dem Jäger wohl bekannt.

Abgesehen von solchen natürlichen Assoziationen gelingt es dem Menschen auch, auf künstlichem Wege Assoziationen bei den Tieren zu stiften. In manchen ländlichen Gegenden Deutschlands gehen die Pferde und Ochsen der Bauern auf den Ruf „Hott“ ohne weitere Hülfe durch Zügel, Peitsche und dgl. nach rechts, während sie auf den Ruf „Wist“ nach links gehen¹⁾. Diese Assoziationen werden dadurch gestiftet, daß zunächst beim Lenken der Tiere die entsprechenden Worte ausgerufen werden. Bei der Dressur des Jagdhundes kommt es lediglich darauf an, unter Benützung der natürlichen Anlagen des Hundes bei ihm solche Assoziationen zu stiften, die für den Jäger bei der Ausübung der Jagd wertvoll sind. Der „Gebrauchshund“ muß sich auf das Kommando des Herrn („Down“) niederlegen, er muß auf den Ruf „Apporte“ das geschossene Wild holen und es dem Herrn bringen usw. Die glänzend entwickelte Dressur des Jagdhundes²⁾ ist auch psychologisch sehr interessant, sie ist jedoch den Psychologen, die nicht Jäger sind, nach meinen Erfahrungen meistens unbekannt. Aber nicht nur zu Jagdzwecken werden durch die Dressur wirtschaftlich vorteilhafte Assoziationen bei Hunden gestiftet, sondern auch zu vielen anderen Zwecken. Man denke z. B. an die Schäferhunde oder an die Polizeihunde³⁾. Auch bei anderen Tieren als den Hunden hat man wirtschaftlich vorteilhafte Assoziationen gestiftet. Man erinnere sich etwa an die früher beliebte Falkenjagd.

Die Frage, in welchem Umfang und mit welchen Mitteln es bei den einzelnen Tieren möglich ist, auf künstlichem Wege Assoziationen zu stiften, die meines Wissens bisher niemals systematisch in Angriff genommen wurde, ist ein sehr wichtiges Problem der Psychologie.

¹⁾ Vgl. hierzu St. v. Máday, Psychologie des Pferdes und der Dressur. Berlin 1912. S. 29. Wenn die entsprechende Mitteilung v. Mádays nicht auf einem Versehen beruht, muß man annehmen, daß an anderen Orten die Pferde auf den Ruf „Hott“ nach links, auf den Ruf „Wist“ nach rechts gehen.

²⁾ Vgl. besonders Oberländer, Die Dressur und Führung des Gebrauchshundes. 7. Aufl. Neudamm 1912 und Hegendorf, Der Gebrauchshund, seine Erziehung und Dressur. 2. Aufl. Berlin 1914.

³⁾ Über Hunde vgl. Brehms Tierleben. 4. Aufl., herausgegeben von O. zur Strassen. Bd. 12 bearbeitet von L. Heck und M. Hilzheimer. Leipzig und Wien 1915. S. 223 ff.

Die Stiftung von wirtschaftlich zweckmäßigen Assoziationen bei den Tieren und die praktische Ausnutzung dieser Assoziationen ist eine nicht zu gering anzuschlagende und vielleicht vielversprechende Angelegenheit der Volkswirtschaft. In Jechtingen am Kaiserstuhl (Großherzogtum Baden) war ein Bäcker, der auch Brot nach dem benachbarten, etwa eine halbe Stunde entfernten Ort Sasbach lieferte. Dieses Brot brachte er meistens auf einem kleinen, von einem Hund gezogenen Wagen nach Sasbach. Allmählich gelang es den Hund zu veranlassen, auch ohne jede menschliche Begleitung mit dem Brot nach Sasbach zu fahren und mit dem leeren Wagen wieder nach Jechtingen zurückzukehren. Diese Tatsache wurde mir nicht nur von dem Bäcker und anderen Leuten wiederholt mitgeteilt, ich habe vielmehr auch selbst den Hund mit seinem Wagen ohne Begleitung oft angetroffen. Man wird zugeben, daß es hiernach möglich sein muß, bei Hunden und vielleicht auch bei anderen Tieren durch geeignete Dressur in weiterem Umfang als bisher Assoziationen zu stiften, die wirtschaftlich nützlich sind.

Wenn man überhaupt geneigt ist, den Tieren geistige Vorgänge nach Art der unserigen beizulegen, so kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß zu den geistigen Vorgängen der höheren Tiere auch solche gehören, die man im Sinne der Denkpsychologie¹⁾ als Denken bezeichnen darf, wie primitiv das tierische Denken gegenüber dem des Menschen auch sein mag. Wenn meine Jagdhunde im Winter geschossene Enten aus einem Teich holen sollen, so wählen sie keineswegs immer den nächsten Weg; sie machen vielmehr häufig einen großen Umweg, um nur eine möglichst kurze Strecke im Wasser zu verbringen. Wenn mein Hund auf der Hühnerjagd „steht“, so begeben sich wie alle Jäger alsbald in die Nähe des Hundes, um auf die aufliegenden Hühner zu schießen; wenn ich nun einen ziemlich weiten Weg zurückzulegen habe, und wenn meine Ankunft beim Hunde sich verzögert, so blickt er sich ein oder mehrere Male nach mir um, als wolle er sagen, ich möge mich beeilen, da die Hühner sonst wegfliegen, ohne daß ich zum Schusse komme. Es wird schwer sein, diese Vorgänge psychologisch anders zu erklären als dadurch, daß man dem Hund Bewußtseinsvorgänge zuschreibt, die entschieden in den Bereich des Denkens gehören. Auch erscheint es mir nicht unerlaubt, den Tieren ein Verstehen und Wissen beizulegen. Man kann doch schon, ohne mit dem Sprachgebrauch in Widerspruch zu geraten, sagen, daß

¹⁾ Zur Orientierung über die Psychologie des Denkens vgl. K. Marbe, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 3. 1915. S. 1 ff.

ein Pferd, das auf den Ruf „Hott“ nach rechts geht, diesen Ruf versteht. Wenn ich mich morgens im Jagdanzug und mit dem Gewehr zu meinen Hunden begeben, so zeigen sie in auffälliger Weise alle Zeichen der Freude; sie bewegen sich lebhaft, springen an mir herauf, wedeln mit dem Schwanz usw. In der Regel nehme ich nun nur einen Hund mit auf die Jagd. Ich sage dann zu demjenigen, der zu Hause bleiben soll: „Du darfst nicht mit“ und mache eine abwehrende Gebärde mit der Hand. Der verschmähte Hund zeigt dann sofort Zeichen der Traurigkeit; wird er dann angebunden oder in ein Zimmer gesperrt, und gehe ich fort, so heult er lange Zeit jämmerlich. Wie soll man diese Dinge psychologisch erklären, ohne daß man den Hunden Erlebnisse beilegt, die man unter die Tatsachen des Verstehens und Wissens subsumieren darf? Dabei bemerke ich ausdrücklich, daß die von mir dem Jägerleben entnommenen Tatsachen keineswegs spezielle Erfahrungen von mir darstellen, sondern daß sie allen auch nur einigermaßen erfahrenen Jägern bekannt sind. Ja ich habe absichtlich nur ganz triviale, alltägliche Beispiele gewählt.

Kann es hiernach für mich nicht zweifelhaft sein, daß man den Tieren oder genauer gesprochen gewissen Tieren ein Denken beilegen darf, so bin ich doch der Meinung, daß man alle Erfolge der Dressur oder des Unterrichts¹⁾ als künstlich gestiftete Assoziationen auffassen darf. Auch im Gebiet der Psychologie des Menschen wird ja mit Recht kein Gegensatz zwischen Denken und Assoziation statuiert. Und auch die extremste Auffassung der Assoziationstheorie involviert ja bekanntlich nicht im entferntesten einen Verzicht auf die Annahme wirklichen Denkens. Diese Assoziationstheorie sucht lediglich jedes Denken auf assoziativem Wege zu erklären.

§ 5. AUTOMATISCHES ODER WIRKLICHES RECHNEN, GEDANKENLESEN, UNWILLKÜRLICHE ZEICHEN ODER SCHWINDEL?

Da es, wie wir sahen, durchaus möglich ist, bei Tieren auf künstlichem Wege Assoziationen zu stiften, so muß man es auch an sich als durchaus möglich betrachten, daß man Tieren durch geeigneten

¹⁾ Die wesentlichen Unterscheidungen von tierischer Dressur und tierischem Unterricht, wie sie von K. Krall (*Dankende Tiere*. 2. Aufl. Leipzig 1912. S. 68) und H. E. Ziegler (*Die Seele des Tieres*. Herausgegeben von der Gesellschaft für Tierpsychologie. 2. Aufl. Berlin 1916. S. 21 ff.) getroffen werden, erscheinen mir nicht begründet.

Unterricht die Lösung bestimmter Rechenaufgaben beibringen kann. Wenn es möglich ist, einen Hund auf das Kommando „Down“ zum Niederlegen, auf das Kommando „Setz dich“ zum Sitzen, auf das Kommando „Zurück“ zum Zurücklaufen zu bewegen, so wird es auch an sich als möglich angesehen werden müssen, daß er so abgerichtet wird, daß er auf die Frage, „Wieviel ist zwei und zwei“ oder auf das Kommando „Nenne die zweite Wurzel von 16“ einem viermal nacheinander und nur viermal die Pfote gibt. Ob dies wirklich möglich ist, das ist eine reine Tatsachenfrage, die, auf experimenteller Grundlage zu beantworten, dem psychologischen Fachmann nicht allzu große Schwierigkeiten bereiten dürfte. In ähnlicher Weise kann es nicht als von vorneherein ausgeschlossen gelten, ein Pferd dahin zu bringen, daß es z. B. auf die Frage „Wieviel ist die fünfte Wurzel aus 32“ zweimal nacheinander mit dem Fuße scharrt. Ein „Rechnen“ in dem bisher geschilderten Sinne wollen wir als ein automatisches Rechnen bezeichnen.

Eine ganz andere Frage ist nun die, ob den Tieren auch ein Rechnen insofern möglich ist, als sie auf Grund eines geeigneten Unterrichts in der Lage sind, Rechenaufgaben zu lösen, die ihnen in identischer Weise überhaupt niemals vorgelegt worden sind. Ein solches Rechnen soll als selbständiges Rechnen bezeichnet werden. Da den Tieren wie wir sahen, ein Denken weder generell noch prinzipiell abgesprochen werden kann, so wird man vielleicht von vorneherein auch die Möglichkeit eines selbständigen Rechnens nicht a limine abweisen dürfen.

Wieder eine andere Frage ist die, ob es Tiere gibt, die, ohne überhaupt einen Unterricht genossen zu haben, sich als gute Rechner erweisen. Nach den Behauptungen von Frau Paula Moekel in Mannheim hat diese Dame ja ganz zufällig die Entdeckung gemacht, daß ihr Hund Rolf im Rechnen bewandert ist¹⁾. Ein solches tierisches Rechnen ohne jeden systematischen Unterricht wollen wir kurz als natürliches Rechnen bezeichnen. Ein natürliches Rechnen wäre freilich zugleich auch ein selbständiges Rechnen. Wenn die Behauptung, daß es bei Tieren ein natürliches Rechnen gibt, auch bisher in wissenschaftlichen Kreisen unerhört war, so wird man doch zugeben müssen, daß auch diese Behauptung logische Unmöglichkeiten (wie etwa der Satz: zwei und zwei ist fünf) nicht enthält.

Wir wollen künftig das selbständige einschließlich des natürlichen

¹⁾ P. Moekel, Unser Hund Rolf. Aus den Mitteilungen der Gesellschaft für Tierpsychologie (1914), abgedruckt in dem von dieser Gesellschaft herausgegebenen Sammelbändchen: Die Seele des Tieres. 2. Aufl. Berlin 1916. S. 79 ff.

Rechnens als wirkliches Rechnen bezeichnen und es dem automatischen Rechnen gegenüberstellen.

Während nun in den letzten Jahren bekanntlich vielfach behauptet wurde, daß es Pferde und Hunde gibt, die wirklich oder doch wenigstens automatisch rechnen, hat man auch das Rechnen der Tiere geleugnet und ihre scheinbaren Leistungen im Gebiet des Rechnens durch Gedankenübertragung im Sinne der Telepathie zu erklären versucht¹⁾. Nach dieser Auffassung löst das Tier gestellte Aufgaben deshalb richtig, weil ihr Resultat dem Fragesteller bewußt oder „im Unterbewußtsein“ bekannt ist, und weil er dieses Resultat unwillkürlich auf die Seele des Tieres überträgt. Obgleich trotz einer Fülle von Literatur irgendwelche bewährte, zuverlässige, wissenschaftlich befriedigende Mitteilungen über telepathische Gedankenübertragung bisher nicht vorliegen, kann man wenigstens zurzeit auch die Ansicht, daß es gelinge, auf telepathischem Wege Bewußtseinsvorgänge vom Menschen auf das Tier zu übertragen, nicht strikte widerlegen²⁾.

Andere sind der Meinung, daß die „Rechenleistungen“ der Tiere auf unwillkürlicher Zeichengebung beruhen. So hat Stumpf³⁾ im Jahre 1904 die Ansicht vertreten, daß die Rechenleistungen des klugen Hans, des bekannten v. Ostenschen Pferdes, auf unwillkürlichen Bewegungen des Fragestellers beruhen und Pfungst⁴⁾ hat diese Ansicht ausführlich experimentell zu begründen versucht.

Natürlich kann man durch geeigneten Unterricht auch Tiere veranlassen, auf willkürliche Zeichen hin die Resultate von Rechenaufgaben richtig anzugeben. Von alters her werden im Zirkus und auf Jahrmärkten Pferde vorgeführt, die so dressiert sind, daß sie auf ein Zeichen mit der Peitsche zu scharren beginnen, und daß sie auf ein anderes Zeichen zu scharren aufhören. Man braucht solchen Pferden nur vor dem ersten Zeichen irgend eine Rechenaufgabe zu stellen und im richtigen Moment das zweite Zeichen geben, um Unkundigen gegenüber den Eindruck zu erwecken, als wären die Pferde imstande, wirklich zu rechnen.

Eine solche Lösung von Rechenaufgaben durch Tiere ist, wenn sie im Zirkus oder auf dem Jahrmarkt vorgeführt wird, eine harmlose

¹⁾ So G. Harter, Das Rätsel der denkenden Tiere. Wien und Leipzig 1914.

²⁾ Über Gedankenlesen vgl. K. Marbe, Die Gleichförmigkeit in der Welt. München 1916. S. 37 ff.

³⁾ Vgl. C. Stumpf bei O. Pfungst, Das Pferd des Herrn v. Osten. Leipzig 1907. S. 185 ff.

⁴⁾ O. Pfungst in dem in der vorigen Anmerkung erwähnten Buche. S. 29 ff.

Belustigung. Sie würde sich aber als unverantwortlicher Schwindel qualifizieren, wenn sie Männern der Wissenschaft gegenüber als wirkliches Rechnen ausgegeben würde.

Schon oben haben wir gesehen, daß Bassos Wärter Burkardt strikte leugnet, irgendwelche Zeichen zu geben. Wie haben wir nun die Rechenkunst Bassos zu beurteilen? Handelt es sich hier um automatisches oder um wirkliches Rechnen, um Gedankenübertragung, um unwillkürliche Zeichengebung oder um Schwindel?

§ 6. VERSUCHE ÜBER GEDANKENLESEN.

Da Basso Aufgaben löst, die ihr vorher in identischer Weise niemals vorgelegt wurden, so war es unmöglich, ihre Rechenleistungen im ganzen Umfang als automatisches Rechnen aufzufassen. Handelt es sich nun bei Basso wirklich um selbständiges oder gar um natürliches Rechnen? Da, wie wir sahen, rein a priori die Möglichkeit selbständigen Rechnens bei Tieren nicht geleugnet werden kann, da v. Osten und Krall und ihre Anhänger bekanntlich annehmen, daß man Pferde auf Grund eines geeigneten Unterrichts zum selbständigen Rechnen erziehen kann, und da auch das Denken der Menschenaffen gewiß nicht hinter dem der Hunde oder gar der Pferde wesentlich zurücksteht¹⁾, so war auch die Frage, ob bei Basso wenigstens teilweise wirkliches Rechnen stattfindet, zu erwägen. Jedenfalls wird man zugeben müssen, daß wenn es überhaupt möglich ist, einen Schimpansen auf Grund eines Unterrichts zum selbständigen Rechnen zu bewegen, der vom Wärter erteilte und von uns ausführlich mitgeteilte Unterricht als ein durchaus geeigneter angesehen werden muß. Aber andererseits wird kein Verständiger leugnen, daß man einem Menschen oder einem Tier einen sehr umständlichen Unterricht erteilen kann, daß aber trotzdem der Zögling das Ziel des Unterrichts wirklich oder scheinbar erreichen oder von vorneherein innehaben kann, ohne daß der Unterricht im allermindesten den gewollten Einfluß ausgeübt hat. So haben Stumpf und Pfungst²⁾ die Ansicht vertreten, daß der kluge Hans im Unterricht des Herrn v. Osten nicht (wie v. Osten meinte und wollte) rechnen lernte, sondern daß er vielmehr lediglich die unwillkürlichen Zeichen des Lehrers und Fragestellers ablesen

¹⁾ Viele Beispiele bei A. Sokolowsky, Beobachtungen über die Psyche der Menschenaffen. Frankfurt a. M. 1908.

²⁾ Vgl. die beiden in der vorletzten und drittletzten Anmerkung zitierten Stellen aus Pfungsts Buch.

lernte; auch könnte ja (wenigstens rein logisch gesprochen) Basso in solchem Maße über ein natürliches Rechnen verfügen, daß deshalb der lange Unterricht des Wärters mehr oder weniger überflüssig war. Erschien es also unmöglich, daß Bassos Rechnen im weitesten Umfang ein automatisches war, so reichten meine bisherigen Erfahrungen mit Basso nicht dazu aus, um lediglich auf Grund dieser zur Frage des selbständigen oder natürlichen Rechnens Stellung zu nehmen. Der Weg, Bassos Rechenleistungen auf Grund telepathischen Einvernehmens zwischen ihr und dem Wärter zu erklären, erschien mir mit Rücksicht auf die vorhin angedeutete Unwahrscheinlichkeit telepathischer Übertragungen von Bewußtseinsvorgängen nicht ohne weiteres gangbar. Daß der Wärter irgendwelche Zeichen gibt, hatte ich nicht bemerkt, absichtliche Zeichengebung wurde zudem vom Wärter gelehnet.

Ich frag nun den Direktor des Gartens und den Wärter, wie sie sich denn die Rechenleistungen Bassos erklärten. Beide sagten übereinstimmend, daß sie trotz des ausführlichen Rechenunterrichts an ein wirkliches Rechnen Bassos nicht glaubten. Herr Direktor Dr. Priemel teilte ferner mit, daß er sich mit dem Problem nicht weiter beschäftigt habe, der Wärter aber gab an, daß er sich alle Rechenleistungen Bassos durch einen geistigen Konnex zwischen ihm und Basso erkläre. Er vertrat also die Theorie der telepathischen Übertragung. Trotz meiner Bedenken gegen diese Auffassung, die übrigens auch von Herrn Direktor Dr. Priemel geteilt wurden, entschloß ich mich, zu ihrer Prüfung einige Versuche anzustellen.

Der Wärter erklärte mir auf Befragen, daß er imstande sei, sich geschriebene Zahlen gedächtnismäßig sehr anschaulich und deutlich vorzustellen; er gehört also, wenn diese Aussage nicht auf Irrtum beruhen sollte, zum optischen Typus. Ich ließ nun den Wärter zwölf Aufgaben stellen, die ich ihm jeweils leise angab; beim Ausrufen der Aufgaben und während Basso dieselben zu lösen suchte, durfte er aber meiner Instruktion zufolge nicht an das richtige Resultat der Aufgabe denken; er mußte sich vielmehr

bei der ersten Aufgabe die Zahl	1	anschaulich vorstellen,
„ „ zweiten „ „ „	2	„ „ „
„ „ dritten „ „ „	3	„ „ „
.....
„ „ zehnten „ „ „	10	„ „ „
„ „ elften „ „ „	20	„ „ „
„ „ zwölften „ „ „	30	„ „ „

Hatte Basso eine Antwort gegeben, die weder der richtigen Lösung der Aufgabe entsprach, noch auch der vom Wärter vorgestellten Zahl, so rief der Wärter „falsch“, wobei er, wie überhaupt immer, wenn Basso eine Tafel aufgehoben hatte, die zuletzt aufgehobene Zahl auf den Tisch zurücklegte.

Das Ergebnis dieser Versuche teile ich in der folgenden Tabelle mit; die als falsch bezeichneten Antworten sind in Klammern wiedergegeben.

Nummer	Aufgabe	Richtige Lösung	Der Wärter stellt sich vor die Zahl	Basso zeigt
1	$2+4$	6	1	(4) (2) 1
2	$10-2$	8	2	(3) 2
3	$2 \cdot 3$	6	3	(2) 3
4	$12:4$	3	4	4
5	$3 \cdot 3$	9	5	5
6	$7 \cdot 7$	49	6	6
7	$(30-3):3$	3	7	7
8	$12:2$	6	8	8
9	$1+1$	2	9	9
10	$17-9$	8	10	10
11	$3+4$	7	20	10+10
12	$7 \cdot 8$	56	30	10+10(+6)+10

Man sieht, daß von den zwölf Aufgaben acht sofort im Sinne der Theorie der telepathischen Übertragung richtig beantwortet wurden, daß aber auch die vier übrigen Aufgaben (1, 2, 3, 12) nach einem oder zwei Fehlern sofort richtig im Sinne der Gedankenübertragungstheorie gelöst wurden. Daß auch die gute Lösung dieser vier Aufgaben keineswegs als Zufallsprodukt betrachtet werden darf, ergibt sich unmittelbar aus unseren Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen im § 2. Andererseits ist bemerkenswert, daß von den zwölf Aufgaben keine einzige im Sinne der Mathematik richtig bewältigt wurde.

Dieses Resultat war zunächst verblüffend. Ich wiederholte nun zunächst die Versuche mit einigen Modifikationen. Der Erfolg war aber immer derselbe. Hiernach konnte man die Möglichkeit erwägen, daß trotz des systematischen Rechenunterrichts Basso nicht eigentlich rechnen könne, sondern daß sie nur mehr und mehr gelernt habe, die Gedanken des Wärters zu lesen. Mancher hätte die Sache vielleicht auch noch anders angesehen. Da ich die Versuchsbedingungen in Bassos Gegenwart mit dem Wärter besprach und, da ja neuerdings

bekanntlich Pferden und Hunden weitgehendes Sprachverständnis beigelegt wird, so konnte vielleicht auch Basso unsere Abmachungen verstanden und absichtlich im Sinne der telepathischen Hypothese reagiert haben. Dies Verhalten hätte sich dem gelegentlich behaupteten Witz und der „Verschlagenheit“ der Tiere bestens eingereicht. Meint doch Krall ¹⁾, daß sich die Antworten des klugen Hans manchmal geradezu als eine Verhöhnung der Anwesenden, dargestellt hätten und sagt doch G. Wolff ²⁾, daß bei einer bestimmten Gelegenheit Kralls Pferd Muhamed „— ein vierfüßiger Hamlet — mit unverständlichen Antworten die Horcher zu verhöhnen“ schien.

Da ich mich aus begreiflichen Gründen mit solchen Auffassungen der Betätigungen Bassos nicht ohne weiteres befreunden konnte, und da ich trotz der geschilderten Versuchsergebnisse auch die telepathische Hypothese noch nicht als bewiesen betrachtete, entschloß ich mich zu neuen Versuchen.

§ 7. BASSOS WIRKLICHES RECHNEN.

Obleich ich weder absichtliche noch unabsichtliche Zeichen des Wärters bemerkt hatte, stellte ich mir zunächst die ganz allgemeine Frage, ob das Auge des Wärters irgendwie an den Rechenleistungen Bassos beteiligt sei. Ich bestimmte daher, der Wärter solle vor der Stellung der Aufgaben die Augen schließen und sie erst öffnen, wenn Basso das Resultat richtig angegeben hatte; dabei sollte ich selbst dem Wärter jeweils leise mitteilen, ob die aufgehobene Tafel eine richtige oder falsche war. Die Durchführung dieser Versuche gelang indessen nicht ohne erhebliche Schwierigkeiten und Störungen. Wer sollte Basso die Tafel abnehmen, solange die Augen des Wärters geschlossen blieben? In den Versuchen, wo der Wärter die Tafeln abnahm, mußte er, obgleich er die Augen, solange ich die Resultate als falsch bezeichnete, geschlossen halten sollte, dieselben doch zu seiner Orientierung oft für kurze Zeit öffnen. Wollte ich in anderen Versuchsreihen selbst die Tafeln abnehmen, so gab Basso dieselben bisweilen nicht her, und sie ihr mit Gewalt zu entreißen, durfte ich nicht wagen, da Basso, die erst vor kurzem eine mit ihr spielende Dame in die Hand gebissen hatte, ungemütlich wird, wenn ihr jemand außer dem Wärter etwas gegen ihren Willen wegnimmt.

¹⁾ K. Krall a. a. O. S. 75.

²⁾ G. Wolff, Süddeutsche Monatshefte. Januar 1914. S. 459.

Trotz dieser Schwierigkeiten und Störungen gewann ich jedoch aus diesen Versuchen den entschiedenen Eindruck, daß die Antworten Bassos ganz unverhältnismäßig schlechter sind, wenn der Wärter die Augen geschlossen, als wenn er sie offen hat. Die Frage „Wieviel ist vier und drei?“ wurde z. B. erst nach 12 Fehlgriffen, die Frage „Wieviel ist drei mal zwei?“ nach 16 Fehlgriffen, die Frage „Wieviel ist eins und vier?“ gar erst nach 25 Fehlgriffen richtig beantwortet, während doch nach unseren Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen des § 2 schon die Wahrscheinlichkeit, daß man bei sieben Griffen einmal eine bestimmte Zahl aufhebt, größer als $\frac{1}{2}$ ist.

Unter diesen Umständen war, trotzdem ich von Zeichen nichts bemerkt hatte, an unwillkürliche Augenbewegungen des Wärters zu denken. Ich ließ daher den Wärter zunächst wieder ganz in der Weise wie bei den öffentlichen Vorführungen mit Basso arbeiten und beobachtete seine Augen genau. Ich konnte mich aber auch jetzt nicht davon überzeugen, daß der Wärter Augenbewegungen ausführte, die die richtigen Lösungen der Aufgaben bedingten.

Durch mancherlei Beobachtungen war ich aber mittlerweile zu einer Hypothese gelangt, an die ich die Fortsetzung der Versuche anzuschließen beschloß. Ich war nämlich auf die Idee gekommen, der Wärter stelle seinen Körper bei jeder Fragestellung unwillkürlich so ein, daß die der Aufgabe entsprechende Tafel von der Medianebene seines Kopfes durchschnitten wurde. Handelte es sich um Aufgaben, deren Lösung durch Aufheben mehrerer Tafeln angegeben werden mußte, so konnte der Wärter jedesmal, nachdem er eine Tafel auf den Tisch zurückgelegt hatte, sich von neuem unwillkürlich in dem erwähnten Sinne einstellen. Wenn diese Ansicht zutraf, war die Möglichkeit vorhanden, daß Basso stets eine Tafel ergriff, die von der Medianebene des Kopfes des Wärters durchschnitten wurde. Die falschen Antworten Bassos konnten dann vielleicht teilweise dadurch erklärt werden, daß bei ihnen zwei oder mehrere Tafeln die Medianebene kreuzten. Freilich mußte von vorneherein mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß, wenn Basso überhaupt im Sinne der Medianebenentheorie reagiert, auch noch andere, mir bisher entgangene Zeichen die Antworten Bassos beeinflussen konnten.

Zur Prüfung meiner Hypothese führte ich zunächst folgende Versuche aus. Ich ließ den Wärter zehn Rechenaufgaben stellen. Vor jeder Aufgabe legte ich jedoch selbst die zehn Tafeln auf den Tisch. Nachdem Basso reagiert hatte, packte ich die Tafeln wieder

zusammen und mischte sie, ähnlich wie Spielkarten, durcheinander, um sie dann von neuem aufzulegen. Vor jeder Frage des Wärters stellte ich dann diesen so ein, daß die Medianebene seines Kopfes, welcher der ganze Körper unwillkürlich bis zu einem gewissen Grade folgte, eine ganz bestimmte, von mir in Aussicht genommene Tafel und nur diese kreuzte. Natürlich mußte ich schon beim Auflegen der Tafeln auf die Möglichkeit, diese Einstellung zu bewerkstelligen, Rücksicht nehmen, d. h. ich mußte die Tafeln jeweils so legen, daß es mir möglich war, nur eine durch die Medianebene des Kopfes des Wärters kreuzen zu lassen. Im übrigen legte ich die fragliche Tafel regellos bald mehr nach links, bald mehr nach rechts, bald ungefähr in die Mitte des Tisches. Der Wärter durfte natürlich keine Tafel ansehen, sondern er mußte, wie bei den üblichen Vorführungen Bassos über den Tisch hinweg nach dem Publikum starren. Die Versuche führten zu folgenden Resultaten:

Aufgabe	Richtige Lösung	Der Wärter wird eingestellt auf	Basso hebt auf
2 · 4	8	10	10
10 : 2	5	9	9
1+3	4	8	8
10—6	4	7	7
100 : 10	10	6	6
6 · 6	36	5	5
1+1	2	4	4
10—9	1	3	3
17—8	9	2	2
3+4	7	1	1

Nicht ein einziges Mal war also die von Basso angegebene Zahl richtig, jedesmal aber hob Basso diejenige Tafel auf, die von der Medianebene des Kopfes des Wärters geschnitten wurde. In einer anderen Versuchsreihe, die ich in der folgenden Tabelle mitteile, wurden nicht eigentliche Rechenaufgaben gestellt; hier wurde Basso lediglich aufgefordert, eine bestimmte Zahl aufzuheben. Auch diese Versuchsreihe führte zu dem gleichen Resultat, wenn hier auch einige Versuche (vgl. die eingeklammerten Zahlen) deren Ergebnis weder der richtigen noch der im Sinne meiner Theorie zu erwartenden Antwort entsprach, wiederholt werden mußten.

Aufgabe: Basso! hole die	Der Wärter wird eingestellt auf	Basso hebt auf
1	10	10
2	9	(8) 9
3	8	8
4	7	7
5	6	(1) 6
6	5	5
7	4	4
8	3	3
9	2	2
10	1	(4) (9) 1

Durch diese Versuche, die ich mit einigen Modifikationen und gleichem Erfolg wiederholt habe und meine oben erwähnten Beobachtungen, die mich zu diesem Versuch führten, ist zweifellos bewiesen, daß Basso bei der Auswahl der von ihr aufgehobenen Tafeln wesentlich durch die Lage dieser Tafeln zur Medianebene des Kopfes des Wärters bestimmt wird. Da diese Tatsache dem Wärter nicht bekannt war, ist hiermit bewiesen, daß Basso beim sogenannten Rechnen auf unwillkürliche Zeichen reagiert. Freilich lassen die bisherigen Versuche die Möglichkeit offen, daß Basso bei ihren üblichen Produktionen oder überhaupt, wenn sie ohne die von mir speziell getroffene Versuchsanordnung arbeitet, auch andere Zeichen als die Medianebene des Kopfes des Wärters, die wir der Kürze wegen nun einfach als seine Medianebene bezeichnen wollen, beachtet. Über diese Möglichkeit soll im § 8 gesprochen werden. Jedenfalls lassen aber unsere beiden letzten Tabellen vermuten, daß von einem wirklichen Rechnen Bassos, wenn auch nur im Sinne eines automatischen Rechnens (vgl. § 5), nicht im entferntesten die Rede sein kann. Man kann ja freilich behaupten, daß Basso wohl rechnen kann, daß sie aber auch auf das Zeichen der Medianebene reagiert und daß sie in unseren letzten Versuchen eben durch dieses Zeichen irre geführt wurde. Aber selbst einer solchen, vom Standpunkt der Praxis freilich unmöglichen Auffassung läßt sich der Boden durch Versuche entziehen.

Wenn Basso wirklich rechnet, so muß sie doch wohl die Zahlen kennen; wenn sich nun, ohne daß die Medianebene als Zeichen wirksam sein kann, beweisen läßt, daß Basso die Zahlen überhaupt nicht kennt, so ist doch wohl jede Ansicht vom wirklichen Rechnen Bassos widerlegt. Im Sinne dieser Idee entfernte ich alle Tafeln mit Aus-

nahme derjenigen beiden, welche die Inschriften 1 und 10 trugen, vom Tisch. Der Wärter mußte sich genau vor die Mitte des Tisches setzen und bei den Versuchen, wie er es von den Vorführungen Bassos her gewohnt war, geradeaus starren, jedoch so, daß seine Medianebene den Tisch in zwei gleiche Teile zerlegte. Rechts vom Wärter lag die Tafel 1, ebenso weit links die Tafel 10. In zwölf Versuchen mußte der Wärter nun Basso auffordern, bald die 1, bald die 10 aufzuheben. Bei diesen Versuchen war also jede Zeichengebung durch die Medianebene ausgeschlossen. Sie hatten folgendes Ergebnis:

Aufgabe: Basso! hole die	Basso hebt auf	Der Griff Bassos war
1	10	falsch
1	10	falsch
10	10	richtig
10	10	richtig
1	1	richtig
1	10	falsch
10	10	richtig
10	10	richtig
10	10	richtig
1	10	falsch
1	10	falsch
1	10	falsch

Wir sehen: Wir haben ebensoviel (6) falsche als richtige (6) Resultate zu verzeichnen. Wir müssen also schließen, daß Basso die Zahlen 1 und 10 und demnach wohl auch alle anderen Zahlen überhaupt nicht kennt. Unmittelbar nach den Versuchen der letzten Tabelle ersuchte ich den Wärter, Basso eine halbe Stunde lang im Aufsuchen der Zahlen 1 und 10 zu üben. Dies geschah, während ich teilweise abwesend war. Zurückgekehrt frug ich den Wärter, wie die Sache nun gehe. „Es geht besser, aber noch nicht gut,“ meinte er. Die Versuche der letzten Tabelle wurden nun wiederholt. Das Ergebnis war folgendes:

Aufgabe: Basso! hole die	Basso hebt auf	Der Griff Bassos war
1	1	richtig
1	10	falsch
10	1	falsch

Aufgabe: Basso! hole die	Basso hebt auf	Der Griff Bassos war
10	1	falsch
1	1	richtig
1	10	falsch
10	1	falsch
10	10	richtig
10	10	richtig
1	1	richtig
1	10	falsch
1	1	richtig

Wir sehen, daß die Resultate dieser Tabelle genau ebenso schlecht sind, als die der vorigen. Auch jetzt haben wir sechs richtige und sechs falsche Fälle. Trotz einer speziellen halbstündigen Nachübung, trotz der vielen Übungen (§ 3) und unzähliger öffentlicher Produktionen im Rechnen, trotz ihrer offenbaren Gelehrigkeit und trotz schönster Leistungen in verschiedenen Gebieten hat es also Basso noch nicht einmal so weit gebracht, daß sie, ohne daß Zeichen gegeben werden, auf Befehl eine bestimmte von zwei Tafeln richtig aufheben kann. Trotzdem möchte ich freilich nicht behaupten, daß es schlechterdings unmöglich sei, ihr dies und ähnliches beizubringen. Haben wir ja doch gesehen, daß wir auf künstlichem Wege Assoziationen bei Tieren schaffen können und schaffen. In welchem Umfang dies geschehen kann, ist eine reine Frage der experimentellen Erfahrung, zu der unsere Veröffentlichung keine positive Beiträge liefern will.

Jedenfalls dürfen wir aber sagen: Von einem automatischen oder wirklichen Rechnen Bassos kann nicht die Rede sein. Sie rechnet weder automatisch, noch selbständig, noch verfügt sie gar über ein geheimnisvolles natürliches Rechnen. Sie reagiert offenbar nur auf bestimmte, unwillkürliche Zeichen, unter denen jedenfalls die Einstellung der Medianebene des Wärters bedeutsam ist.

Natürlich erklären unsere Versuchsergebnisse des vorliegenden Paragraphen nun auch die oben mitgeteilten Experimente über telepathische Übertragung. Der Wärter stellte sich, als er an eine bestimmte Zahl dachte, offenbar unwillkürlich so ein, als wäre diese Zahl das Resultat der von ihm gestellten Aufgabe. So konnte Basso zwar nicht seine Gedanken, aber doch die von ihm unwillkürlich gegebenen Zeichen lesen und Resultate zutage fördern, die bei

oberflächlicher Betrachtung die telepathische Hypothese zu stützen scheinen.

Unsere Versuche erklären auch, warum Basso bei der Lösung ihrer Aufgaben immer wieder nach dem Wärter blickt, als wolle sie sehen, ob dieser mit ihrer Behandlung der Aufgabe zufrieden ist (§ 2). Sie sieht eben an dem unwillkürlichen Verhalten des Wärters, welche Tafel sie aufheben soll. Unsere Versuche erklären endlich, warum Basso gelegentlich die richtige Tafel aufhebt, ohne die Tafeln überhaupt anzusehen. In solchen Fällen führt sie ihre Hand einfach durch die Medianebene des Wärters oder im Sinne eines anderen unwillkürlichen Zeichens auf den Tisch, worauf sie die ihr begegnende Tafel ergreift. Hiernach erschien es im Rahmen der vorliegenden Arbeit überflüssig, die von mir (§ 2) in Aussicht genommene Untersuchung des indirekten Sehens Bassos auszuführen.

§ 8. ÜBER DIE BEOBACHTUNGSGABE DER TIERE.

Wir sahen, daß Basso bei bestimmten Versuchen diejenige Tafel aufhob, die durch die Medianebene des Wärters geschnitten wurde. Wir ließen es aber dahingestellt, ob Basso nicht auch auf andere Zeichen reagiere. Natürlich mußten solche anderen Zeichen bei den von mir bisher angestellten Versuchen möglichst ausgeschlossen werden. Um aber nun zu prüfen, ob auch andere Zeichen von Basso verwertet werden können, mußte ich absichtlich bestimmte Zeichen einführen.

Ich knüpfte zunächst an die am Schluß des letzten Paragraphen mitgeteilten Versuche an. Rechts vom Wärter lag wiederum die Tafel 1, links die Tafel 10. Der Wärter mußte Basso auffordern, die 1 bzw. die 10 aufzuheben. Er mußte rufen: „Basso, — hole die 1!“ Oder: „Basso, — hole die 10!“ Der Wärter saß hierbei, wie bei den früheren Versuchen, wiederum zwischen den beiden Tafeln. Während der Worte „hole die 1 (10)!“ mußte er zwischen beiden Tafeln hindurch so geradeaus starren, daß seine Medianebene in gleicher Entfernung von beiden Tafeln lag. Während des Wortes „Basso“ oder später, jedenfalls aber vor dem Wort „hole“ mußte er so einen kurzen Blick auf die gewünschte Tafel werfen, daß Basso dies sehen konnte. Diese Versuche wurden zunächst zehnmal ausgeführt und ergaben die aus der folgenden Tabelle ersichtlichen Resultate:

Aufgabe: Basso! — hole die	Basso hebt auf
1	1
10	10
1	1
10	10
1	1
10	10
1	1
10	10
1	1
1	10

Wir sehen: alle Versuche mit Ausnahme des letzten fielen im Sinne der Zeichengebung und daher objektiv richtig aus. Ich wiederholte nun diese Experimente mehrfach mit ähnlichem Erfolg. Freilich mißlangen auch einige Versuchsreihen, weil Basso trotz wiederholter Zurufe des Wärters nicht zu bewegen war, nach dessen Gesicht zu sehen, und weil der Wärter trotzdem irrtümlich mit dem Aussprechen der Aufgabe nicht lange genug wartete.

In den folgenden Versuchen ließ ich den Wärter mit geschlossenen Augen arbeiten. Auf dem Tisch lagen wie vorhin wiederum nur die Tafeln 1 und 10. Der Wärter mußte wieder entweder die Tafel 1 oder die Tafel 10 verlangen. Jedesmal aber, wenn er die Tafel 1 verlangte, mußte er seinen Oberkörper nach rechts, also nach der Seite, wo die Tafel 1 lag, senken. Jedesmal, wenn er die Tafel 10 verlangte, mußte er seinen Oberkörper nach der entgegengesetzten Seite, also nach der Seite der Tafel 10 hin, bewegen. Wenn der Wärter die Aufgabe völlig ausgesprochen und Basso eine Tafel aufgehoben hatte, öffnete er auf einen Zuruf von mir die Augen, setzte sich wieder aufrecht hin, nahm Basso die Tafel ab und legte sie auf den Tisch zurück. Dann machte er die Augen wieder zu, worauf der nächste Versuch begann. Diese Versuche führten zu folgenden Resultaten:

Aufgabe: Basso! — hole die	Basso hebt auf
1	1
10	10
1	1

Aufgabe — Basso, hole die	Basso hebt auf
1	1
10	10
1	1
10	10
1	1
10	10
10	10

Wir sehen hieraus, daß Basso bei allen zehn Versuchen objektiv richtig reagierte, indem sie immer diejenige Tafel aufhob, welche am nächsten beim Oberkörper des Wärters lag. Die Versuche wurden nun mit gleichem Erfolg so wiederholt, daß der Wärter nicht die Tafel 1 (10), sondern jedesmal die Tafel x verlangte. Auch jetzt holte Basso immer die Tafel, welche auf derjenigen Seite lag, nach welcher sich der Oberkörper des Wärters hinneigte.

Alle diese Versuche scheinen zu zeigen, daß Basso nicht nur im Sinne der oben skizzierten Medianebentheorie reagiert, sondern daß sie sich auch andere unwillkürliche Zeichen des Wärters zunutze machen kann und wohl auch gelegentlich zunutze macht. Unsere Versuche lehren aber auch weiterhin, daß die Schimpansen eine sehr feine Beobachtungsgabe für menschliche Zeichen besitzen, und sie lassen vermuten, daß die Schimpansen nicht nur auf Zeichen der Menschen, sondern auch auf Zeichen der Tiere und wohl besonders auf Zeichen anderer Schimpansen mit größerer Empfindlichkeit zu reagieren verstehen, als man bisher angenommen hat.

Daß auch die Pferde eine viel größere Beobachtungsgabe besitzen als man früher glaubte, ergibt sich ohne weiteres aus den Untersuchungen von Pfungst über den klugen Hans, der auf Zeichen reagierte, die nicht einmal dem erfahrenen Direktor des Zirkus Busch bekannt waren¹⁾. Daß man auch Hunde durch Dressur zur Beachtung feinsten Zeichen erziehen kann, hat Rendich praktisch bewiesen²⁾. Nach alledem wird man sagen können, daß die Beobachtungsgabe der

¹⁾ C. Stumpf bei O. Pfungst, Das Pferd des Herrn v. Osten. Leipzig 1907. S. 11.

²⁾ Vgl. darüber St. v. Máday, Gibt es denkende Tiere? Leipzig und Berlin 1914. S. 9.

Tiere, die früher im allgemeinen unterschätzt wurde, vielfach sehr fein ist.

Um einen Vergleich zu gewinnen zwischen der Fähigkeit Bassos, die Zeichen des Wärters zu beobachten, und meiner eigenen Beobachtungsfähigkeit gegenüber diesen Zeichen führte ich endlich Versuche aus, in denen Basso gänzlich ausschied. Ich schrieb die Buchstaben a, b, c . . . , i, k untereinander und veranlaßte den Wärter, ohne daß ich es sehen konnte, hinter jeden Buchstaben eine der Zahlen 1 bis 10 zu schreiben. Auf dem Tisch lagen die Tafeln 1 bis 10. Der Wärter mußte nun rufen: „Basso, hole das a!“ „Basso, hole das f!“ usf. Die Aufgaben mußten in einer solchen Reihenfolge gestellt werden, daß man aus der Reihenfolge nicht auf die den Buchstaben entsprechenden Zahlen schließen konnte. Ich führte drei im Prinzip gleiche Versuchsreihen aus, die ich in den folgenden Tabellen wiedergebe. Hierbei ist zu beachten, daß im Sinne der eben mitgeteilten Bemerkung bei den Versuchen der ersten Tabelle die Aufgaben nicht alphabetisch, also nicht in der in der Tabelle angegebenen Reihenfolge, sondern regellos durcheinander gestellt wurden. Auch darf nicht übersehen werden, daß Basso sich bei den Versuchen aller folgenden Tabellen nicht beteiligte, sondern daß ich selbst an Bassos Stelle trat. Ganz wie Basso saß nun ich links neben dem Wärter und blickte nun ich nach seinem Gesicht, um zu sehen, welche Zahl verlangt wurde, während der Wärter die Instruktion hatte, sich bei diesen Versuchen genau so zu verhalten wie bei den üblichen Vorfürungen Bassos.

Aufgabe: Basso! hole das	Die richtige Antwort war	Marbe hebt auf	Der Griff Marbes war
a	1	7	falsch
b	2	7	falsch
c	3	3	richtig
d	4	10	falsch
e	5	2	falsch
f	6	3	falsch
g	7	5	falsch
h	8	7	falsch
i	9	2	falsch
k	10	10	richtig

* * *

Aufgabe: Basso! hole das	Die richtige Antwort war	Marbe hebt auf	Der Griff Marbes war
a	3	2	falsch
b	7	7	richtig
c	9	9	richtig
d	1	1	richtig
e	5	5	richtig
f	4	4	richtig
g	6	5	falsch
h	8	6	falsch
i	2	10	falsch
k	10	1	falsch

* * *

Aufgabe: Basso! hole das	Die richtige Antwort war	Marbe hebt auf	Der Griff Marbes war
a	5	5	richtig
b	4	1	falsch
c	8	10	falsch
d	9	9	richtig
e	3	4	falsch
f	2	2	richtig
g	1	3	falsch
h	6	6	richtig
i	10	10	richtig
k	7	7	richtig

Wenn wir die drei Tabellen überblicken, so sehen wir, daß ich in den Versuchen der ersten Tabelle 20⁰/₀, in den Versuchen der zweiten Tabelle 50⁰/₀ und in den Versuchen der letzten Tabelle 60⁰/₀ Treffer zu verzeichnen hatte. Während ich bei den Versuchen dieser drei Tabellen niemals wissen konnte, ob ich die richtige Tafel aufgehoben hatte oder nicht, führte ich endlich wiederum unter jeglicher Ausschaltung von Basso eine Versuchsreihe aus, bei der der Wärter, jedesmal wenn ich eine Tafel aufgehoben hatte, „richtig“ bzw. „falsch“ sagen mußte. War die Antwort falsch, so wurde der Versuch solange wiederholt, bis ich die richtige Tafel ergriff. Die falschen Antworten sind in der folgenden Tabelle in Klammern wiedergegeben.

Aufgabe: Basso! hole das	Die richtige Antwort war	Marbe hebt auf
a	2	2
b	8	(6) 8
c	10	10
d	7	(2) (1) (8) 7
e	9	(2) 9
f	3	(1) (5) 3
g	1	(2) 1
h	4	(5) 4
i	6	(2) (10) 6
k	5	(8) (10) 5

Wenn man die vier letzten Tabellen betrachtet, so wird man nicht leugnen können, daß ich zur Zeit meiner Untersuchungen mit Basso ein viel schlechterer Beobachter der Zeichen des Wärters war als Basso. Ich kann allerdings zu meiner Entschuldigung anführen, daß ich auch nicht so viel Zeit hatte, mich mit diesen Zeichen bekannt zu machen als Basso. Jedenfalls aber liefern meine mit redlichem Bemühen ausgeführten eigenen Versuche der vier letzten Tabellen einen in gewissem Sinne indirekten Beweis für die große Beobachtungsgabe Bassos.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß ich bei diesen Versuchen den Eindruck gewann, daß Basso vielleicht außer den von mir untersuchten Zeichen auch noch andere berücksichtigt. Ob und inwieweit dies wirklich der Fall ist, habe ich nicht mehr geprüft.

§ 9. AUFGABEN FÜR DIE TIERPSYCHOLOGIE.

Die Beobachtungsgabe der Tiere systematisch zu untersuchen, ist eine wichtige Aufgabe der Tierpsychologie. Daß die systematische Prüfung des Umfangs, innerhalb dessen bei Tieren künstlich Assoziationen gestiftet werden können, sowie die systematische Prüfung der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Assoziationen vielversprechende Probleme der Tierpsychologie darstellen, wurde schon oben angedeutet. Die Veränderung der Lebensgewohnheiten der Tiere durch künstliche Eingriffe des Menschen ist nicht nur tierpsychologisch und biologisch, sondern (wie ich anderswo¹⁾ betont habe) sogar für gewisse

¹⁾ K. Marbe, Die Gleichförmigkeit in der Welt. München 1916. S. 127.

Fragen der Geschichtswissenschaften, Soziologie und Völkerpsychologie von Interesse. Ein einfaches Beispiel für die Veränderungen der Lebensgewohnheiten von Tieren unter dem Einfluß des Menschen liefert das Verhalten der Sperlinge in den letzten Jahren. Futterapparate, die früher für das Füttern von Singvögeln im Winter verkauft wurden und noch jetzt verkauft werden, waren so gebaut, daß sie zunächst von Spatzen nicht benützt wurden. Allmählich haben auch diese es gelernt, aus ihnen zu fressen; die Furcht, die sie wegen des Wackelns der Apparate anfänglich beseelte, ist geschwunden, und sie fressen nun ebenso wie die Meisen aus jenen Vorrichtungen. Andere und ich selbst haben diese Tatsache vielfach beobachtet¹⁾. Die systematische künstliche Beeinflussung der Lebensgewohnheiten der Tiere und die Prüfung, mit welchen Mitteln und innerhalb welcher Grenzen eine solche Beeinflussung möglich ist, gehören zu den vielversprechendsten Aufgaben der psychologischen Forschung.

Die hier angedeuteten und alle anderen tierpsychologischen Untersuchungen würden am besten von solchen Forschern in Angriff genommen werden, welche die psychologische Methodik beherrschen. Natürlich muß derjenige, der Tierpsychologie treiben will, es auch verstehen mit den Tieren umzugehen. Der Tierpsycholog muß daher auch zoologisch-biologisch orientiert sein oder doch über Hilfskräfte verfügen, die im Gebiet der Zoologie und Biologie bewandert sind. Auch manche anderen Hilfswissenschaften können dem Tierpsychologen förderlich sein. Am nötigsten aber ist es doch wohl, daß der Tierpsycholog die exakten Methoden der wissenschaftlichen Psychologie kennt und anzuwenden weiß. Die Mißachtung dieser Forderung und der sonderbare Glaube, daß Betätigungen im Gebiet der Anatomie, Neurologie, Psychiatrie und anderen Disziplinen einen Gelehrten ohne weiteres auch dazu befähigen, Tierpsychologie zu treiben, sowie auch angeborene Kritiklosigkeit haben in den letzten Jahren bekanntlich sehr bedauernswerte „tierpsychologische“ Expektorationen hervorgebracht, auf die wir an dieser Stelle indessen nicht näher eingehen wollen. Es sei nur noch bemerkt, daß auch in der Tierpsychologie

¹⁾ Eine andere von mir (Die Gleichförmigkeit in der Welt. S. 127) angeführte Bemerkung über die künstliche Beeinflussung der Lebensgewohnheiten der Stockenten, die ich übrigens ausdrücklich nur auf eine mir zugegangene Mitteilung gestützt hatte, ist, wie eine Anfrage beim Zoologischen Garten in Berlin ergab, nicht stichhaltig. Über Enten und verwandte Vögel vgl. O. Heinroth, Die Brautente und ihre Einbürgerung auf unseren Parkgewässern. Neudamm 1910 und Beiträge zur Biologie, namentlich Ethologie und Psychologie der Anatiden. Bericht über den 5. internationalen Ornithologen-Kongreß. Berlin 1910. S. 589 ff.

ebenso wie in der Psychologie des Menschen und allen Wissenschaften überhaupt das Experiment vor der bloßen Beobachtung den Vorzug verdient, so unumgänglich nötig es natürlich ist, die Anordnung der Experimente auf frühere Wahrnehmungen und Beobachtungen zu gründen. Das tierpsychologische Experiment bildet übrigens keinen Gegensatz zur Beobachtung; es stellt vielmehr lediglich eine Beobachtung unter besonders lehrreichen Verhältnissen dar¹⁾. Auch ist die Anwendung des Experiments keineswegs auf Haustiere oder auf gefangene Tiere beschränkt; auch in freier Wildbahn können Tiere sehr wohl dem Experiment unterworfen werden²⁾. Wer in der Tierpsychologie der Beobachtung vor dem Experiment den Vorzug gibt, vertritt einen Standpunkt, den man im Gebiet der Psychologie des Menschen längst als verfehlt erkannt hat.

So sicher einzelne tierpsychologische Untersuchungen im Psychologischen Institut, in anderen Hochschulinstituten oder auch im Privathaus ausführbar sind, so dankenswert Einrichtungen wie die deutsche Menschenaffenstation auf Teneriffa auch sein mögen, so gewiß Beobachtungen und selbst Experimente in freier Wildbahn für die Psychologie förderlich und notwendig sind, — so darf man doch auch die Bedeutung der Zoologischen Gärten für psychologische Untersuchungen nicht unterschätzen. Leider wird das Material in den Zoologischen Gärten bisher nicht entfernt in dem Maße psychologisch ausgenützt, als dies an sich möglich wäre. Eine bessere Verwertung dieses Materials durch Forscher, die mit der psychologischen Methodik auf Grund von Untersuchungen im Gebiet der Psychologie des Menschen vertraut sind, würde sicherlich die Tierpsychologie gewaltig zu fördern imstande sein.

Zu den in verschiedenen Zoologischen Gärten ausgeführten Untersuchungen gehört die schon oben erwähnte Arbeit von O. Pfungst³⁾ über die Psychologie der Affen. Wenn Pfungst sagt, Nachahmung des Menschen sei in keinem einzigen Falle nachweisbar, so kann ich zwar dieser Ansicht, sofern sie sich auf die von Pfungst untersuchten 200 Alt- und Neuweltaffen bezieht, nicht entgegenreten. Daß aber

¹⁾ Über Wahrnehmung, Beobachtung und Experiment vgl. K. Marbe, Experimentell-psychologische Untersuchungen über das Urteil. Eine Einleitung in die Logik. Leipzig 1901. S. 1 ff.

²⁾ Andere Ansichten über Experiment und Beobachtung vertritt A. Sokolowsky in der Schrift: Aus dem Seelenleben höherer Tiere. Leipzig 1910. S. 9 f.

³⁾ O. Pfungst, Zur Psychologie der Affen. Bericht über den 5. Kongreß für experimentelle Psychologie (in Berlin). Leipzig 1912. S. 200 ff.

die Schimpansen den Menschen gelegentlich nachahmen, scheint mir mindestens sehr wahrscheinlich. Ich sah Basso während ihres Aufenthalts im Freien mit einem Korb genau in der Weise hantieren, wie es der Gärtner getan hatte, der sich vorher des Korbes zum Wegtragen gemähten Grasses bediente. Als die Türe der Umzäunung, innerhalb deren sich Basso im Sommer im Garten aufhält, von dem Wärter, da das Schloß nicht funktionierte, mit einer Klammer geschlossen wurde, versuchte auch Basso, die Türe mit der Klammer zuzumachen. Unter den Versuchen über Zeichengebung, die ich oben nicht mitgeteilt habe, befand sich folgender: Ich legte die Tafel 1 und die Tafel 10, wie in anderen erwähnten Experimenten rechts und links vom Wärter so auf den Tisch, daß beide Tafeln gleich weit von ihm entfernt waren; der Wärter sah geradeaus, so daß beide Tafeln auch von seiner Medianebene gleich weit entfernt lagen. Der Wärter verlangt nun von Basso wiederholt nacheinander die Tafel „x“, während ich mit dem Mittelfinger meiner rechten Hand jeweils dauernd auf eine der beiden Tafeln klopfte. Nachdem Basso in einer Reihe von solchen Versuchen immer diejenige Tafel aufgehoben hatte, auf die ich geklopft hatte, beklopfte ich nun bei einem neuen Versuch mit den Mittelfingern meiner beiden Hände gleichzeitig die Tafel 1 und die Tafel 10. Basso hob darauf keine Tafel auf, sie klopfte vielmehr selbst wiederholt mit einem Finger ihrer rechten Hand auf die links vom Wärter liegende Tafel 10. Diese und andere Fälle brachten mir die Überzeugung bei, daß wenigstens die Schimpansen den Menschen nachahmen. Durch die systematische Untersuchung des Nachahmungstriebes der Schimpansen, die auf experimentellem Wege sehr leicht möglich wäre, ließe sich die Frage leicht definitiv entscheiden.

Eine andere Aufgabe wäre die systematische experimentelle Untersuchung des Umfangs, innerhalb dessen die Schimpansen zum Verständnis gesprochener Worte des Menschen erzogen werden können. Tastende Versuche, die ich mit Basso angestellt habe, überzeugten mich, daß Basso heute die Worte ihres Wärters kaum in größerem Umfang versteht als etwa ein gut dressierter Hund die Worte seines Herrn. Vieles was der Laie bei Basso als Wortverständnis zu deuten geneigt sein dürfte, ist nichts weiter als eine Reaktion auf Blicke und Bewegungen des Wärters. Daß die Schimpansen den Gesichtsausdruck des Menschen außerordentlich scharf beobachten und ihre Handlungen danach einrichten, wird übrigens auch von Rothmann und Teuber erwähnt¹⁾.

1) M. Rothmann und E. Teuber, Aus der Anthropoidenstation auf Teneriffa. I. Ziele und Aufgaben der Station sowie erste Beobachtungen an den auf

Nachdem wir bereits im vorliegenden Paragraphen einige Bemerkungen zur tierpsychologischen Methodik vorgetragen haben, müssen wir nun noch ausführlicher auf diesen Gegenstand zurückkommen.

§ 10. ZUR TIERPSYCHOLOGISCHEN METHODIK.

Wir haben in dieser Arbeit an einem konkreten Fall gesehen, daß man einem Tier einen sehr ausgedehnten, schulmäßigen Rechenunterricht geben kann, und daß das Tier nach diesem Unterricht die Resultate von Rechenaufgaben richtig angeben kann, ohne indessen durch den Unterricht vom Rechnen auch nur eine Ahnung bekommen zu haben. Unser Fall verhält sich also ganz analog, wie sich nach Stumpfs und Pfungsts Ansicht der Fall des klugen Hans verhielt¹⁾.

Wir haben ferner gesehen, daß man, wie Bassos Wärter es tat, einem Tier unwillkürliche Zeichen geben kann, ohne doch im geringsten von diesen Zeichen etwas wissen zu müssen. Auch hierin zeigt sich eine Analogie zwischen unserem Gegenstand und der Stumpf-Pfungstschen Auffassung des Berliner Falls. Auch v. Osten gab ja nach dieser Auffassung unwillkürliche Zeichen, ohne von diesen Zeichen eine Kenntnis zu haben.

Wir haben endlich gesehen, daß solche Zeichen Dritten sehr leicht verborgen bleiben können. Niemand, den ich innerhalb oder außerhalb des Zoologischen Gartens über Basso sprach, hatte Zeichen des Wärters bemerkt. Auch mir selbst waren sie, als ich mich schon längere Zeit mit Basso und dem Wärter beschäftigt hatte, noch verborgen geblieben. Auch die Tatsache, daß solche unwillkürliche Zeichen leicht übersehen werden, wurde beim Fall des klugen Hans offenbar. Ja man wird kaum weit fehlgehen, wenn man annimmt, daß die Tatsache der Schwierigkeit der Beobachtung gewisser unwillkürlicher Zeichen keineswegs nur von denen anerkannt wurde und wird, welche die Leistungen des klugen Hans auf Zeichengebung zurückführen, sondern auch von solchen, die an ein menschenartiges Denken des klugen Hans glauben.

ihr gehaltenen Schimpansen. Abhandlungen der kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften. Jahrgang 1915. Physikalisch-mathematische Klasse. Nr. 2. Berlin 1915. S. 13.

¹⁾ Vgl. das Gutachten von C. Stumpf in dem oben erwähnten Buch von O. Pfungst, *Das Pferd des Herrn v. Osten*. Leipzig 1907. S.185 und O.Pfungst in dem gleichen Buch S. 27 ff. Das Buch von Pfungst ist auch zu den unmittelbar folgenden Ausführungen des obigen Textes zu vergleichen.

Unsere Ergebnisse sind nun sehr geeignet, gewisse Klippen der Tierpsychologie bestens zu erläutern. Wer etwa nur die gewöhnlichen Produktionen Bassos im Rechnen gesehen hatte und dann von dem umständlichen systematischen Rechenunterricht Kenntnis nahm, den Basso empfangen hatte, der konnte die Rechenleistungen Bassos als wirkliches Rechnen auffassen. Er konnte sich selbst gegenüber für diese Ansicht zunächst geltend machen, daß ja ein automatisches Rechnen der Tiere an sich sehr wohl als möglich betrachtet werden könne, und daß auch ein selbständiges und sogar ein natürliches tierisches Rechnen nicht in den Bereich des logisch Unmöglichen gehöre. Er konnte dann, als er durch geeignete Fragen an Basso zur Ansicht gelangt war, daß sie Fragen beantworte, die ihr früher nie gestellt wurden, zur Überzeugung fortschreiten, daß sie nicht automatisch sondern selbständig rechne.

Einem anderen hätte vielleicht auch eine öffentliche Vorführung Bassos allein in Verbindung mit der logischen Möglichkeit, daß Basso wirklich rechnet, schon genügt, an ein solches Rechnen zu glauben.

Wer zunächst an die Möglichkeit willkürlicher und unwillkürlicher Zeichen glaubte, solche aber (wie es auch mir erging) nach kurzer Untersuchung nicht wahrnehmen konnte, der mochte vielleicht die Zeichentheorie verwerfen und eine Erklärung abgeben, daß von Zeichen nicht die Rede sei.

Wer einem automatischen und wirklichen Rechnen von vorneherein ablehnend gegenüberstand, während ihm gleichzeitig die unwillkürlichen Zeichen des Wärters entgingen, der konnte die ganze Sache als Schwindel betrachten.

Wer endlich nur von den Vorführungen Bassos und von unseren Versuchen über Gedankenlesen etwas wußte, der konnte eine große Theorie der telepathischen Übertragung entwickeln und im Falle Basso einen „neuen“ Beweis für okkultistische Tatsachen sehen.

Alle diese und noch viele verwandte Irrtümer konnten, wie man sieht, unter der Voraussetzung entstehen, daß die Bedingungen der mathematischen Leistungen nur ungenügend bekannt bzw. untersucht waren. Hieraus folgt, was freilich für den psychologischen Fachmann von vorneherein selbstverständlich sein mußte, daß man in solchen Fällen zu den bedenklichsten Irrtümern kommen kann, wenn man auf eine systematische Variation und sorgfältige Prüfung der Bedingungen verzichtet.

Wenn ein Tier Bewegungen ausführt, die als Lösungen von Rechenaufgaben oder als Zeichen für Buchstaben oder ähnlich gedeutet werden,

und wenn man die tatsächliche Grundlage, auf welcher diese Bewegungen entstehen, psychologisch erforschen will, so muß man so lange die Bedingungen, unter welchen jene Bewegungen stattfinden, modifizieren, bis die Veranlassung zu jenen Bewegungen völlig aufgeklärt ist. Es ist dabei ganz überflüssig, daß man, selbst wenn man an ein menschenartiges Denken des betreffenden Tieres nicht glaubt, bei den Versuchen von vorneherein auf die Entdeckung gewisser Zeichen abzielt. Ja an sich erscheint, wenn man in dem angedeuteten Sinne die Bedingungen variiert, das Ergebnis, daß das fragliche Tier wirklich rechnet und überhaupt wie die Menschen denkt, von vorneherein keineswegs ausgeschlossen. Und unsere Methode ist als solche ebenso geeignet, ein wirkliches Rechnen der Tiere nachzuweisen, als sie geeignet ist, den Nachweis des Gegenteils zu erbringen.

Um sich dies klar zu machen, braucht man unsere, für den urteilsfähigen Psychologen von vorneherein selbstverständliche Methode, die wir kurz als die Variationsmethode bezeichnen wollen, nur auf den Fall angewendet denken, wo das zu untersuchende Individuum wirklich rechnet. Wir wollen annehmen, der Wärter und ich hätten alle gemeinsamen Versuche nicht mit Basso, sondern mit einem vollsinnigen erwachsenen Menschen ausgeführt. Es hätte dann dieser im Gegensatz zu Basso auch die Fragen bei geschlossenen Augen des Wärters sowie diejenigen bei den Gedankenübertragungsversuchen sowie auch diejenigen, in denen durch meine Versuchsanordnung andere bestimmte Verhaltensweisen des Wärters vorgeschrieben wurden, mathematisch richtig gelöst. Er hätte ferner im Gegensatz zu Basso auch ohne Anwesenheit des Wärters alle Fragen Dritter selbst dann richtig lösen können, wenn er den Fragesteller nicht gesehen hätte. Die Fragen hätten auch rein schriftlich gegeben werden können usw. Eine tierische Versuchsperson, die rechnen konnte, hätte sich nun wieder wenigstens innerhalb gewisser Grenzen ähnlich wie diese menschliche Versuchsperson verhalten müssen. Hieraus ist einleuchtend, daß man mittels der Variationsmethode auch ein tierisches Rechnen mit derselben Sicherheit konstatieren kann wie ein menschliches Rechnen. Hieraus folgt, daß diese Methode an sich in gleichem Maße geeignet ist, das Vorhandensein eines menschenähnlichen Denkens bei Tieren zu beweisen, als sie geeignet ist, die Abwesenheit eines solchen Denkens zu offenbaren. Daraus ergibt sich aber, daß mittels der Variationsmethode alle Zweifel betreffs der Rechenfähigkeit der Tiere oder anderer verwandter Probleme gelöst werden können. Die Variationsmethode sollte daher überall Anwendung finden, wo einem die

Klärung solcher Zweifel wirklich ernstlich am Herzen liegt. Daß diese Methode auch geeignet ist, auf Fälle Licht zu werfen, wo es sich um blinde Tiere handelt, wo also optische Zeichen von vorneherein ausgeschlossen erscheinen, ist ohne weiteres klar.

Natürlich kann diese Methode nur von demjenigen durchgeführt werden, der imstande ist, sich die möglichen Bedingungen der in Frage kommenden psychischen Leistungen der Tiere teils von vorneherein, teils im Verlauf der Untersuchung klar zu machen. Diese Bedingungen müssen keineswegs nur in den Tieren selbst oder in deren lebloser Umgebung liegen, sie können vielmehr, wie sich dies ja beim Fall Basso gezeigt hat, auch ganz wesentlich in den Personen liegen, die ihnen die Aufgaben vorlegen. Auch diese menschlichen Bedingungen müssen natürlich systematisch variiert werden, und auch wenn man annimmt, daß solche menschlichen Bedingungen nicht in Betracht kommen, muß man doch der Sicherheit wegen unter allen Umständen wenigstens eine Zeitlang so arbeiten, als gebe es solche wirksamen menschlichen Bedingungen. Erst wenn sich durch die Variationsmethode unzweifelhaft gezeigt hat, daß solche Bedingungen nicht wirksam sind, darf man auf ihre Annahme und also auch auf die Annahme absichtlicher oder unabsichtlicher Zeichen restlos verzichten.

Einige andere kurze methodologische Bemerkungen zur Tierpsychologie findet der Leser schon im § 9.

§ 11. OFFENER BRIEF AN HERRN KRALL.

Hochgeehrter Herr!

Indem ich Ihnen vorstehende Arbeit zusende, erlaube ich mir ganz ergebenst, noch einige Bemerkungen an Sie persönlich zu richten. Ich habe diese, wie Sie sehen, gleich drucken lassen, und ich zweifle nicht daran, daß Sie hiermit sehr einverstanden sind, da Sie ja selbst in der von Ihnen herausgegebenen Zeitschrift¹⁾ eine große Anzahl an Sie gerichteter Briefe veröffentlicht haben. Vielleicht ist Ihnen der Abdruck des vorliegenden Briefes sogar sehr angenehm, da er Sie der Mühe enthebt, den Brief Ihrerseits zu publizieren.

Wie Sie aus meiner Arbeit sehen, stimme ich in weitem Umfang mit Ihnen überein. Auch ich bin ja der Ansicht, daß man den Tieren durchaus nicht jedes Denken absprechen darf, sondern daß ein gewisses tierisches Denken entschieden angenommen werden muß (§ 4).

¹⁾ Tierseele. Zeitschrift für vergleichende Seelenkunde.

Diese Auffassung der Dinge schien mir sogar, schon bevor ich von rechnenden Pferden und Hunden gehört hatte, durchaus selbstverständlich. Auch halte ich es an sich, wie Sie (§ 5) sehen, für möglich, durch geeigneten Unterricht gewissen Tieren ein automatisches Rechnen beizubringen, wenngleich ich betonen muß, daß man vor dem Auftreten des klugen Hans im allgemeinen der Meinung war, daß dies bisher noch nie gelungen ist, und wenngleich noch heute trotz Ihrer Bemühungen und trotz des Mannheimer Hundes die allgemeine Ansicht dieser Möglichkeit skeptisch gegenübersteht. Auch darin stimme ich mit Ihnen überein, daß sogar ein selbständiges, ja selbst ein natürliches Rechnen der Tiere keineswegs zu den logischen Unmöglichkeiten gehört (§ 5). Eine Übereinstimmung unserer Ansichten dürfte endlich auch in der beiderseitigen Anerkennung der Tatsache bestehen, daß ein großer Teil der Gelehrten und des Publikums trotz Ihrer Bemühungen weit davon entfernt ist, zu glauben, daß Ihre Pferde in dem Sinne denken, wie Sie es annehmen. Nach der Lektüre meines Aufsatzes werden Sie endlich auch darin mit mir einverstanden sein, daß die Schimpansin Basso, wenigstens zurzeit, nicht im entferntesten über ein Denken nach Art desjenigen verfügt, das Sie den Pferden zuschreiben.

Andererseits aber ist es doch klar, daß man Unkundigen gegenüber den Eindruck erwecken könnte, daß Basso alle Aufgaben löst, deren Lösung Sie von Ihren Pferden verlangt haben. Ja es läßt sich sogar rein theoretisch leicht zeigen, daß man das große Publikum überzeugen könnte, daß Basso im allerweitesten Ausmaß auch die menschliche Sprache versteht. Solche Vorführungen könnten sogar im guten Glauben der Unternehmer stattfinden. Sie haben aus meiner Arbeit gesehen, daß der Wärter Bassos durchaus keine Kenntnis von den Zeichen hatte, die er ihr gab; erst durch meine Versuche hat er sich von seiner Zeichengebung überzeugt. Wenn nun etwa jemand, der an ein wirkliches Rechnen Bassos glaubte, einen Wärter, der unwissentlich unwillkürliche Zeichen gibt, ersuchen würde, Basso die Wurzelaufgaben, die Ihren Pferden gestellt wurden, vorzulegen, so müßte Basso, wenn der Wärter das Resultat der Aufgaben kannte, auch diese Wurzelaufgaben ebensogut lösen wie die aus dem Gebiet der vier gemeinen Rechnungsarten. Weder der Wärter, noch derjenige, welcher diese Vorführungen inszeniert, müßten dabei auf die Idee der Zeichengebung verfallen. Ebenso könnte man doch auch, wie Sie es für Ihre Pferde getan haben, und wie es ja bekanntlich auch in Berlin und in Mannheim geschehen ist, eine Lesetafel¹⁾ herstellen,

¹⁾ Über Lesetafeln vgl. K. Krall, *Denkende Tiere*. 2. Aufl. 1912. S. 124 f.

in welcher die Buchstaben des Alphabetes neben die Zahlen gestellt werden, durch die sie ausgedrückt werden sollen. Diese Lese- oder Buchstabentafel könnte man bei den Vorführungen aufstellen, der Wärter könnte sie vielleicht auch auswendig lernen, und er könnte sich dann, wenn er sich im Prinzip nur immer verhielte wie der Wärter Burkardt bei seinen üblichen Vorführungen, mit Basso unterhalten. Daß Basso nur immer antworten würde, was der Wärter selbst erwartet, würde, wenn der Wärter die Sache auffassen würde, wie es Burkardt ursprünglich tat, mit seiner Ansicht von der telepathischen Übertragung bestens übereinstimmen, würde aber von denen, die diese Theorie verwerfen und an ein wirkliches menschenähnliches Denken Basso glauben, natürlich gar nicht bemerkt werden. Wäre der Wärter einer großen Anzahl von Sprachen kundig, so ließe sich Basso auf diese Weise auch als universelles Sprachgenie vorführen. Auch daß Basso lesen kann, ließe sich dem Publikum demonstrieren. Ähnliche Schaustellungen werden voraussichtlich demnächst in Frankfurt vorgeführt werden.

Diese Folgerungen aus meiner Schrift sind so einleuchtend, daß sie sicherlich nicht nur von Ihnen und mir, sondern auch von vielen anderen gezogen werden. Es besteht daher die Möglichkeit, daß die Ergebnisse meiner Untersuchungen von Ihren Gegnern gegen Sie ausgenützt werden. Man wird vielleicht sagen, daß man Basso vor vielen Zuschauern alles ausführen lassen kann, was Sie Ihren Pferden zugeschrieben haben, ohne daß diese Zuschauer Zeichen bemerken müssen; man wird vielleicht hinzufügen, daß Basso weder rechnen kann, noch in Ihrem Sinne die menschliche Sprache versteht, und daraus vielleicht schließen, daß es um die rechnenden Pferde nicht besser als um Basso bestellt sei. Es sind aber Schritte denkbar, die Ihnen vielleicht geeignet erscheinen, nicht nur diese Auffassung der Dinge unmöglich zu machen, sondern auch (ganz abgesehen von meinem Aufsatz) Ihnen endlich die volle Anerkennung ihrer Bemühungen zu sichern.

In welcher Richtung diese Schritte liegen, wird schon in meinem Aufsatz angedeutet. Man braucht nur die Variationsmethode in vollem Umfang auf rechnende Pferde anzuwenden und sich dabei der Forderung klar zu sein, daß zu den zu untersuchenden Bedingungen auch das menschliche Milieu gehört, das die Tiere bei ihren Leistungen umgibt. Nicht daß die Tiere rechnen können und daß sie die Sprache verstehen, darf man zunächst zu beweisen suchen, sondern man muß einfach fragen, unter welchen Bedingungen die Pferde richtig und unter welchen Bedingungen sie vielleicht falsch oder überhaupt nicht reagieren. Das

Problem der Rechenfähigkeit und des Sprachverständnisses der Tiere wird dann ganz von selbst aufgeklärt werden. Wenn man in diesem Sinne verfährt und die Untersuchungen wirklich systematisch durchführt, wobei man natürlich auch allen übrigen Forderungen der psychologischen Methodik gerecht werden muß, so wird man zu Ergebnissen kommen, an denen künftig niemand mehr deuteln kann. Ich glaube, Sie werden mir zugeben, daß die von mir gekennzeichnete Methode sich auch besonders deshalb sehr für Ihre Zwecke eignet, weil Sie, wie ich in meinem Aufsatz (§ 10) zeigte, als solche in gleichem Maße geeignet ist, die Annahme des wirklichen menschenartigen Denkens der Tiere als auch die Zeichenhypothese zu verifizieren.

Ich möchte Sie nun ganz ergebenst bitten, diese Untersuchungen selbst mit von Ihnen unterrichteten Pferden in die Hand nehmen zu dürfen. Bei dem autoritativen Einfluß, den Sie auf solche Pferde haben müssen, ist es an sich schon unmöglich, daß etwa Sie selbst die Untersuchungen ausführen. Auch würde man vielleicht, wie Ihre Ergebnisse auch ausfallen mögen, an denselben eine hämische Kritik üben, Ihnen vorwerfen, daß Sie parteiisch sind, daß Sie unter den Psychologen nicht allgemein als Fachmann gelten usw. Bei mir liegt die Sache jedenfalls insofern anders, als man mich der Parteilichkeit gegen Sie nicht zeihen wird. Ja gerade, weil ich im Falle Basso die Existenz unwillkürlicher Zeichen nachgewiesen habe, würde man einen Nachweis von meiner Seite, daß bei Ihren Pferden solche Zeichen nicht gegeben werden, als besonders schwerwiegend ansehen müssen.

Die Bedingungen, die ich leider für meine Untersuchung zu stellen genötigt bin, ergeben sich zum größten Teil aus der anzuwendenden Methode. Ihr Pferdewärter muß natürlich gestatten, daß ich ihn in ähnlicher Weise als Versuchsobjekt benütze, wie ich den Wärter Bassos heranzog. Denn, wie ich ja im § 10 ausführte, müssen auch die in den Menschen liegenden Bedingungen der Leistungen der Tiere systematisch variiert werden. Somit muß Ihr Pferdewärter sich ebenso, wie es der Wärter Burkardt in Frankfurt getan hat, restlos meinen Versuchsbedingungen unterwerfen. Daß ich auch ohne Mitwirkung des Wärters Versuche anstelle, scheint mir übrigens vorläufig nicht nötig. Dagegen brauche ich Ihre eigene Mitwirkung bei den Versuchen nicht in Anspruch zu nehmen. Sollten Sie trotzdem Ihrerseits gelegentlich dabei sein wollen, so müßten aus den mehrfach angedeuteten methodologischen Gründen leider auch Sie sich den Versuchsbedingungen völlig unterwerfen. Sie müßten sich also z. B. auch ganz ruhig verhalten oder den Stall und seine Umgebung verlassen, wenn mir dies

erforderlich erscheint. An Zeit für die Untersuchungen brauchte ich täglich zwei Stunden nacheinander.

Auf eine Anfrage von mir hatten Sie die Liebenswürdigkeit mir mitzuteilen, daß, wie begreiflich, Ihre Bestrebungen durch den Krieg sehr gelitten haben. Sie schreiben, Ihr Pferdepfleger sei einberufen worden, Sie selbst seien durch die Übernahme der Pflege der Pferde krank geworden, und der Stall sei daher aufgelöst worden. So sehr ich aber Ihr Mißgeschick bedauere, so gebe ich mich doch der angenehmen Hoffnung hin, daß Sie bald wieder vollständig genesen, und daß Sie spätestens nach dem Kriege wieder Ihre alten Pferde zurückgewinnen werden oder neue unterrichten können.

Natürlich verhehle ich mir nicht, daß die Untersuchung vielleicht nicht rasch vonstatten gehen wird. Ich denke dabei unter anderem auch an das, was Sie als Eigenwillen, Laune und Widersetzlichkeit der Pferde bezeichnen¹⁾. Seien Sie aber überzeugt, daß ich es an Geduld nicht fehlen lassen werde, und daß, wenn ich einmal mit der Untersuchung begonnen habe, ich mich durch nichts abhalten lassen werde, dieselbe zu Ende zu führen. Auch will ich es an immer neuen Bemühungen, mich bei den Pferden beliebt zu machen und ihnen dadurch jede Neigung zur Widerspenstigkeit auszutreiben, gewiß nicht fehlen lassen. Ich rechne dabei selbstverständlich damit, daß Sie, ebenso wie Herr Direktor Dr. Priemel in Frankfurt, auch Ihrerseits die Güte haben werden, mir zu gestatten, so lange täglich zwei Stunden zu arbeiten, bis ich zum Ziele gelangt bin.

Schließlich darf ich vielleicht noch hinzufügen, daß es Ihnen voraussichtlich sachdienlich erscheinen dürfte, daß die Untersuchungen so bald als uns irgend möglich beginnen. Es ist (auch durch einen Aufsatz eines Ihrer getreuesten Anhänger, des Herrn Professors Ziegler²⁾ bekannt geworden, daß Pfungst eine Prüfung Ihrer Pferde vornehmen wollte, sich aber infolge allerlei von Elberfeld aus geleiteter Verhandlungen veranlaßt sah, von seinem Vorhaben zurückzutreten. St. v. Máday hat erklärt, Sie hätten ihm die Untersuchung Ihrer Pferde abgeschlagen³⁾. Er hat zudem in seinem ausführlichen Werk „Gibt es denkende Tiere?“ Sie eines förmlichen Briefwechsels zur Abhaltung Ihrer Gegner geziehen⁴⁾ und überhaupt Vorwürfe der schwersten Art

¹⁾ K. Krall, Denkende Tiere. Leipzig 1912. S. 67 ff.

²⁾ E. Ziegler in dem von der Gesellschaft für Tierpsychologie herausgegebenen Sammelbändchen „Die Seele des Tieres“. Berlin 1916. S. 38 f.

³⁾ St. v. Máday, Gibt es denkende Tiere? Leipzig und Berlin 1914. S. 337.

⁴⁾ St. v. Máday a. a. O. S. 336 ff.

gegen Sie erhoben. Neuerdings hat gar Faustinus Edelberg¹⁾ angedeutet, Sie hätten ihn veranlaßt, gegen seinen Willen seine Versuche in Elberfeld zu beenden, und dies sei deshalb geschehen, weil Sie seinen Skeptizismus bemerkt hätten. Auch behauptet er, Ihr Pferdeknecht Albert habe stets Stellungen eingenommen, die ihm ein genaues Beobachten beinahe unmöglich machten. Der letztere Vorwurf wäre bei meinen Versuchen schon deshalb ausgeschlossen, weil bei meiner Methode Ihr Pferdewärter nur solche Stellungen einnehmen könnte, die von mir angeordnet bzw. gebilligt werden. Jedenfalls aber sind die eben erwähnten, gegen Sie erfolgten Angriffe Wasser auf die Mühle Ihrer Gegner. Je eher ich daher zur Publikation meiner Versuchsergebnisse käme, desto eher bestünde für Sie die Möglichkeit, dieselben daraufhin zu prüfen, ob sie nicht zur Unterstützung Ihrer Verteidigung geeignet sind. Andererseits aber sollten Sie den Eindruck vermeiden, daß Sie meine Vorschläge ablehnen. Denn dadurch könnte sehr leicht nicht nur in den Kreisen Ihrer Gegner, sondern auch in denen Ihrer bisherigen Anhänger die Meinung erwachsen, Sie ständen den etwaigen Ergebnissen meiner Versuche ängstlich gegenüber. Darauf aber würde vielleicht folgen, daß die Ansicht von dem menschenartigen Denken der Pferde allgemein aufgegeben wird, und daß Ihre Bemühungen in wissenschaftlichen Kreisen jedes Interesse verlieren. Sie sollten daher, wenn Sie dauernd an Ihren Ansichten festhalten, auch darauf sehen, daß Sie in der Lage sind, sobald als möglich, wieder rechnende Pferde zur Verfügung zu haben.

Ich sehe daher Ihrer freundlichen Einladung bis auf weiteres mit Vergnügen entgegen und bin unterdessen mit ausgezeichnete Hochachtung

Ihr ergebenster

Karl Marbe.

§ 12. SCHLUSSBEMERKUNGEN.

Zum Schluß dieser Arbeit erfülle ich die angenehme Pflicht, Herrn Direktor Dr. Kurt Priemel für die liebenswürdige Förderung meiner Untersuchungen und sein großes allseitiges Entgegenkommen meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Doch liegt es mir natürlich fern, Herrn Dr. Priemel hierdurch irgendwelche Verantwortung für die

¹⁾ Vgl. den von G. E. Müller (Zeitschrift für Psychologie. Bd. 73. 1915. S. 258 ff.) mitgeteilten Brief von Faustinus Edelberg.

Richtigkeit meiner Versuche oder gar für die übrigen Ausführungen in dieser Schrift aufbürden zu wollen.

Endlich kann ich es nicht unterlassen, der Hoffnung Ausdruck zu geben, daß die Ergebnisse meiner Untersuchungen mit Basso das allgemeine Interesse des Publikums an diesem gelehrigen Tier nicht schädigen werden. Wenn Basso auch nicht wirklich rechnen kann, so bleiben ihre Leistungen doch nach wie vor ein ergötzliches Schauspiel für das Publikum. Ja die regelmäßigen Besucher des Frankfurter Zoologischen Gartens, die etwa diese Schrift lesen, werden sogar vielleicht die Vorführungen Bassos künftig noch interessanter finden als bisher und ihre Aufmerksamkeit nicht nur Basso, sondern auch den Bewegungen und dem Mienenspiel des um Basso sehr verdienten Wärters Burkardt zuwenden.

ZUR PSYCHOLOGIE DER BEVORZUGTEN ASSOZIA- TIONEN UND DES DENKENS.

VON

PROF. DR. A. SCHÜTZ, BUDAPEST.

INHALT.

	Seite
§ 1. Fragestellung und Versuchsanordnung	187
§ 2. Vergleichende Massenversuche	192
§ 3. Einfache Versuche zum Vergleich der bevorzugten Assoziationen in verschiedenen Sprachgebieten	206
§ 4. Versuche mit Reizwortpaaren	217
§ 5. Versuche über Doppelassoziationen	233
§ 6. Zusammenfassung der Ergebnisse	254

§ 1. FRAGESTELLUNG UND VERSUCHSANORDNUNG.

1. Wenn man einer größeren Anzahl von Versuchspersonen ein Reizwort zuruft, und die Versuchspersonen vorher aufgefordert hat, mit dem ihnen unmittelbar nach Kenntnisnahme des Reizwortes einfallenden Wort zu reagieren, so stimmen die Antworten der Versuchspersonen in weitem Umfange überein. Das Reaktionswort, mit dem die meisten Versuchspersonen irgend ein Reizwort beantworten, heißt die bevorzugteste oder die erstbevorzugte Reaktion oder Assoziation. Die Zahl, welche in Prozenten angibt, wieviel von sämtlichen Versuchspersonen mit der erstbevorzugten Assoziation reagiert haben, nenne ich den Häufigkeitsindex der betreffenden erstbevorzugten Reaktion. Die übrigen Reaktionen gliedern sich in zweitbevorzugte, drittbevorzugte usw., und in isolierte, d. h. nur einmal vorkommende. Für alle Reizworte gibt es bevorzugteste und minder bevorzugte Reaktionen.

Diese Tatsachen sind ein Spezialfall der psychischen Gleichförmigkeit. Sie gestatten mancherlei Anwendungen im Gebiet der forensischen Psychologie, der historischen Kritik, der Psychiatrie und

Pädagogik. Sie sind auch für die Sprachwissenschaft von Bedeutung, da ein offener Zusammenhang besteht zwischen den Worten, die einander im Assoziationsversuche vorzugsweise assoziieren und denjenigen, die im Sinne der sprachlichen Analogiebildung aufeinander wirken¹⁾.

Die Untersuchungen, die sich auf das Bevorzugungsphänomen beziehen, wurden meist in deutscher Sprache, d. h. mit deutsch sprechenden Versuchspersonen und mit deutschen Worten ausgeführt²⁾. Nach dem Erscheinen der deutschen Arbeiten, die auf eine Schrift von Thumb und Marbe³⁾ zurückgehen, wurden solche Untersuchungen auch in holländischer⁴⁾ und englischer⁵⁾ Sprache angestellt. Keine dieser Arbeiten läßt zwar vermuten, daß für holländische und englische Versuchspersonen und Reizworte andere Tatsachen zutreffen als für deutsche, trotzdem besteht zu Recht, was Thumb in der genannten Arbeit⁶⁾ feststellt: „Die Assoziation, die uns recht fern zu liegen scheint, kann einem anderen Volke und einer anderen Kultur-epoche sehr geläufig sein und umgekehrt.“ Und so lag es bei der sprachwissenschaftlichen Bedeutung des Bevorzugungsphänomens nahe, systematisch zu prüfen, inwieweit die Bevorzugungsphänomene in einer anderen als der deutschen Sprachgemeinschaft zutreffen.

Diese Prüfung habe ich für das Ungarische ausgeführt. Es wurden

1) Über das Phänomen der bevorzugten Assoziationen, seine Beziehungen zur allgemeinen Tatsache der Gleichförmigkeit und seine Bedeutung für andere Disziplinen, sowie über die Theorie der psychischen Gleichförmigkeit handelt K. Marbe, Die Gleichförmigkeit in der Welt. München 1916, besonders S. 27 ff. Über die Bevorzugungsphänomene und ihre allgemeinen Beziehungen referiere auch ich selbst in meiner ungarischen Arbeit: Kiemelkedő szótársítások (Über bevorzugte Assoziationen). Budapest 1916. S. 25 ff.

2) Von den bisher in den „Fortschritten der Psychologie und ihrer Anwendungen“ erschienenen Untersuchungen beziehen sich auf die in Rede stehenden Assoziationsversuche die Arbeiten von J. Dauber (Bd. 1, 1913, S. 83 ff.) und F. Römer (Bd. 3, 1915, S. 43 ff.). Eine Reihe anderer Arbeiten dieser Zeitschrift behandelt das Bevorzugungsphänomen in anderen Gebieten.

3) A. Thumb und K. Marbe, Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901.

4) T. J. de Boer, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 48. 1908. S. 397 ff.

5) G. H. Kent and A. J. Rosanoff, A Study of Association in Insanity. Reprinted from The American Journal of Insanity. Bd. 67. Nr. 1, 2, 1910. — F. C. Eastmann and A. J. Rosanoff, American Journal of Insanity. Bd. 69. 1912. S. 125 ff. — J. R. Rosanoff and A. J. Rosanoff, Psychological Review. Bd. 20. 1913. S. 43 ff. Keine dieser amerikanischen Arbeiten berücksichtigt die einschlägigen älteren deutschen Arbeiten.

6) A. Thumb und K. Marbe, a. a. O. S. 7.

mit ungarischen Versuchspersonen Massenversuche in ungarischer Sprache angestellt, und ihnen die Reizworte aus der Arbeit von Thumb und Marbe und der Arbeit von Reinhold¹⁾ zugerufen, dann die gewonnenen Ergebnisse mit denen verglichen, die sich aus den beiden genannten deutschen Arbeiten ergaben. Die Resultate dieser Untersuchungen sind im § 3 der vorliegenden Arbeit mitgeteilt.

Auch alle weiteren Versuche wurden mit ungarischen Versuchspersonen in ungarischer Sprache ausgeführt. Diese Untersuchungen, deren Ergebnisse in den Paragraphen 4 und 5 erörtert werden, sollen wohl in erster Reihe die Psychologie der Bevorzugungsphänomene fördern, dann aber auch den Versuch machen, die Bevorzugungsphänomene mit der Psychologie des Denkens²⁾ in Verbindung zu bringen.

Es ist nämlich eine bekannte Tatsache, daß wenn ein Wort A ein Wort B assoziiert, oder (nach einer anderen Terminologie) reproduziert, B nicht nur von A, sondern von derjenigen ganzen Konstellation des Bewußtseins abhängt, die der Assoziation (Reproduktion) vorausgeht und in die A als Teil eingeht. Diese Konstellation des Bewußtseins ist nun, wie heute wohl als allgemein anerkannt betrachtet werden kann, ganz wesentlich von der Aufgabe abhängig³⁾, die wir den Versuchspersonen stellen. So ist auch die Frage, welche Reaktionsworte von einer Mehrheit von Versuchspersonen bevorzugt werden, natürlich nicht unerheblich von dem Wortlaut und Sinn der Instruktion abhängig, die wir den Versuchspersonen erteilen.

Lassen wir nun eine Versuchsperson auf ein Reizwort mit zwei Reaktionsworten nacheinander reagieren, so daß auf das Reizwort A die Reaktionsworte B und C folgen, so läßt sich vermuten, daß C nicht nur von A, sondern auch von B beeinflusst wird, daß also in die kritische Konstellation des Bewußtseins auch B eingeht. Sprechen wir dagegen zwei Reizworte A und B unmittelbar nacheinander aus und lassen wir die Versuchsperson lediglich mit einem Wort C reagieren, so wird in die kritische Konstellation sowohl A als B eingehen. Es ist klar, daß solche Versuche nicht nur in das Gebiet der Assoziations-

¹⁾ F. Reinhold, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 54. 1909. S. 183 ff.

²⁾ Zur Psychologie des Denkens vgl. K. Marbe, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 3. 1915. S. 1 ff., woselbst auch weitere neuere Literatur.

³⁾ Über den Einfluß der Aufgabe handelt schon H. J. Watt, Archiv für die gesamte Psychologie. Bd. 4. 1905. S. 321 ff. Vgl. dazu K. Marbe, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 3. 1915. S. 8 ff.

versuche im engeren Sinn gehören, sondern daß sie auch auf die Psychologie des Denkens einiges Licht werfen müssen. Das Denken nämlich geht schrittweise vor sich, und jeder Schritt ist von den vorhergehenden abhängig. Unsere Untersuchungen bringen daher auch Beiträge zur Lehre von der Abhängigkeit der Denkschritte von vorausgehenden Konstellationen. Die Bearbeitung aber erfolgte fast ausschließlich unter dem Gesichtspunkte der Bevorzugung.

Bei all diesen Untersuchungen mußten oft Resultate verglichen werden, die aus Versuchen mit verschiedenen Versuchspersonen-Gruppen gewonnen waren, und so schien es unerläßlich, zu prüfen, mit welchem Rechte, unter welchen Bedingungen und innerhalb welcher Grenzen Ergebnisse aus Versuchen mit verschiedenen Versuchspersonen-Gruppen zur Beantwortung einer und derselben Frage herangezogen werden können. Die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse sind in § 2 mitgeteilt.

2. Sämtliche Versuche wurden mit ungarisch zugerufenen Reizwörtern, mit der Aufgabe, ungarisch zu reagieren, an ungarisch sprechenden Versuchspersonen ausgeführt. Als Versuchspersonen dienten Schüler des Budapester Piaristengymnasiums, und zwar: eine dritte Klasse (Alter 12 bis 13 Jahre), eine vierte (Alter 13 bis 14 Jahre), die fünfte (14 bis 15 Jahre), die sechste (15 bis 16 Jahre), die siebente (16 bis 17 Jahre), die achte (17 bis 18 Jahre), ferner Universitätshörer (Philosophen und Theologen, 19 bis 23 Jahre). Letzterer Gruppe gehörten einmal auch einige Gymnasiallehrer an. Manche dieser Gruppen wurden mehreremal zu Versuchen herangezogen, nie aber wurden einer Gruppe dieselben Reizwörter bei mehreren Anlässen zugerufen; also Wiederholungsversuche kamen nicht vor. Es waren stets sämtliche anwesenden Schüler an dem Versuche beteiligt.

Als Reizwörter dienten die Reizwörter aus der Arbeit von Thumb und Marbe¹⁾ und diejenigen aus der Arbeit von Reinhold²⁾. Für jedes deutsche Reizwort wurde das jetzt gebräuchlichste ungarische gewählt. Ein Wort der Thumb-Marbeschen Liste: *da*, mußte weggelassen werden, weil es dafür im Ungarischen kein von *hier* verschiedenes Wort gibt. Ebenso mußten zwei Wörter der Reinholdschen Liste wegfallen, nämlich *Ärmel* (im Ungarischen *ujj*), dessen andere und

¹⁾ A. Thumb und K. Marbe, Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901. S. 19 f., 25, 27, 30, 32, 35.

²⁾ F. Reinhold, Beiträge zur Assoziationslehre auf Grund von Massenversuchen. Zeitschrift für Psychologie. Bd. 54. 1909. S. 187—204.

häufigere Bedeutung im Ungarischen *Finger* ist, und das in der Aussprache so lautet wie *uj* = *neu* und in einem Versuche von der Mehrheit der Versuchspersonen tatsächlich so aufgefaßt wurde. Das andere ist *Woche* (im Ungarischen *hét*), das auch soviel bedeutet, wie *sieben*, und wirklich auch so aufgefaßt wurde. So gestaltete sich das Reizwortverzeichnis wie folgt (die Numerierung ist, um den Vergleich zu erleichtern, die laufende der deutschen Listen von Thumb-Marbe und Reinhold; die Ordnungszahlen der im Ungarischen nicht berücksichtigten drei Worte sind weggelassen):

1. szántó, 2. fölvenni, 4. föladat, 5. fa, 6. virág, 7. égni, 8. dörgés, 9. falu, 10. vasut, 11. kaesa, 12. borsó, 13. ecet, 14. vakáció, 15. szorgalom, 16. tavasz, 17. költemény, 18. menni, 19. karfa, 20. hareolni, 21. cseresznye, 22. zongora, 23. főzni, 24. lámpa, 25. tej, 26. hétfő, 27. délután, 28. páva, 29. forrás, 30. eső, 31. gyűrű, 32. hívni, 33. mondat, 34. alvás, 35. tó, 36. játszani, 37. lépcső, 38. torony, 39. érteni, 40. madár, 41. út, 42. darázs, 44. kolbász, 45. szoba, 46. reszketni (Reinholdsche Reizwörter).

1. atya, 2. anya, 3. fiu, 4. lány, 5. fivér, 6. nővér, 7. nagybácsi, 8. nagynéni, 9. sógor, 10. sógorasszony, 11. nagy, 12. kiesiny, 13. könnyű, 14. nehéz, 15. öreg, 16. fiatal, 17. vastag, 18. vékony, 19. fehér, 20. fekete, 21. én, 22. te, 23. mi, 24. ti, 25. ő, 26. ök, 27. ez, 28. az, 29. ki, 30. micsoda, 31. hol, 32. homnan, 33. hová, 34. itt, 36. ott, 37. ide, 38. oda, 39. mindenütt, 40. sehol, 41. mikor, 42. akkor, 43. most, 44. soha, 45. mindig, 46. valaha, 47. tegnap, 48. ma, 49. holnap, 50. aminap, 51. egy, 52. kettő, 53. három, 54. négy, 55. öt, 56. hat, 57. hét, 58. nyolc, 59. kilenc, 60. tíz (Thumb-Marbesche Reizwörter).

Im folgenden sollen die Reiz- und Reaktionswörter nur mehr ausnahmsweise ungarisch angegeben werden, da der ungarische Wortlaut für Unkundige hinderlich sein dürfte und für unsere Untersuchungen, die sich nicht auf die lautlichen Eigenschaften von Reizwörtern und Reaktionen erstrecken, nicht nötig ist.

Selbstverständlich waren diesen Listen jedesmal auch andere Worte beigemischt und die Reihenfolge derart gewählt, daß die Aufeinanderfolge von Reizwörtern desselben Bedeutungskreises nach Möglichkeit vermieden wurde.

Der Versuchsverlauf war folgender: Ohne jede vorhergehende Avisierung wurden am Anfang einer Lehrstunde numerierte Zettel ausgegeben und mitgeteilt, daß es sich diesmal nicht um eine Schulaufgabe, sondern um einen wissenschaftliche Zwecke verfolgenden

Versuch handle, also sich jeder ohne Beklemmung das Verlangte leisten möge. Dann wurde kurz erläutert, um was es sich handelt: „Hört man ein Wort (oder ein Wortpaar), so fällt einem häufig sofort ohne Nachdenken ein anderes Wort (oder Wortpaar) ein.“ Das wurde dann gleich in Gemeinschaft an einigen Beispielen erprobt. Alsdann kam die Instruktion: „Ich werde Ihnen ein Wort (bei den Versuchen des § 4: ein Wortpaar) zurufen. Sie hören es an, dann schreiben Sie sofort neben die Nummer 1 Ihres Zettels dasjenige andere Wort nieder, das Ihnen unmittelbar nach Kenntnisnahme des gehörten Wortes eingefallen ist. Derjenige, dem bis zum Hören eines einmaligen Klopfens nichts eingefallen ist, macht neben der Nummer 1 seines Zettels einen wagrechten Strich und wartet ruhig. Wenn Sie ein dreimaliges Klopfen hören, passen Sie auf: es wird Ihnen dann ein anderes Wort zugerufen, und da verhalten Sie sich ebenso wie beim ersten; Sie schreiben das Ihnen unmittelbar einfallende Wort neben die Nummer 2 Ihres Zettels usf. Noch einmal: es handelt sich nicht um eine Schularbeit, die zensuriert wird, also meinen Sie nicht, etwas Besonderes leisten zu müssen, sondern befolgen Sie die gehörte Anweisung und arbeiten Sie jeder für sich.“

Das Signal, ein dreimaliges Klopfen, ging dem Reizworte um zwei bis drei Sekunden voraus. Das „Abklopfen“ erfolgte vier bis fünf Sekunden nach Aussprache der ersten Silbe des Reizwortes (im Ungarischen hat immer die erste Silbe den Wortakzent).

Die Diszipliniertheit der Jugend des besten Budapester Gymnasiums und die persönliche Neigung, die man dem Versuchsleiter entgegenbrachte, bot Garantien dafür, daß die Instruktion mit der Genauigkeit befolgt wurde, die bei Massenversuchen überhaupt zu erwarten ist. Die Überwachung des Versuchsverlaufs und die Überprüfung des Materials auch in dieser Hinsicht bestätigte dies.

Die Beteiligung der einzelnen Gruppen an den einzelnen Versuchen und die jeweilige Anzahl der Versuchspersonen, sowie die bei den einzelnen Versuchen vorgenommenen Änderungen an obiger Instruktion und die nötige Nomenklatur wird am zweckmäßigsten bei den betreffenden einzelnen Untersuchungen dargelegt.

§ 2. VERGLEICHENDE MASSENVERSUCHE.

Alle an ungarischen Versuchspersonen vorgenommenen einfachen Versuche zeigten, daß die von Marbe in der mehrfach genannten gemeinsamen Arbeit von Thumb und Marbe zuerst hervorgehobenen

Bevorzugungsphänomene auch im Ungarischen bestehen. Ruft man nämlich einer genügend großen Anzahl ungarischer Versuchspersonen irgend ein Wort zu, nachdem man sie aufgefordert hat, mit einem ihnen unmittelbar nach Kenntnisnahme des gehörten Wortes einfallenden anderen Wort zu reagieren, so ergeben sich für jedes zugerufene Wort bevorzugteste und minder bevorzugte Assoziationen. Das von Marbe gefundene¹⁾ und später vielfach bestätigte Geläufigkeitsgesetz, nach welchem bevorzugtere Assoziationen im Durchschnitt schneller verlaufen als minder bevorzugte, wurde nicht verifiziert, da es sich in der vorliegenden Arbeit nur um Massenversuche handelt, die Zeitmessungen nicht ermöglichen.

In den dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen mußten vielfach solche Versuchsergebnisse auf das Bevorzugungsphänomen hin verglichen werden, die aus Versuchen mit verschiedenen Versuchspersonen-Gruppen gewonnen wurden. Ist es aber angängig, Ergebnisse solcher verschiedener Herkunft ohne weiteres als gleichwertig in Rechnung zu setzen? Um diese Frage beantworten zu können, schien es geraten, einfache Versuche mit denselben Reizwörtern an verschiedenen Gruppen anzustellen. Es bestand die Hoffnung, hierdurch einen bescheidenen Beitrag zur Psychologie organisierter Massen liefern zu können und vielleicht auch einige Gesichtspunkte zur vergleichenden Auswertung von Ergebnissen ähnlich veranstalteter Massen-Schülerversuche zu bieten, wie sie in den einschlägigen Arbeiten von Reinhold, Saling, Dauber, Wreschner, Römer etc. vorliegen.

Zu diesen vergleichenden Massenversuchen wurden 30 Reizwörter der Reinholdschen Liste gewählt, um zugleich einen Vergleich mit den Reinholdschen Ergebnissen zu ermöglichen. Diese Reizwörter waren: Aufgabe, brennen, Donner, Dorf, Eisenbahn, Essig, Ferien, Fleiß, Frühling, gehen, kämpfen, Klavier, kochen, Lampe, Milch, Montag, Nachmittag, Regen, Ring, rufen, Wort, spielen, Treppe, Turm, verstehen, Vogel, Weg, Wespe, Zimmer, zittern.

Versuchspersonen waren Schüler des Budapester Piaristengymnasiums und Hörer der Budapester Universität, und zwar: I. Gruppe: 54 Schüler der dritten Klasse im Alter von 12 bis 13 Jahren. II. Gruppe: 45 Schüler der vierten Klasse im Alter von 13 bis 14 Jahren. III. Gruppe: 60 Schüler der fünften Klasse im Alter von 14 bis 15 Jahren. IV. Gruppe: 56 Schüler der sechsten Klasse im Alter von 15 bis 16 Jahren. V. Gruppe:

¹⁾ A. Thumb und K. Marbe, Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901, S. 45 ff.

42 Schüler der siebenten Klasse im Alter von 16 bis 17 Jahren. VI. Gruppe: 51 Schüler der achten (obersten) Klasse im Alter von 17 bis 18 Jahren. VII. Gruppe: 28 Universitätshörer. Im folgenden sind diese Gruppen mit den arabischen Ziffern von 3 bis 9 (Klasse 3 bis 8 und Universitätshörer) bezeichnet.

I. Eine erste Frage ist die: Zeigen die einzelnen Gruppen ein für jede charakteristisches Verhalten in bezug auf die Bevorzugungsphänomene?¹⁾

Um diese Frage auf eine subjektiver Wertschätzung entrückte Weise beantworten zu können, müssen vorerst Gesichtspunkte festgelegt werden, die das Verhalten der Massen in betreff des Bevorzugungsphänomens zahlenmäßig charakterisieren²⁾. Als solche „charakteristische Bevorzugungswerte“ können angesehen werden:

1. mH_1 , d. i. das arithmetische Mittel der Häufigkeitsindexe der erstbevorzugten Assoziationen, d. h. die Zahl, welche in Prozenten sämtlicher Versuchspersonen der Gruppe angibt, wieviel Personen im Durchschnitt auf die Reizworte mit der erstbevorzugten Assoziation reagierten.

2. mH_2 , d. i. das arithmetische Mittel der Häufigkeitsindexe der zweitbevorzugten Assoziationen, d. i. die Zahl, welche in Prozenten sämtlicher Versuchspersonen der Gruppe angibt, wieviel Personen der betreffenden Gruppe im Durchschnitt die Reizworte mit der zweitbevorzugten Assoziation beantworteten.

3. $mH_1 - mH_2$, d. i. der Unterschied der mittleren Häufigkeitsindexe der erst- und zweitbevorzugten Reaktionen. Muß im allgemeinen H_1 für ein jedes Reizwort als Index der Stärke der Bevorzugungstendenz angesehen werden, der angibt, mit welcher Kraft ein Reizwort eine Reaktion aus anderen hervorhebt, so kann $mH_1 - mH_2$

¹⁾ Eine analoge Untersuchung, nur in geringerem Umfange und ohne systematische Berücksichtigung der charakteristischen Bevorzugungswerte wurde schon von E. Huber unternommen: Zeitschrift für Psychologie. Bd. 59. 1911. S. 245 ff.

²⁾ Als Ansätze zu einer Ermittlung und numerischen Verwertung von charakteristischen Bevorzugungswerten, wenn auch in viel geringerem Umfange und zu ganz anderen Zwecken, können angesehen werden der „Banalitätsfaktor“ Bovets und die Prozentzahl der „common reactions“ von Rosanoff, welche beide Werte den Grad der „Banalität“ oder „Normalität“ des Assoziationsverhaltens irgendeiner Person zum Ausdruck bringen sollen. P. Bovet, Archives de psychologie. Bd. 10. 1911. S. 80. G. H. Kent and A. J. Rosanoff, A Study of Association in Insanity. Reprinted from The American Journal of Insanity. Bd. 67. No. 1. 2. 1910. S. 8 ff.

als ein Maß dafür angesehen und benützt werden, welche Eindeutigkeit der auf die erstbevorzugte Assoziation gerichteten Bevorzugungstendenz zukommt. Ist $mH_1 - mH_2$ sehr klein, sich 0 annähernd, so ist anzunehmen, daß neben der Tendenz, mit der erstbevorzugten Assoziation zu antworten, eine fast gleichstarke, mit der zweitbevorzugten zu antworten, besteht, und somit die Bevorzugung keine gut prononzierte einheitliche Richtung (nämlich auf die erstbevorzugte Assoziation hin), sondern eine Zersplitterung nach der erst- und der zweitbevorzugten Reaktion hin zeigt. Darauf gründet sich das in der gegenwärtigen Arbeit angewendete Verfahren: wenn es auf ein Reizwort zwei Reaktionen gibt, die denselben höchsten Häufigkeitsindex haben, wird die eine als die erst-, die andere als die zweitbevorzugte Reaktion betrachtet.

4. mH , d. i. der allgemeine mittlere Häufigkeitsindex, d. h. die Zahl, welche in Prozenten der Versuchspersonenzahl angibt, wieviel bevorzugte Antworten überhaupt im Durchschnitt auf die Reizworte von einer Gruppe gegeben wurden. H ist also die Summe sämtlicher H_n für ein Reizwort in Prozenten der Anzahl der Versuchspersonen, und mH ist das Mittel aus sämtlichen H eines Versuches.

5. mG , d. i. die Zahl, welche angibt, wie viele Antworten im Durchschnitt der grammatischen Kategorie des Reizwortes angehörten, also mit wie vielen Hauptwörtern auf ein Hauptwort, mit wie vielen Eigenschaftswörtern auf ein Eigenschaftswort usw. geantwortet wurde.

6. n , d. i. die Zahl, welche zeigt, wie viele voneinander verschiedene Antworten im Durchschnitt auf ein Reizwort abgegeben wurden. Bei Benutzung dieses Wertes ist wohl zu beachten, daß er mit einer Veränderung der Anzahl der Versuchspersonen stark variiert und namentlich mit wachsender Versuchspersonenzahl abnimmt, was zuerst Reinhold¹⁾ mit Recht Wreschner gegenüber geltend gemacht hat und dann Dauber²⁾ an Reinholds Versuchsmaterial zahlenmäßig nachgewiesen hat. Trotzdem wird dieser Wert nicht untauglich zur Charakteristik von Gruppen sein, wenn deren Versuchspersonenzahl nicht erheblich voneinander verschieden ist.

7. Es wurde auch festgestellt, wie oft im Durchschnitt der Instruktion entgegen mit mehr als einem Worte reagiert wurde.

Das Verhalten der sieben Gruppen hinsichtlich der eben definierten Bevorzugungswerte zeigt Tabelle 1. In dieser Tabelle beziehen sich

1) F. Reinhold, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 54. 1909. S. 186.

2) J. Dauber, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 59. 1911. S. 195 ff.

die Kolonnen auf die Gruppen der Versuchspersonen, die Zeilen der Reihe nach auf die charakteristischen Bevorzugungswerte. Alle diese Werte sind Mittelwerte aus den 30 Versuchswörtern und sind in Prozenten der Anzahl der Versuchspersonen angegeben. Beim Berechnen von mH_1 und mH_2 wurde bei jedem Reizwort der Häufigkeitsindex der erstbevorzugten und derjenige der zweitbevorzugten Assoziation berechnet. Wenn es aber zwei bevorzugte Assoziationen mit dem größten Häufigkeitsindex gab, also zwei bevorzugte Reaktionen ersten Ranges, so wurde die eine als erst-, die andere als zweitbevorzugt gerechnet, da nur so die Verzweigung der Bevorzugungstendenz zahlenmäßig zum Ausdruck gebracht werden konnte.

Tabelle 1.

Charakteristisches Verhalten verschiedener Versuchspersonen in bezug auf das Bevorzugungsphänomen.

Gruppen (Klassen)	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9. Studenten
Alter	12—13	13—14	14—15	15—16	16—17	17—18	19—23
Zahl der Versuchspersonen	54	45	60	56	42	51	28
mH_1	30,6	16,7	27,7	21,6	30,6	22,6	28,4
mH_2	6,4	11,0	11,3	8,8	11,5	10,8	12,1
$mH_1 - mH_2$. . .	24,2	5,7	16,4	12,8	19,1	11,8	16,3
mH	68,6	55,5	67,2	47,1	64,8	58,5	54,9
mG	82,4	61,4	78,4	66,8	80,0	71,2	70,9
n	40,0	55,5	41,8	49,6	43,2	49,5	55,0
Mehr als ein Wort enthaltende Re- aktionen . . .	0,5	5,8	1,0	1,4	0,5	0,5	2,0

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, daß sich die einzelnen Gruppen bezüglich der charakteristischen Bevorzugungswerte nicht unerheblich voneinander unterscheiden. Auf die möglichen Ursachen dieser Erscheinung soll hier nicht eingegangen werden. Um diese Unterschiede deutlich hervortreten zu lassen, wurde Tabelle 2 angelegt. In dieser Tabelle enthalten die Zeilen die charakteristischen Bevorzugungswerte mit Ausnahme von mH_2 , dessen charakterisierendes Moment in $mH_1 - mH_2$ eingeht, und mit Ausnahme der letzten Zeile der Tabelle 1, wo die Häufigkeit der aus mehr als einem Worte bestehenden Antworten angegeben ist. Die Zahl der letzteren ist nämlich zu gering,

um charakteristische Unterschiede für alle Gruppen abgeben zu können. Was die Kolonnen anlangt, so enthält die Kolonne I in jeder Zeile diejenige Gruppe, welche hinsichtlich des betreffenden Bevorzugungswertes den größten Betrag aufzeigt; die zweite Kolonne diejenige Gruppe, welche den zweitgrößten Wert aufzeigt usw. Jeder Gruppenzahl ist zum leichteren Vergleich auch der betreffende Wert aus Tabelle 1 beigegeben.

Tabelle 2.

Wertreihe der verschiedenen Gruppen in bezug auf die charakteristischen Bevorzugungswerte¹⁾

Charakteristische Bevorzugungswerte	Abnehmende Reihenfolge der Gruppen						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
mH ₁	3. 30,6	7.	9. 28,4	5. 27,7	8. 22,6	6. 21,6	4. 16,7
mH ₁ — mH ₂	3. 24,2	7. 19,1	5. 16,4	9. 10,3	6. 12,8	8. 11,8	4. 5,7
mH	3. 68,6	5. 67,2	7. 64,8	8. 58,5	4. 55,5	9. 54,9	6. 47,1
mG	3. 82,4	7. 80,0	5. 78,4	8. 71,2	9. 70,9	6. 66,8	4. 61,4
n	4. 55,5	9. 55,0	6. 49,6	8. 49,5	7. 43,2	5. 41,8	3. 40,0

Diese Tabelle zeigt, daß die einzelnen Gruppen hinsichtlich der verschiedenen charakteristischen Werte eine ziemlich gute Koordination aufweisen; in betreff der n-Werte ist die Koordination eine inverse, wie die Tabelle zeigt. Stellt man diejenige Gruppe an erste Stelle, welche in Tabelle 2 wenigstens in drei Zeilen in der Kolonne I steht, an die zweite Stelle diejenige Gruppe, welche wenigstens in drei Zeilen der Kolonne II enthalten ist usw., so erhält man die Folge: 3, 7, 5, 9, 8, 6, 4. Diese Folge stellt eine Wertreihe dar. Das heißt: Hinsichtlich der Bevorzugungsphänomene bietet die Klasse 3 ein Optimum, die Klasse 4 ein Pessimum. Klasse 3 hat von allen Gruppen die größten Werte für mH₁, mH₁ — mH₂, mH, mG; Klasse 4 hingegen die kleinsten für mH₁, mH₁ — mH₂, mG. Dem Optimum am nächsten

¹⁾ Die kleinen Ziffern sind die betreffenden charakteristischen Werte aus Tabelle 1.

stehen Klasse 7 und 5, bei denen die charakteristischen Bevorzugungswerte wenig voneinander, beträchtlicher von Klasse 3 abweichen. Dem Pessimum am nächsten steht Klasse 6, eine mittlere Stellung haben die Klassen 8 und 9, welche einander ziemlich nahe stehen.

Daraus folgt, daß

1) Resultate, die aus Versuchen mit den Gruppen 3, 7, 5 gewonnen sind, so ziemlich ohne weiteres untereinander verglichen werden können. Ergebnisse von Versuchen mit Gruppe 6, vollends aber mit Klasse 4 bieten zum Studium der Bevorzugungsgesetze ein nicht sehr günstiges Material. Wenn man diesen Maßstab an E. Hubers Versuchsergebnisse¹⁾ anlegt, zeigt sich, daß seine Gruppe (Soldaten) mit den Werten $mH_1 = 19,9$, $mH_1 - mH_2 = 10,1$ nicht nur eine viel geringere Bevorzugungswertigkeit hat, als die von ihm zum Vergleich herangezogene Reinholdsehe, sondern auch, absolut genommen, ein Pessimum hinsichtlich der Bevorzugungsphänomene darstellt. Ergebnisse aus Versuchen mit Gruppen, die sehr abweichende charakteristische Bevorzugungswerte haben, sind nur dann auf ihr zahlenmäßiges Verhalten hin zu vergleichen, wenn sie auf die Werte einer Gruppe bezogen werden.

2) Die oben gekennzeichneten Bevorzugungswerte sind geeignet, eine organisierte Masse (als welche eine Schulklasse betrachtet werden kann) zu charakterisieren. Und somit eignen sich die einfachen Assoziationsversuche zu „Massentests“, wie sie für Individualtests schon längst verwendet werden²⁾.

Auffallend scheint es, daß die charakteristischen Bevorzugungswerte sich nicht vom Alter der Versuchspersonen abhängig zeigen, wie aus Tabelle 3 ersichtlich ist, wo die erste Zeile die einzelnen Gruppen nach dem Alter, die zweite nach Bevorzugungswerten in fallender Reihenfolge der Werte enthält.

Tabelle 3.

Zusammenhang zwischen Alter und Bevorzugungswerten.

Wertreihe, abnehmend nach dem Alter	9.	8.	7.	6.	5.	4.	3.
Wertreihe, abnehmend nach den Bevorzugungswerten .	3	7.	5.	9.	8.	6.	4.

¹⁾ E. Huber, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 59. 1911. S. 246.

²⁾ Zusammengefaßt bei G. M. Whipple, Manual of Mental and Physical Tests. 2. Aufl. Bd. 2. Baltimore 1915. S. 60 ff.

Die teilweise abweichenden Ergebnisse von Römer¹⁾ widersprechen diesem Befunde nicht, da sie sich auf jüngere Versuchspersonen beziehen. Seine ältesten Gruppen verhalten sich auch so wie meine. Nimmt man aber die Klasse 3 und 4 als eine Gruppe zusammen, ebenso 5 und 6 als eine zweite, dann 7, 8 und 9 als eine dritte, und berechnet man für diese neuen Gruppen aus den Werten der einzelnen ursprünglichen Gruppen die charakteristischen Werte, so erhält man Tabelle 4.

Tabelle 4.

Beziehung der charakteristischen Bevorzugungswerte zum Alter der Versuchspersonen-Gruppen.

Gruppen (Klassen)	3.—4.	5.—6.	7.—9.
Alter	12—14	14—16	16—23
mH ₁	23,7	24,7	27,2
mH ₁ — mH ₂	14,9	14,6	15,7
mH	62,2	57,2	59,4
mG	71,9	72,6	73,5

Hieraus ergibt sich, daß mH₁, mH₁ — mH₂ und mG mit dem Alter eine Zunahme zeigen, mH hingegen nicht.

Eine Abhängigkeit der charakteristischen Bevorzugungswerte von der Anzahl der Versuchspersonen bei den einzelnen Gruppen läßt sich nicht erkennen, ist aber in Anbetracht der geringen Abweichung innerhalb der einzelnen Gruppen auch nicht zu erwarten.

Von den verschiedenen Werten, welche als charakteristisch in Betracht kommen könnten, wurden noch berechnet, aber nicht als charakteristisch gefunden:

a) Das Mittel der Nullreaktionen, d. h. die Zahl, welche in Prozenten der Anzahl der Versuchspersonen angibt, in wie vielen Fällen im Durchschnitt eine Antwort überhaupt nicht erfolgte. Die Zahl der Nullreaktionen ist im Durchschnitt 5,4 %, wovon die einzelnen Werte kaum abweichen, auch bei Klasse 4 nicht, die doch sonst ein so weit abweichendes Verhalten an den Tag legt.

b) Das Mittel der Zahl der verschiedenen bevorzugten Antworten, d. i. die Zahl, welche angibt, wie oft im Durchschnitt mit bevorzugten Assoziationen reagiert worden ist. Diese Zahl beträgt für die Klassen 7,

¹⁾ F. Römer, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 3. 1915. S. 72 ff.

8 und 9 13,0 %; und doch zeigen diese drei Gruppen laut Tabelle 1 und 2 ein sonst sehr verschiedenes Verhalten.

c) Es wurde auch die durchschnittliche Zahl der Klangassoziationen berechnet, die aber äußerst klein ist (0,4; 0,3; 0,5; 3,7; 0,4; 0,7; 0,6). Wo sie etwas größer ist (bei Gruppe Klasse 6: 3,7 %), rührt das von von zwei Versuchspersonen her, bei welchen sich nachweislich eine Einstellung auf Klangassoziationen gebildet hatte.

d) Es wurde noch ermittelt, wie oft im Durchschnitt bei jeder Gruppe mit fremdsprachlichen Wörtern reagiert wurde, nämlich deutsch, lateinisch, griechisch, französisch, englisch oder slawisch. Die bezüglichen Werte sind sehr klein: 0,06; 0,07; 0,05; 1,3; 0,4; 0,7; 0,3. Charakteristisches zeigen sie nicht, wohl aber eine merkliche Zunahme mit dem Alter, wenn man die drei ersten Klassen als eine erste und die vier anderen als eine zweite Gruppe zusammenfaßt. Die mittleren Werte sind dann für Gruppe I (Alter 12 bis 15 Jahre): 0,06; für Gruppe II (Alter 15 bis 23 Jahre): 0,67.

II. Eine zweite Untersuchung galt der Frage: Sind bei verschiedenen Massen mit beschränkter Teilnehmerzahl die bevorzugten Assoziationen immer dieselben? Bei der Beantwortung dieser Frage konnten nur die bevorzugtesten Assoziationen in Betracht kommen, da die Stärke und eindeutige Orientiertheit der Bevorzugungstendenz sich nur in ihr aussprechen kann, wenn sie in bezug auf ein Reizwort überhaupt vorhanden ist. Für die minder bevorzugten Assoziationen zeigen schon die geringen Unterschiede der Häufigkeitsindexe eine weitgehende Zersplitterung der Bevorzugungstendenz.

Die folgenden Untersuchungen gingen von der Voraussetzung aus, daß wenn eine prononzierte Bevorzugungstendenz vorhanden ist, diese bei Anwendung einer genügend großen Versuchspersonenzahl zur Geltung kommen muß. Als eine genügend große Anzahl der Versuchspersonen konnten die 335 Personen meiner vergleichenden Massenversuche betrachtet werden. Zuerst wurde festgestellt, welche die erstbevorzugten Assoziationen sämtlicher Klassen als einer Gruppe betrachtet, also bei einer Masse von 335 Versuchspersonen sind. Dann wurde untersucht, ob die erstbevorzugten Reaktionen der einzelnen Klassen mit diesen gemeinsamen Erstbevorzugungen übereinstimmen oder nicht. Die übereinstimmenden sollen „beständige“ (vollwertige) erstbevorzugte Reaktionen, die nichtübereinstimmenden „unbeständige“ (nicht vollwertige) genannt werden.

Wie viel beständige und wie viel unbeständige Erstbevorzugungen

jede Gruppe hat, zeigt Zeile 2 der Tabelle 5. Die Werte sind absolut, nicht in Prozenten angegeben.

Tabelle 5.

Beständige und unbeständige erstbevorzugte Assoziationen.

Gruppen (Klassen)		3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	3.—9.
Von den bevorzugtesten Assoziationen der 30 Reizwörter stimmen mit den bevorzugtesten der ganzen Masse (3.—9. Klasse)	überein	19	10	26	24	22	22	16	—
	nicht überein	11	20	4	6	8	8	14	—
Von den bevorzugtesten Reaktionen stimmen mit den Reizwörtern in der grammatischen Kategorie	überein	30	21	28	26	27	23	25	27
	nicht überein	0	9	2	4	3	7	5	3

Tabelle 6.

Wertreihen der Gruppen in bezug auf die Beständigkeit der erstbevorzugten Assoziationen und deren Übereinstimmung mit dem Reizworte in der grammatischen Kategorie.

Wertreihe der Gruppen, abnehmend in bezug auf die Beständigkeit der erstbevorzugten Reaktion	5.	6.	7.	8.	3.	9.	4.
Wertreihe der Gruppen, abnehmend in bezug auf die Übereinstimmung der erstbevorzugten Assoziationen mit den Reizworten in der grammatischen Kategorie	3.	5.	7.	6.	9.	8.	4.

Aus Tabelle 5 geht hervor, daß es 1. für jede Gruppe eine Anzahl unbeständige erstbevorzugte Assoziationen gibt. Das trifft also nicht nur für so heterogene Massen zu, wie sie E. Huber verglichen hat (Soldaten und Schülerinnen), sondern auch für die beinahe homogenen Massen, wie sie die Klassen eines und desselben Instituts darstellen. Ein qualitativer Vergleich des Bevorzugungsphänomens zwischen Ergebnissen, die aus Versuchen mit verschiedenen Versuchspersonen-Gruppen gewonnen wurden, darf nicht ohne Berücksichtigung dieses Umstandes geschehen. 2. Wird unter diesem Gesichtspunkte das Verhalten einer Gruppe dann für wertvoller angesehen, wenn dieselbe

mehr beständige Reaktionen aufweist, so ergibt sich aus Tabelle 5 folgende Wertreihe (siehe Tabelle 6): 5, 6, 7, 8, 3, 9, 4, die mit der oben mitgeteilten Wertreihe (hinsichtlich des charakteristischen Bevorzugungswertes) nicht übereinstimmt und eine lose inverse Korrelation mit dem Alter der Gruppen zeigt.

Es wurde ferner gefragt, inwieweit die erstbevorzugten Assoziationen der einzelnen Klassen und der gesamten Masse mit den Reizwörtern in der grammatischen Kategorie übereinstimmen. Die Antwort enthält die dritte Zeile der Tabelle 5, deren Werte ebenfalls absolut und nicht in Prozenten angegeben sind. Hieraus ist ersichtlich, daß die Übereinstimmung der erstbevorzugten Assoziationen mit dem Reizworte in der grammatischen Kategorie eine sehr weitgehende ist. Man kann also sagen, daß die bevorzugtesten Reaktionen dem „vergleichenden oder beziehenden Typus“ Winteler¹⁾ angehören. Nur soll bemerkt sein, daß unsere Einteilung (mit der grammatischen Kategorie des Reizwortes übereinstimmend und nicht übereinstimmend) mit der Wintelersehen in „einen anschaulichen oder beschreibenden und einen vergleichenden oder beziehenden Typus“ sich formell nicht ganz deckt, jedoch den Vorzug hat, mit größerer objektiver Sicherheit angewendet werden zu können.

Will man auch hier eine Wertreihe ähnlich der für die beständigen Erstbevorzugungen aufstellen, so erhält man: 3, 5, 7, 6, 9, 8, 4. (Siehe Tabelle 6.) Diese Reihe zeigt eine gute Übereinstimmung mit der aus Tabelle 2 gewonnenen, und folglich kann die Übereinstimmung der erstbevorzugten Reaktionen mit dem Reizwort in der grammatischen Kategorie auch den charakteristischen Bevorzugungswerten zugezählt werden.

Diese Frage soll aber hier nicht weiter verfolgt werden. Wichtiger ist es für uns, zu erfahren, ob Kriterien ausfindig gemacht werden können, mittelst welcher die beständigen und unbeständigen Reaktionen einer Gruppe mit einiger Sicherheit erkannt werden können.

Als Ausdruck der Stärke der Bevorzugungstendenz eines Reizwortes haben wir H_1 , den Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktion, erkannt, und als Maß der eindeutigen Orientiertheit derselben den Abstand des Häufigkeitsindex der erstbevorzugten von dem der zweitbevorzugten Reaktion. H_1 und $H_1 - H_2$ können also als Maß der Bevorzugungsenergie eines Reizwortes angesehen werden. Es sind nun von den erstbevorzugten Reaktionen auf die 30 Reizwörter diejenigen auf ihre Beständigkeit hin untersucht worden, deren $H_1 > mH_1$ ist, d. h. deren Häufigkeitsindex größer ist als der mittlere Häufig-

¹⁾ J. Winteler, Die experimentelle Pädagogik. Bd. 2. 1906. S. 207.

keitsindex aller erstbevorzugten Reaktionen der betreffenden Gruppe. Dann sind die unbeständigen erstbevorzugten Reaktionen auf das Verhältnis hin untersucht worden, welches zwischen H_1 und H_2 besteht. Die Ergebnisse enthält Tabelle 7.

Tabelle 7.

Bedingungen der Beständigkeit und Unbeständigkeit erstbevorzogter Assoziationen verschiedener Gruppen.

Gruppen (Klassen)		3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Bevorzugteste Assoziationen, bei welchen $H_1 > m H_1$ ist	zusammen	11	12	12	14	15	10	11
	beständig	11	7	12	14	15	7	10
	unbeständig	0	5	0	0	0	3	1
Unbeständige bevorzugteste Assoziationen	zusammen	11	20	4	6	8	8	14
	$H_2 \geq \frac{H_1}{2}$	10	18	4	6	8	7	12
	$H_2 < \frac{H_1}{2}$	1	2	0	0	0	1	2

Aus dieser Tabelle ist zweierlei ersichtlich: 1. Ist für eine erstbevorzugte Assoziation $H_1 > m H_1$, so ist diese erstbevorzugte Assoziation zumeist eine beständige. Eine erhebliche Ausnahme von dieser Regel macht Klasse 4, die aber auch sonst ein Pessimum in bezug auf die Bevorzugungsphänomene darstellt, und darum diese Phänomene nicht in ihrer ganzen Reinheit zeigt. Eine größere Ausnahme findet sich auch bei Klasse 8, die sogleich gewürdigt werden soll. 2. Für sämtliche unbeständigen Erstbevorzungen gilt mit verschwindenden Ausnahmen, daß $H_1 - H_2 < \frac{H_1}{2}$ ist, oder, was arithmetisch auf dasselbe hinauskommt: $H_2 > \frac{H_1}{2}$. Es ist hervorzuheben, daß in Klasse 4 $m H_2 > \frac{m H_1}{2}$ ist, und bei Klasse 8 $m H_2$ fast $= \frac{m H_1}{2}$ ist, also die ganze

Gruppe als solche eine schwache eindeutig orientierte Bevorzugungsenergie aufzeigt. Dies war auch der Fall bei E. Hubers Soldaten, wie sich aus den von ihm¹⁾ mitgeteilten Angaben leicht berechnen läßt.

So sind zwei leicht zu handhabende Kriterien gewonnen, welche zusammen angewendet einen ziemlich gut brauchbaren Schluß auf die Beständigkeit bzw. Unbeständigkeit der erstbevorzugten Reaktionen erlauben: 1. Eine genügende (nicht zugleich auch notwendige) Be-

¹⁾ E. Huber. Zeitschrift für Psychologie. Bd. 59. 1911. S. 246.

dingung der Beständigkeit einer erstbevorzugten Reaktion ist, daß $H_1 > mH_1$ sei. Die bevorzugten Reaktionen, die diesem Kriterium entsprechen, sind zumeist beständig, doch nicht alle beständigen entsprechen dem Kriterium. 2. Eine notwendige (nicht zugleich auch genügende) Bedingung für die Unbeständigkeit einer erstbevorzugten Reaktion ist, daß $H_2 > \frac{H_1}{2}$ ist. Alle unbeständigen Erstbevorzugen entsprechen diesem Kriterium, aber auch manche andere. Durchschnittlich entsprachen von den 30 Antworten diesem Kriterium 16,7; davon waren unbeständig 9,3; also etwas mehr als die Hälfte.

3. Es wurde noch untersucht, wie sich der Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Assoziationen bei stetiger Zunahme der Versuchspersonenzahl verhält. Zu diesem Zwecke wurden die erstbevorzugten Reaktionen von 12 Reizwörtern herangezogen, von denen die 6 ersten beständige, die anderen 6 unbeständige Erstbevorzugen haben. Dann wurde für jedes dieser Reizworte H_1 aus den Versuchen mit Klasse 3 genommen. Nachher wurde Klasse 3 und 5 als eine Gruppe zusammengenommen (Klasse 4 blieb als sehr ungünstige in betreff der Bevorzugungswerte weg) und für diese neue Gruppe jeder H_1 -Wert ermittelt. Dann wurde aus Klasse 3, 5 und 6 eine neue Gruppe gebildet usw. Die so gewonnenen Werte für beide Reizwortgruppen, gesondert und zusammen, sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8.

Verhalten von H_1 bei zunehmender Anzahl der Versuchspersonen.

Gruppen:	3	3 + 5	3 + 5 + 6	$\frac{3 + 5 + 6}{+ 7}$	$\frac{3 + 5 + 6 + 7}{+ 8}$	$\frac{3 + 5 + 6 + 7}{+ 8 + 9}$
Mittel aus 6 vollwertigen Erstbevorzugen . .	58,6	54,8	48,1	48,8	47,2	46,7
Mittel aus 6 nicht vollwertigen Erstbevorzugen .	21,0	18,7	16,7	16,9	15,6	16,5
Mittel aus beiden Gruppen	39,8	36,8	32,4	32,9	31,4	31,0

Es ergab sich, daß 1. die Häufigkeitsindexe der erstbevorzugten Reaktionen bei stetigem Zunehmen der Versuchspersonenzahl für die einzelnen Reizwörter keine Regelmäßigkeiten zeigen. 2. Wird das Mittel aus sämtlichen einzelnen Erstbevorzugen für je eine Gruppe gebildet, so gilt für die beständigen sowie für die unbeständigen Erst-

bevorzugen, daß die Werte von den schon an sich maximalen Werten der Klasse 3 zuerst sinken, um dann ziemlich beständig zu werden. In diesem Sinne bewahrheitet sich die bei Römer¹⁾ ausgesprochene Vermutung, „daß bei Betrachtung der bevorzugtesten Assoziationen allein der Unterschied zwischen vielen und wenigen Versuchspersonen ein geringer ist.“ Es ist nämlich nicht zu vergessen, was sich aus den vorhergehenden Untersuchungen zur Genüge gezeigt hat, daß schon bei wenigen Versuchspersonen viel darauf ankommt, was für ein Verhalten sie in bezug auf die charakteristischen Bevorzugungswerte an den Tag legen; und dann kommt es, wenn es sich um viele Versuchspersonen handelt, wieder darauf an, aus welchen Einzelgruppen sie zusammengesetzt sind. Es wäre wohl möglich gewesen, durch eine andere als die vorhergehende, sich auf das wachsende Alter der Versuchspersonen stützende Kombinierung ein anderes Verhalten der Gruppen mit zunehmender Versuchspersonenzahl herauszukonstruieren, das vermutlich erst bei einer sehr großen Anzahl von Versuchspersonen einige Stetigkeit gewinnt.

Obiges Material wurde auch daraufhin bearbeitet, wie der allgemeine Häufigkeitsindex, d. h. die Zahl, welche sämtliche auf ein Reizwort gegebenen Bevorzugen in Prozenten der Versuchspersonen angibt, mit steigender Versuchspersonenzahl variiert. Das Verfahren war dasselbe, wie das oben für die H_1 -Werte geschilderte, und die Ergebnisse sind in einer der achten Tabelle analog angelegten Tabelle 9 enthalten.

Tabelle 9.

Verhalten von H (= Häufigkeitsindex sämtlicher Bevorzugen) beim Wachsen der Anzahl der Versuchspersonen.

Gruppen:	3	3 + 5	3 + 5 + 6	$\frac{3+5+6}{+7}$	$\frac{3+5+6+7}{+8}$	$\frac{3+5+6+7}{+8+9}$
Mittel aus 6 vollwertigen Erstbevorzugen . .	79,8	83,0	76,9	78,5	77,8	78,1
Mittel aus 6 nichtvollwertigen Erstbevorzugen .	68,8	72,9	68,8	72,2	74,2	74,7
Mittel aus beiden Gruppen	74,3	79,5	74,2	75,5	76,0	76,4

¹⁾ F. Römer, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 3. 1914. S. 60.

Es ergibt sich, daß 1. die Variationen von H bei Steigerung der Anzahl der Versuchspersonen für die einzelnen Reizworte keine allgemeinen Regelmäßigkeiten ergeben. Die Mittelwerte aus sämtlichen Reizworten zeigen deutlich den Einfluß der Wertigkeit der neu hinzutretenden Gruppen: Der sehr hohe Wert, den H bei Klasse 3 für die Reizworte mit beständigen Erstbevorzungen hat, wird durch das Hinzukommen der ebenfalls hochwertigen Gruppe 5 erhöht, sinkt aber dann durch das Hinzutreten der minderwertigen Gruppe 6, um sich beim Hinzufügen der guten Klasse 7 wieder zu bessern. Es muß also auch hier gesagt werden, daß durch ein anderes Kombinieren von Gruppen verschiedener Wertigkeit der Wechsel von mH eine andere Kurve beschreibt als die von Dauber¹⁾ festgestellte eines stetigen Wachsens, deren Wellen nur durch eine äußerst große Anzahl der Versuchspersonen paralyisiert werden können.

An die vorhergehende Untersuchung war ich mit der Vermutung herangetreten, daß wenigstens bei den Reizworten mit beständigen Erstbevorzungen bei zunehmender Versuchspersonenzahl H_1 ziemlich konstant bleibe, und H sich stetig wachsend 100 nähere. Meine allerdings mit verhältnismäßig wenig Personen ausgeführten Versuche ergaben aber, daß diese Vermutung nicht für die einzelnen Reizworte, sondern nur für die Mittel aus sämtlichen Bevorzungen und auch da nur annähernd richtig ist. Einen großen Einfluß auf den Wechsel der Bevorzugungswerte übt die Wertigkeit der jeweils hinzutretenden Gruppen aus. Die Annäherung des allgemeinen Häufigkeitsindex H an 100 erfolgt sehr wahrscheinlich asymptotisch, das heißt, er nähert sich 100 erst bei einer überaus großen Versuchspersonenzahl und erreicht 100 erst vollständig bei einer idealen vollzähligen Masse, die in Wirklichkeit kaum jemals gegeben sein wird.

§ 3. EINFACHE VERSUCHE ZUM VERGLEICH DER BEVORZUGTEN ASSOZIATIONEN IN VERSCHIEDENEN SPRACHGEBIETEN.

Um vergleichen zu können, wie die Assoziationen im Hinblick auf das Bevorzugungsphänomen sich im Deutschen und im Ungarischen verhalten, wurden die Reizworte von Thumb und Marbe, wie sie in § 1 ungarisch und in § 5, Tabelle 20, Kolumne I deutsch angeführt sind, 53 Schülern der 6. Klasse zugerufen. Ebenso wurden

¹⁾ J. Dauber, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 59. 1911. S. 196 f.

die Reinhold'schen Reizwörter, die sich ungarisch ebenfalls in § 1, deutsch in § 5, Tabelle 21, Kolumne I finden, 51 Schülern der 8. Klasse zugerufen; zum Vergleich sind aber nur die in § 2 angeführten 30 Reizwörter der vergleichenden Massenversuche verwendet worden, da auf diese Weise eine größere Konformität der Versuchsbedingungen der deutschen und ungarischen Versuche gegeben war.

I. Zuerst sollen die Ergebnisse der deutschen und ungarischen Versuche mit den Thumb-Marbeschen Reizwörtern untereinander verglichen werden.

Den quantitativen Vergleich gestattet Tabelle 10. In dieser Tabelle enthalten die Kolumnen der Reihe nach die drei charakteristischen Bevorzugungswerte mH_1 , mG und G der erstbevorzugten Reaktionen, und zwar stehen in jeder Kolumne in der ersten Hälfte die betreffenden Werte der deutschen Versuche, wie sie sich aus der Arbeit von Thumb und Marbe¹⁾ berechnen lassen, in der zweiten Hälfte die betreffenden Werte der ungarischen Versuche. Die ersten sechs Zeilen beziehen sich auf die sechs Wortgruppen, aus denen Thumb und Marbe ihre Reizwörter wählten, die letzte Zeile erstreckt sich auf sämtliche Reizwörter. Die Werte sind Mittelwerte aus den Einzelwerten der betreffenden Wortgruppen in Prozenten der Anzahl der Versuchspersonen.

Tabelle 10.

Vergleich deutscher und ungarischer Versuchsergebnisse mit den Thumb-Marbeschen Reizwörtern.

	mH_1		mG		G der bevorzugtesten Assoziation	
	deutsch	ungarisch	deutsch	ungarisch	deutsch	ungarisch
I. Verwandtschaftsnamen	46,3	22,3	85,0	59,5	90,0	100,0
II. Eigenschaftswörter . .	82,5	32,8	87,5	45,3	100,0	90,0
III. Fürwörter	52,5	25,0	71,3	36,8	100,0	100,0
IV. Ortsadverbien	53,7	25,4	68,8	39,0	100,0	55,6
V. Zeitadverbien	57,5	28,8	76,3	44,2	100,0	90,0
VI. Zahlwörter	63,7	30,0	87,5	50,2	100,0	100,0
Sämtliche Wörter	59,4	27,4	79,4	42,6	95,0	89,3

¹⁾ A. Thumb und K. Marbe. Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901. Tab. 3, S. 22; Tab. 7, S. 26; Tab. 10, S. 28; Tab. 14, S. 31; Tab. 18, S. 32; Tab. 22, S. 36.

Aus Tabelle 10 ist ersichtlich, daß

1. die hier untersuchten charakteristischen Werte in den ungarischen Versuchen viel kleiner (für mH_1 und mG fast nur halb so groß) sind als in den deutschen Versuchen. Das wird einerseits der ziemlich geringen Bevorzugungstüchtigkeit der Klasse 6, mit der die ungarischen Versuche unternommen wurden, zuzuschreiben sein, andererseits auch daher kommen, daß in den Versuchen von Thumb und Marbe alle Versuchspersonen Erwachsene waren, und da Erwachsene mehr bevorzugteste und bevorzugte Assoziationen haben als Kinder¹⁾, so ist anzunehmen, daß Erwachsene auch für die anderen Bevorzugungswerte günstigere Resultate zeigen.

2. Die relativen Bevorzugungswerte für die einzelnen Wortgruppen zeigen in beiden Sprachen eine bemerkenswerte Korrelation. Ordnet man die Wortgruppen hinsichtlich mH_1 und mG in abnehmende Wertreihen, indem man diejenige Gruppe an die erste Stelle setzt, die den größten bezüglichen Wert aufweist, an die zweite Stelle die Gruppe mit dem nächstkleineren Werte usf., so erhält man die Tabelle 11.

Tabelle 11.

Vergleichende Wertreihe der Bevorzugungswerte bei den Thumb-Marbeschen Reizwörtern.

Abnehmende Wertreihe		1	2	3	4	5	6
mH_1	deutsch	II	VI	V	IV	III	I
	ungarisch	II	VI	V	IV	III	I
mG	deutsch	VI	II	I	V	III	IV
	ungarisch	VI	II	V	I	IV	III

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß im Ungarischen wie im Deutschen die Eigenschaftswörter die größte Bevorzugungstendenz haben, wenn man diese Tendenz an der Größe von H_1 mißt; dann folgen in abnehmender Reihe im Deutschen sowie im Ungarischen Zahlwörter, Zeitadverbien, Ortsadverbien, Fürwörter, Verwandtschaftsnamen. Hinsichtlich der Übereinstimmung der Antworten mit dem Reizworte in der grammatischen Kategorie (wobei in der ersten Gruppe nur die Verwandtschaftsnamen, nicht alle Hauptwörter in Betracht kamen) stehen

¹⁾ Über die diesbezüglichen älteren Versuchsergebnisse berichtet G. M. Whipple, *Manual of Mental and Physical Tests*. 2. Aufl. Bd. 2. Baltimore. 1915. S. 60 ff. Vgl. auch F. Römer, *Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen*. Bd. 3. 1914. S. 70 ff.

im Ungarischen wie im Deutschen an erster Stelle die Zahlwörter, an zweiter die Eigenschaftswörter. Faßt man je zwei Wortgruppen in eine neue zusammen, so kommen an die dritte Stelle in beiden Sprachen die Zeitadverbien und Verwandtschaftsnamen und an die letzte Stelle die Ortsadverbien und Fürwörter.

In qualitativer Hinsicht können größtenteils in Übereinstimmung mit — teilweise als Ergänzung zu — den Feststellungen von Marbe¹⁾ folgende wichtigeren Sätze hervorgehoben werden:

1. Auf Verwandtschaftsnamen wird häufiger mit Verwandtschaftsnamen als mit irgend einer anderen Wortgruppe reagiert.

2. Verwandtschaftsnamen haben die Tendenz, ganz bestimmte andere Verwandtschaftsnamen zu assoziieren, aber in sehr verschiedenem Maße: am schwächsten die Reizwörter *Schwager* und *Schwägerin*. Das letztere Wort zeigte bei Marbe gar keine Bevorzugungstendenz.

3. Bei den Verwandtschaftsnamen sind die bevorzugtesten Reaktionen gegenseitig; d. h. nimmt man welches immer von beiden zum Reizwort, ist das andere die bevorzugteste Reaktion. Eine Ausnahme bildet nur *Schwester* (*nővér*), das aber eine im Ungarischen nicht sehr häufig gebrauchte künstliche Bildung ist.

4. Die Wörter *Bruder* und *Schwester* werden im Ungarischen wenig gebraucht, an ihrer Stelle gebraucht man *älterer Bruder*, *jüngerer Bruder*, *ältere Schwester*, *jüngere Schwester* (je ein Wort!), und zwar mit dem besitzanzeigenden Suffix (z. B. *bátyám* = *mein älterer Bruder*, *huga* = *seine jüngere Schwester* usw.). Auch diese Worte wurden denselben Versuchspersonen zugerufen, und auch für diese Reizworte bestätigten sich Marbes obige drei Thesen.

5. Die zweitbevorzugten Assoziationen auf Verwandtschaftsnamen gehören nur zum Teil (beiläufig zur Hälfte) der Gruppe der Reizworte an.

6. Auf Eigenschaftswörter wird häufiger mit Eigenschaftswörtern als mit irgend einer anderen Wortgruppe reagiert.

7. Die bevorzugtesten Assoziationen sind sämtlich mit Ausnahme von *jung-Mann* solche von entgegengesetzter Bedeutung. Das Reizwort *jung* wurde auch anderen Versuchspersonen-Gruppen zugerufen, und ausnahmslos war *alt* die bevorzugteste Reaktion. Auch bei der Klasse 6 war für *jung* die zweitbevorzugte Reaktion *alt* mit dem

¹⁾ A. Thumb und K. Marbe, Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901. S. 20—34.

Häufigkeitsindex 26,4, wobei für diese Wortgruppe der kleinste Index der erstbevorzugten Reaktionen 18,9 war.

8. Die zweitbevorzugten Reaktionen auf Eigenschaftswörter gehören zum kleinsten Teil der Gruppe der Reizwörter an (22,2 %); alle anderen sind Hauptwörter.

9. Auf Fürwörter wird häufiger mit Fürwörtern als mit irgend einer anderen Wortgruppe reagiert.

10. *Wir-ih*r, *dieser-jener*, *wer-was* assoziieren sich gegenseitig; bei Marbe: *wir-ih*r, *er-sie*, *dieser-jener*.

11. *Wir*, *ih*r, *wer*, *was* haben im Ungarischen neben den bisher verwendeten auch längere Formen, die ebenfalls zugerufen wurden. Es ergaben sich dieselben Regelmäßigkeiten, wie für die kürzeren Formen, nur waren die bevorzugtesten Reaktionen auch von der längeren Form und hatten kleinere Häufigkeitswerte als die kurzen Formen.

12. Die Ortsadverbien bevorzugen Worte der Reizwortgruppe.

13. Die hinweisenden Ortsadverbien (*hier*, *dort*, *hierher*, *dorthin*) haben die Tendenz, sich gegenseitig zu bevorzugen, und zwar die auf Näheres hinweisenden in stärkerem Maße als die anderen.

14. Bei dieser Wortgruppe kommt es öfter vor, daß die bevorzugteste Reaktion nicht der grammatischen Kategorie der Reizwortgruppe angehört, sondern eine Satzergänzung ist (z. B. *wohin* — *gehst du*). In allen diesen Fällen ist dann die zweitbevorzugte Reaktion ein Ortsadverb, und zwar mit einem relativ hohen Häufigkeitsindex. Übrigens scheint dieses Phänomen der Klasse 6 eigen zu sein.

15. *Hier* und *dort* wurde auch in einer viel gebrauchten längeren Form zugerufen, und da ergab sich als erstbevorzugte Assoziation ein Ortsadverb wiederum von einer längeren Form.

16. Auf Zeitadverbien wird häufiger mit Zeitadverbien reagiert als mit irgend einer anderen Wortgruppe.

17. Gegenseitig bevorzugen sich *wann-dann*, *heute-morgen*; bei Marbe außerdem noch *jemals-niemals*.

18. Die Tagesbezeichnungen assoziieren meistens das den folgenden Tag bezeichnende Wort. Sogar *morgen*, dessen bevorzugteste Reaktion *heute* ist, hat als zweitbevorzugte Assoziation *übermorgen* mit dem Häufigkeitsindex 13,2, wobei in derselben Wortgruppe der kleinste Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktion 7,6 ist.

19. Auf Zahlwörter von *eins* bis *zehn* wird mehr mit Zahlwörtern als mit irgend einer anderen Wortgruppe reagiert.

20. Bei Zahlwörtern von *eins* bis *zehn* als Reizworten kommen gegenseitige Bevorzungen überhaupt nicht vor. Ausnahmslos gilt die

Regel: Jedes Zahlwort von *eins* bis *neun* bevorzugt die nächstfolgende Zahl, *zehn* bevorzugt *zwanzig*.

21. Unter den zweitbevorzugten Reaktionen auf Zahlwörter befinden sich immer auch Zahlwörter, und zwar solche, die meist das Zweifache, dann auch das Zehnfache des Reizwortes, seltener die vorhergehende oder die zweitfolgende Zahl bezeichnen.

Es kann noch gefragt werden, ob die erstbevorzugten Assoziationen, in denen sich die Bevorzugungstendenz in qualitativer Hinsicht am stärksten ausspricht, im Deutschen und im Ungarischen dieselben sind. Das ist bei 42 von den 59 Reizwörtern der Fall, bei 17 hingegen sind die Erstbevorzugungen in den zwei Sprachen verschieden. Diese abweichenden erstbevorzugten Reaktionen enthält Tabelle 12, wo die Nummern neben den Reizwörtern diejenigen Ordnungszahlen sind, welche die betreffenden Worte in der Gesamtliste innehaben.

Tabelle 12.

Abweichende erstbevorzugte Reaktionen im Deutschen und Ungarischen bei den Thumb-Marbesschen Reizwörtern.

Reizwort	Bevorzugteste Reaktion deutsch	Bevorzugteste Reaktion ungarisch	Zweitbevorzugte Reaktion ungarisch
3. Sohn	Vater	Tochter	Kind
4. Tochter	Mutter	Sohn	schön
6. Schwester	Bruder	Geschwister	Bruder
9. Schwager	Bruder	Schwägerin	guter Wein
10. Schwägerin	—	Schwager	ich habe keine
16. jung	alt	Mann	alt
25. er	sie	wir	ist es
26. sie	er	wir	ihr
29. wer	er	was	ist es
30. was	das	wer	für eine Sache
32. woher	wohin	kommst	wohin
33. wohin	dahin	gehst	nirgendshin
38. dorthin	hierher	gehe ich	hierher
40. nirgends	überall	nicht	ist er
42. dann	wann	wenn	damals
43. jetzt	nie	dann	sogleich
44. niemals	jemals	nicht	immer

Wie ersichtlich, sind auch hier in fünf Fällen die erstbevorzugten Reaktionen der deutschen Versuche zweitbevorzugte im Ungarischen. Manche dieser Abweichungen würde einer Übereinstimmung Platz machen, wenn die ungarische Versuchspersonengruppe in betreff der

Bevorzugungsphänomene eine günstigere wäre; so ganz gewiß die Abweichung bei den Reizworten *woher, wohin, dorthin*. In anderen Fällen aber handelt es sich um Eigenheiten des Sprachgebrauches, der in den beiden Sprachgebieten ein verschiedener ist. Bei manchen Wörtern liegt dies auf der Hand; so bei den Reizworten *Sohn* und *Tochter*. Diese bedeuten im Ungarischen auch *Knabe* und *Mädchen*, und das begründet die gegenseitige Erstbevorzugung. Ferner: *sie* als Personalpronomen der dritten Person, Singular, feminin existiert im Ungarischen nicht; es wurde also im Versuch als dritte Person, Plural aufgefaßt und so zugerufen (*ők*); daraus erklärt sich sofort, daß die Erstbevorzugung im Ungarischen nicht *er* sein kann. Die abweichenden ungarischen erstbevorzugten Reaktionen auf *nirgends* und *niemals* (*-nicht*, Ung. *sehol-, sohasem*) erklären sich aus dem ungarischen Sprachgebrauch, welcher diese Adverbe durch das Wort *nicht* hervorhebend ergänzt.

II. Versuche mit Reinholdschen Reizwörtern.

Zum Vergleich wurden, wie schon erwähnt, nur die bei meinen vergleichenden Massenversuchen verwendeten 30 Reizwörter herangezogen. Versuchspersonen der ungarisch ausgeführten Versuche waren sämtliche an den Massenversuchen beteiligten Schüler, also 335 an der Zahl. Als Gesichtspunkte der Vergleichung kamen alle charakteristischen Bevorzugungswerte in Betracht, die für die ungarischen Versuche aus dem an sämtlichen Versuchspersonen gewonnenen Material berechnet sind, für die deutschen Versuche den Resultaten entnommen und teilweise neu berechnet sind, die Reinholds Arbeit¹⁾ mitteilt.

Einen quantitativen Vergleich gestattet Tabelle 13, wo die Kolonnen die verschiedenen charakteristischen Bevorzugungswerte enthalten, und zwar für die deutschen Versuche in der ersten, für die ungarischen in der zweiten Zeile. Sämtliche Werte sind als Mittel aus den 30 Reizworten in Prozenten der Zahl der Versuchspersonen berechnet.

Tabelle 13.

Vergleich deutscher und ungarischer Versuchsergebnisse.

	Zahl der Versuchspersonen	mH ₁	mH ₂	mH ₁ - mH ₂	mH	mG	mG der erstbevorzugten Reaktion	n	Nullfälle
deutsch	300	22,8	5,6	17,2	76,1	58,1	70,0	23,8	17,2
ungarisch	335	24,6	9,3	15,3	72,5	69,8	93,3	29,2	15,3

¹⁾ F. Reinhold, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 54. 1909. S. 187—204.

Nach der Tabelle 13 zeigt der Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktionen mH_1 in beiden Versuchen einen kleinen Unterschied zugunsten der ungarischen Versuchspersonen, die also eine kräftigere Bevorzugungstendenz an den Tag legen; mH hingegen, ebenso wie $mH_1 - mH_2$ hat einen kleinen Überschuß im Deutschen. Allerdings sind diese Unterschiede auffallend klein: 2 bis 4 %. Größer schon ist die Abweichung zu ungunsten der deutschen Versuchspersonen für mG und vollends für die Übereinstimmung der erstbevorzugten Reaktion mit dem Reizworte in der grammatischen Kategorie. Im Ungarischen gehören von den Erstbevorzugungen nur zwei einer anderen grammatischen Kategorie als das Reizwort an, im Deutschen dagegen 9 von den 30. Es ist nicht unmöglich, daß dieser bemerkenswerte Unterschied auf den Umstand zurückzuführen ist, daß die ungarischen Versuchspersonen Gymnasiasten sind, bei denen die intensivere humanistische Schulung eine Dauereinstellung auf grammatische Formen begünstigt. Hingegen ist n , d. i. die durchschnittliche Zahl sämtlicher auf ein Reizwort gegebener verschiedener Antworten, durch welche die Streuung der Assoziationstendenz charakterisiert wird, im Deutschen kleiner als im Ungarischen. Das dürfte teilweise mit dem Umstand im Zusammenhang stehen, daß im Deutschen viel mehr Nullreaktionen als im Ungarischen zu verzeichnen sind. (Dies wiederum hat vielleicht seinen Grund in der Versuchsanordnung, die möglicherweise bei Reinhold nicht in allen Stücken dieselbe war wie in den ungarischen Versuchen). Betrachtet man nämlich die Nullreaktionen so, als wenn sie isolierte Reaktionen wären (was wohl zulässig ist) und zählt sie den n zu, so erhält man für dieses reduzierte n im Deutschen 32,6 %, im Ungarischen 34,1 %; und diese Beträge bleiben innerhalb der bei den anderen Werten konstatierten Variationsgrenzen (2 bis 4 %).

Man kann also im Hinblick auf obige Feststellungen sagen: Bei einer genügend großen Versuchspersonenzahl sind die charakteristischen Bevorzugungswerte in den beiden Sprachgebieten (ungarisch und deutsch) nicht wesentlich verschieden, mit Ausnahme des Wertes mG .

Zum qualitativen Vergleich wurden nur die erst- und die zweitbevorzugte Reaktion herangezogen, da sich die Bevorzugungstendenz in den Bevorzugungen niedereren Ranges so schwach ausspricht, daß ein Vergleich auch auf diese hin schon a priori nicht viel Aussicht auf solidere Resultate hat, wenn nicht ganz andere, außerhalb der Absicht gegenwärtiger Arbeit gelegene Gesichtspunkte herangezogen werden.

Der Vergleich zeigte, daß von den 30 Reizwörtern im ungarischen Versuch 11 dieselbe erstbevorzugte Reaktion hatten wie im Deutschen, 3 dieselbe zweitbevorzugte Reaktion wie im Deutschen. Bei 4 Reizworten war die erstbevorzugte ungarische Reaktion gleich der zweitbevorzugten deutschen, bei 5 die zweitbevorzugte ungarische gleich der erstbevorzugten deutschen. Im ganzen gab es 20 solche Reizworte, bei denen die erst- oder die zweitbevorzugte Reaktion der ungarischen Versuche mit der erst- oder zweitbevorzugten Reaktion der deutschen Versuche übereinstimmte. Nur diese sollen im folgenden einer näheren Prüfung unterworfen werden. Sie sind in Tabelle 14 mitgeteilt, wo die Kolumnen der Reihe nach die Reizwörter, die erst- und zweitbevorzugten deutschen und die erst- und zweitbevorzugten ungarischen Reaktionen enthalten.

Tabelle 14.

Reizwörter	deutsch		ungarisch	
	erstbevorzugte Reaktion	zweitbevorzugte Reaktion	erstbevorzugte Reaktion	zweitbevorzugte Reaktion
7. brennen	Feuer	löschen	Feuer	flammen
8. Donner	Blitz	Gewitter	Blitzen	Blitz
9. Dorf	Stadt	klein	Stadt	Haus
13. Essig	Öl	sauer	Säure	sauer
15. Fleiß	Faulheit	Arbeit	Faulheit	Lernen
16. Frühling	Sommer	Blume(n)	Sommer	Herbst
20. kämpfen	Krieg	siegen	streiten	Krieg
22. Klavier	spielen	Violine	Violine	Musikinstru- ment
23. kochen	backen	braten	backen	essen
24. Lampe	Licht	brennen	Licht	Eisen
26. Montag	Dienstag	Sonntag	Dienstag	Mittwoch
27. Nachmittag	Vormittag	Abend	Vormittag	Abend
31. Ring	Finger	Gold	Reif	Finger
32. rufen	schreiben	kommen	kommen	rufen
33. Satz	Wort	Subjekt	Wort	Gedanke
36. spielen	Kind(er)	Ball	Ball spielen	Kind
37. Treppe	Stufe(n)	Geländer	Stufe	Haus
38. Turm	hoch	Spitze	hoch	Kirche
42. Wespe	Biene	stechen	Biene	Stich
46. zittern	beben	Angst	sich fürchten	beben

Sieht man sich um ein Kriterium der in dieser Liste an den Tag tretenden Beständigkeit um, so könnte man es zunächst dort suchen,

wo wir es für die Beständigkeit der Erstbevorzugungen bei verschiedenen Gruppen desselben Sprachgebiets fanden. Doch es zeigte sich, daß es unter den 20 Reaktionen im Ungarischen 9 solche gab, bei denen $H_2 > mH_1$ war, und darunter nur 4 gemeinsame, im Deutschen 15, darunter 8 gemeinsame. Reaktionen, in denen $H_2 > \frac{H_1}{2}$ ist, gab es im Ungarischen 16, darunter nur 6 gemeinsame, im Deutschen 14, darunter 7 gemeinsame. Also trifft die Beständigkeitsbedingung für Erstbevorzugungen verschiedener Gruppen desselben Sprachgebietes hier nicht zu, und somit läßt sich ein brauchbares quantitatives Kriterium überhaupt nicht angeben.

Qualitativ aber ergibt sich, daß sämtliche 20 Reaktionen unter folgende Gruppen restlos untergebracht werden können: 1. Es besteht zwischen dem Sinn des Reiz- und des erst- oder zweitbevorzugten Reaktionswortes ein Bedeutungsgegensatz oder eine auf sprachlicher Gewohnheit beruhende Folge. Wahrscheinlich bildet dies das sicherste Fundament für gemeinsame Bevorzugungen. Dieser Gruppe gehören 5 der obigen Reaktionen an (9, 15, 16, 26, 27 der Tabelle 14). 2. Reiz und Reaktion stehen im Verhältnis von Ding und Beschaffenheit (besonders häufig: Wirkendes und Wirkung, z. B. brennen-Feuer, Vogel-fliegt) in concretis. Hierher gehören die Reaktionen 7, 13, 20, 22, 24, 31, 36, 37, 38 der Tabelle 14. 3. Reiz und Reaktion stehen im Verhältnis eines sehr häufigen und naheliegenden sachlichen Nebeneinander oder Nacheinander in concretis, z. B. Donner-Blitz, rufen-kommen. Hierher gehören die vorhin nicht aufgezählten bevorzugten Reaktionen der Tabelle 14.

Da nun die Erfahrung in den gemeinsamen concretis auch bei verschiedenen Sprachgemeinschaften denselben Gang geht, finden in diesen Gebieten auch viel übereinstimmende Bevorzugungen statt. Weil aber nicht alle konkreten Reizwörter solche übereinstimmende Bevorzugungen haben, muß gesagt werden, daß der Weg, den die anschauliche Erfahrung durchmacht, in verschiedenen Sprachgebieten nicht immer der gleiche ist. So kann das Verhalten verschiedensprachlicher Massen hinsichtlich der bestbevorzugten Assoziationen Gesichtspunkte zur Charakterisierung der Psyche verschiedensprachiger Völker geben.

III. Gelegenheitsreaktionen.

Die Reinholdschen Reizwörter, wie sie zu Zwecken der Untersuchungen der Paragraphen 4 und 5 vollzählig der Klasse 8 zugerufen wurden, wurden auch daraufhin untersucht, wie gelegentliche Ereignisse und Verhältnisse die Bevorzugung beeinflussen. Es wurde nämlich gefragt,

inwiefern der Krieg sich in den Assoziationen, und besonders den Bevorzugungen spiegelt. Es ist bekannt, daß der Krieg weitgehende und nachhaltige Wirkungen auf das Seelenleben der Jugend zeitigt¹⁾. Nun ist es interessant, zu erfahren, daß unter den günstigsten Umständen (die in Frage kommende 8. Klasse ist die oberste unserer Gymnasien, deren meiste Schüler zur Zeit der Versuche vor der Musterung standen) von sämtlichen Reaktionen der 51 Schüler auf 46 Reizworte (zusammen 2346 Reaktionen) nur 41 (1,7%) derart waren, daß sie als mit den Kriegsereignissen im Zusammenhang stehend erachtet werden können — nicht müssen. Das sind die folgenden (das Reizwort kursiv): *Donner-Kanonen* ($H_3 = 5,9$), Pistole, Gewehr; *Dorf-Karpathen*, Hindenburgdorf; *Eisenbahn-Krieg*; *Fleiß-Serbien*; *gehen-in den Krieg*; *Milch-misère*, -mangel, es gibt keine; *kämpfen-Freiwilliger*, Prohászka, Serben, ich werde, muß man, fallen, warum?; *Klavier-Krieg*; *Ring-Eisen* ($H_3 = 9,8$), Eisenring, pro patria ($H_5 = 8,9$), 1914—15, Krieg, Chauvinist; *spielen-Soldat*; *Treppe-Kriegsmetall*; *Acker-Kriegsgefangener*; *Turm-Eiffel*, Lemberg; *verstehen-Orden*; *Vogel-Flugmaschine*; *Schlaf-Kuzmanek*; *zittern-Russe*, Jude. Darunter befinden sich also nur drei bevorzugte, und zwar dritten und niederen Ranges. Es wurde auch das Reizwort *Krieg* zugerufen; darauf erfolgte als bevorzugteste Reaktion *Friede* mit dem $H_1 = 37,3$. Die möglichen Gelegenheitsreaktionen waren: Bulgarien, Seele des . . . (Anspielung auf den Titel eines hervorragenden ungarischen Kriegsbuches des Bischofs Prohászka), Schrecken, Vaterlandsverräter, Hindenburg, schlecht, Russen, schrecklich. Zusammen 8, darunter gar keine bevorzugte.

Diese geringe Zahl der Gelegenheitsreaktionen unter besonders günstigen Umständen, selbst auf zweifellos gefühlsbetonte Reizworte, spricht für den Standpunkt derjenigen Forscher, die in der viel diskutierten Frage der assoziativen „Tatbestandsdiagnostik“ affektiven und okkasionellen Faktoren gegenüber die Sprachgeläufigkeit für den ausschlaggebenden Faktor in der Assoziation halten²⁾. Die abweichenden Ergebnisse von R. Schulze³⁾ sind wohl zum Teil der abweichenden

¹⁾ Vgl. *Jugendliches Seelenleben und Krieg*. Unter Mitwirkung von O. Bobertag, K. W. Dix, C. Kik usw. herausgegeben von W. Stern. Leipzig 1915. (Beiheft zur Zeitschrift für angewandte Psychologie und psychologische Sammelforschung.) Ferner: Verschiedene Publikationen im Jahrgang 1915 und 1916 der ungarischen Zeitschrift *A gyermek*.

²⁾ Siehe J. G. Schnitzler, *Zeitschrift für angewandte Psychologie* Bd. 2. 1909. S. 89 ff.

³⁾ R. Schulze *Österreichische Zeitschrift für Lehrerbildung*. Jahrg. 7. 1915. S. 242 f.

Versuchsordnung (Aschaffenburgs Versuch mit fortlaufenden Wortassoziationen), zum Teil aber dem Umstande zuzuschreiben, daß der Krieg im Unterricht der Volksschulen eine viel größere Rolle spielt als in der Mittelschule. H. Saedler¹⁾ kam in seinen Versuchen über den Einfluß von festlichen Veranstaltungen auf die Denktätigkeit der Schüler zu Resultaten, die mit meinen teils übereinstimmen, teils auch nicht.

§ 4. VERSUCHE MIT REIZWORTPAAREN.²⁾

Den Erörterungen dieses Paragraphen liegen Assoziationsversuche zugrunde, bei denen nicht, wie gewöhnlich, ein Reizwort, sondern deren zwei, ein Reizwortpaar, zugerufen wurde, mit der Instruktion, das Reizwortpaar anzuhören und dann das zunächst einfallende Reaktionswort zu notieren. Bei jedem Reizwortpaare bestand das erste Glied aus einem Wort der Liste von Thumb-Marbe oder von Reinhold, das zweite Glied war die erstbevorzugte Reaktion des ersten Gliedes, wie sie aus einem vorhergehenden einfachen Versuche gewonnen war. Diese vorhergehenden einfachen Versuche wurden für die Thumb-Marbeschen Reizworte an 53 Schülern der Klasse 6, für die Reinholdschen an 51 Schülern der Klasse 8 angestellt. Zu den Versuchen mit Reizwortpaaren wurden für die Thumb-Marbeschen Reizworte 49 Schüler der Klasse 7, für die Reinholdschen Reizwörter 44 Studenten herangezogen. Aus diesen Versuchen ging Tabelle 15 und 16 hervor.

Tabelle 15 enthält in Kolumne I die Reizwortpaare, deren erste Glieder die Thumb-Marbeschen einfachen Reizwörter sind, deren zweite Glieder die auf diese Reizwörter im einfachen Assoziationsversuche (wo auf ein Reizwort mit einem Reaktionswort geantwortet wird) erfolgten bevorzugtesten Reaktionen bilden. In Kolumne II findet man die bevorzugtesten Assoziationen, die sich im einfachen Assoziationsversuche auf die zweiten Glieder der in Kolumne I befindlichen Reizwortpaare ergeben. Diese Erstbevorzugungen sind dem mit der Klasse 6 veranstalteten einfachen Versuche entnommen. Wo sich für eine Nummer in Kolumne II ein Strich befindet, war eine Erst-

¹⁾ H. Saedler, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie und experimentelle Pädagogik. 12. Jahrg. 1911. S. 324 ff.

²⁾ Versuche mit Reizwortpaaren scheint zuerst M. Wertheimer in seinen Untersuchungen zur Tatbestandsdiagnostik gemacht zu haben. Archiv für die gesamte Psychologie. Bd. 6. 1906. S. 111 ff., die für ihn kein von anderen Versuchsansordnungen abweichendes Ergebnis lieferten. a. a. O. S. 117.

bevorzugung für das zweite Glied des betreffenden Reizwortpaares dem einfachen Versuche nicht zu entnehmen. Das war nur bei fünf unter den 59 zweiten Gliedern der Reizwortpaare der Fall. Kolumne III und IV enthält die auf das Reizwortpaar erfolgte erstbevorzugte Reaktion mit ihrem Häufigkeitsindex in Prozenten der 49 Versuchspersonen; Kolumne V und VI enthält die auf das Reizwortpaar gegebene zweitbevorzugte Reaktion mit ihrem Häufigkeitsindex, ebenfalls in Prozenten sämtlicher Reagierenden.

Ganz analog ist Tabelle 16 für die Reinhold'schen Reizworte angelegt. Nur enthält hier Kolumne II die Erstbevorzugungen für die zweiten Glieder der in Kolumne I angegebenen Reizwortpaare im einfachen Assoziationsversuche, welcher mit 50 Schülern der Klasse 8 einige Monate nach dem einfachen Versuche mit den Reinhold'schen Reizworten angestellt worden war.

Die gesperrt gedruckten Reizwortpaare in beiden Tabellen sind im einfachen Versuche gegenseitige Erstbevorzugungen, d. h.: Wenn man eines von beiden im einfachen Versuche als Reizwort gebraucht, so ist das andere die erstbevorzugte Reaktion dazu.

Tabelle 15.

I	II	III	IV	V	VI
Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die zweiten Glieder der Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₁	Zweitbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₂
1. Vater-Mutter	Vater	Sohn	30,6	Kind	14,3
2. Mutter-Vater	Mutter	Sohn	28,8	Kind	16,3
3. Sohn-Tochter ¹⁾	Sohn	Vater	12,2	Geschwister	10,2
4. Tochter-Sohn	Tochter	Geschwister ²⁾	22,5	Kind	14,3
5. Bruder-Schwester	Geschwister ²⁾	Geschwister ²⁾	46,9	Liebe	4,1
6. Schwester-Bruder	Schwester	Geschwister ²⁾	30,6	ich habe keinen ³⁾	6,1
7. Vetter-Base	Vetter	Schwager	8,2	Großmutter	8,2
8. Base-Vetter	Base	Verwandter	8,2	Großmutter	6,1
9. Schwager-Schwägerin	Schwager	Gevatter	10,2	Verwandter	8,2
10. Schwägerin-Schwager	Schwägerin	Gevatter	14,3	Verwandter	8,2

¹⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *Knabe-Mädchen*.

²⁾ Im Ungarischen Singular.

³⁾ Im Ungarischen ein Wort.

I	II	III	IV	V	VI
Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die zweiten Glieder der Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₁	Zweitbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₂
11. groß-klein	groß	riesig	18,4	mittelmäßig	10,2
12. klein-groß	klein	riesig	18,4	alt	6,1
13. leicht-schwer	leicht	gewichtig	26,5	Lektion	8,1
14. schwer-leicht	schwer	gewichtig	14,3	Last	10,2
15. alt-jung	alt	galtert	24,5	Mann	22,5
16. jung-Mann	—	alt	38,8	Mädchen	8,2
17. dick-dünn	dick	fett	10,2	mager	8,2
18. dünn-dick	dünn	fett	14,3	mager	10,2
19. weiß-schwarz	weiß	rot	14,3	ja-nein ¹⁾	10,2
20. schwarz-weiß	schwarz	grün	16,3	ja-nein ¹⁾	12,2
21. ich-du	er	er	75,5	wir	8,2
22. du-er	wir	wir	44,9	ich	30,6
23. wir-ihr	wir	sie	73,5	—	—
24. ihr-wir	ihr	sie	65,3	ich	6,1
25. er-wir	ihr	ihr	55,1	du	6,1
26. sie-wir	ihr	ihr	61,2	ich	12,2
27. dieser-jener	dieser	jener-dort ²⁾	73,5	dieser-dort ²⁾	4,1
28. jener-dieser	jener	jener-dort ²⁾	57,1	dieser-dort ²⁾	6,1
29. wer-was	wer	wer ³⁾	12,2	er	12,2
30. was-wer	was	jemand	20,4	niemand	8,2
31. wo-hier	dort ₁	dort ₁	20,4	dort ₂ ⁴⁾	18,4
32. woher-kommst	—	wohin gehst	12,2	von Hause ²⁾	10,2
33. wohin-nirgendshin	—	irgendwohin	42,9	überallhin	16,3
34. hier-dort ₁	hier	dort ₂ ⁴⁾	63,3	nirgends	4,1
36. dort-hier	dort ₁	dort ₂ ⁴⁾	44,9	nirgends	18,4
37. hierher-dorthin ₁	gehe ich ²⁾	dorthin ₂ ⁵⁾	40,8	nirgendshin	12,2
38. dorthin-gehe ich	—	ich komme zurück ²⁾	10,2	wohin	6,1
39. überall-nirgends	nicht	irgendwo	32,7	Gott	10,2
40. nirgends-nicht	—	irgendwo	24,5	überall	10,2
41. wann-dann	wenn	wenn	24,5	irgendeinmal	8,2
42. dann-wenn	—	morgen	10,2	gestern	8,2
43. jetzt-sogleich	—	sofort	14,3	sobald	12,2
44. nie-immer	nie	manchmal	6,1	cinmal	6,1
45. immer-nie	immer	einst	14,3	nicht	10,2
47. gestern-heute	morgen	morgen	65,3	vorgestern	4,1

1) Anspielung auf ein Gesellschaftsspiel: „schwarz — weiß — ja — nein“.

2) Im Ungarischen ein Wort.

3) Andere, längere Form als das *wer* im Reizwortpaar.

4) Längere Form von *dort₁*.

5) Längere Form von *dorthin₁*.

I	II	III	IV	V	VI
Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die zweiten Glieder der Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₁	Zweitbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₂
48. heute-morgen	heute	gestern	42,9	übermorgen	24,5
49. morgen-heute	morgen	gestern	46,9	übermorgen	6,1
50. kürzlich-gestern	heute	morgen	49,0	heute	14,3
51. eins-zwei	drei	drei	67,4	drei-vier	4,1
52. zwei-drei	vier	vier	44,9	Armselige ¹⁾	10,2
53. drei-vier	fünf	fünf	71,4	Zahl	6,1
54. vier-fünf	sechs	sechs	61,2	sieben	4,1
55. fünf-sechs	sieben	sieben	63,3	—	—
56. sechs-sieben	acht	acht	67,4	fünf	4,1
57. sieben-acht	neun	neun	71,4	—	—
58. acht-neun	zehn	zehn	61,2	Mann	4,1
59. neun-zehn	zwanzig	zwanzig	30,6	elf	20,4
60. zehn-zwanzig	dreißig	dreißig	73,5	—	—

Tabelle 16.

I	II	III	IV	V	VI
Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die zweiten Glieder der Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₁	Zweitbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₂
1. Acker-Sä(mann)	Acker	Bauer	15,9	Landmann	11,4
2. anziehen-aus-ziehen ²⁾	anziehen	Rock	4,6	was?	4,6
4. Aufgabe-schwer	leicht	leicht	6,8	Lösung	6,8
5. Baum ³⁾ -Stein	Eisen	Eisen	9,1	Statue	6,8
6. Blüte ⁴⁾ -Rose	Blume	Garten	15,9	Duft	6,8
7. brennen-Feuer	Wasser	Wasser	15,9	Holz	6,8
8. Donner-Blitz	Donner	Gewitter	15,9	Regen	13,6
9. Dorf-Stadt	Dorf	Gemeinde	11,4	Ort	4,6
10. Eisenbahn-Zug	Eisenbahn	Wagen	11,4	Reise	11,4
11. Ente-Gans	Ente	Braten	9,1	Geflügel	6,8
12. Erbse-Bohne	Erbse	Linse	27,3	Gemüse	9,1
13. Essig-sauer	bitter	Gurke	15,9	Wein	13,6

¹⁾ Mit dem Reizwortpaar zusammen Teil eines ungarischen Volksliedes.

²⁾ Bedeutet im Ungarischen auch: *niederlegen* — *aufnehmen*.

³⁾ Bedeutet im Ungarischen auch: *Holz*.

⁴⁾ Bedeutet im Ungarischen auch: *Blume* und wird zumeist in diesem Sinne gebraucht.

I	II	III	IV	V	VI
Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die zweiten Glieder der Reizwortpaare	Erstbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₁	Zweitbevorzugte Reaktionen auf die Reizwortpaare	H ₂
14. Ferien-Sommer	Winter	Pause	6,8	Ruhe	6,8
15. Fleiß-Faulheit	Trägheit	Student	20,5	Schüler	15,9
16. Frühling-Sommer	Winter	Herbst	45,5	Winter	4,6
17. Gedicht-Vers	Gedicht	Dichter	11,4	Prosa	11,4
18. gehen-gehen ₁ ¹⁾	gehen ₂ ¹⁾	gehen ₂ ¹⁾	15,9	spazieren	9,1
19. Geländer-Treppe	Stufe	Haus	11,4	Stock	9,1
20. kämpfen-streiten	für das Edelste ²⁾	Soldat	18,2	Krieg	6,8
21. Kirsche-Weichsel	sauer	Obst	18,2	Apfel	6,8
22. Klavier-Geige	Fiedelbogen	Musikinstrument	18,2	Zimbel	13,6
23. kochen-backen ³⁾	kochen	Köchin	9,1	essen	6,8
24. Lampe-Eisen	Metall	hängen ⁴⁾	20,5	Licht	6,8
25. Milch-Butter	Käse	Käse	18,1	baden	13,6
26. Montag-Dienstag	Mittwoch	Mittwoch	59,1	Sonntag	4,6
27. Nachmittag-Vormittag	Nachmittag	Morgen	11,4	Abend	9,1
28. Pfau-Feder	-stiel	Eitelkeit	13,6	Stolz	9,1
29. Quelle-Wasser	Feuer	Bach	9,1	erfrischend	4,6
30. Regen-Wasser	Feuer	Mantel	15,9	Schirm	11,4
31. Ring-Reif	Ring	Verlobung	13,6	Brautring	6,8
32. rufen-kommen	gehen	gehen	11,4	—	—
33. Satz-Wort	Rede	Sprachlehre	9,1	Rede	6,8
34. Schlaf-Traum	Schlaf	Bild	6,8	Bett	6,8
35. See-Ufer	sinkt	Wasser	15,9	spazieren	9,1
36. spielen-Kind	Mensch	es pflegt ⁵⁾	9,1	tut es gern ⁵⁾	4,6
37. Treppe-Stufe	Treppe	Stein	6,8	Stiege	6,8
38. Turm-Kirche	Turm	Kreuz	15,9	Glocke	13,6
39. verstehen-wissen	Lektion	Lektion	9,1	Wissenschaft	6,8
40. Vogel-fliegt	Vogel	Luft	11,4	Flügel	6,8
41. Weg-lang	kurz	Landstraße	11,4	kurz	4,6
42. Wespe-sticht	sticht	Geschwulst	13,7	Biene	11,4
44. Wurst-Leberwurst	Wurst	Abendmahl	11,4	Würstchen	6,8
45. Zimmer-Küche	Köchin	Speiskammer	15,9	Zimmermädchen	6,8
46. zittern-beben	sich fürchten ⁵⁾	sich fürchten	18,9	Furcht	13,6

¹⁾ *gehen*₁ und *gehen*₂ sind Synonyme zum Reizwort: *menni — járni — kelni*. *járni-kelni* zusammen bilden ein Zwillingswort und bedeuten: *umherwandeln*.

²⁾ Bildet im Ungarischen mit dem Reizwort *streiten* eine vielzitierte Phrase eines ungarischen Gedichtes.

³⁾ Im Ungarischen *sütni*, bedeutet da auch *braten*.

⁴⁾ Bezieht sich auf die bekannte Losung revolutionistischer Massen.

⁵⁾ Im Ungarischen ein Wort.

Diese beiden Tabellen zeigen zunächst, daß die Bevorzugungsphänomene auch bei der oben angegebenen Versuchsanordnung auftreten: Wenn man einer größeren Anzahl von Versuchspersonen nicht einfache Reizworte, sondern Reizwortpaare zuruft, und sie aufgefordert hat, mit einem ihnen unmittelbar nach Kenntnisaufnahme des Reizwortpaares einfallenden einzelnen Wort zu reagieren, gibt es für jedes Reizwortpaar ein bestimmtes Reaktionswort, mit dem mehr Versuchspersonen reagiert haben, als mit irgend einem anderen. Neben dieser erstbevorzugten Reaktion gibt es für jedes Reizwort auch bevorzugte Reaktionen niedrigeren Ranges. Die Wertigkeit der einzelnen Bevorzugungen, wie sie sich zahlenmäßig in den Häufigkeitsindices darstellt, ist für die verschiedenen Reizwortpaare eine sehr verschiedene. Es fragt sich nun zuerst, ob diese Häufigkeitsindices und die anderen als charakteristisch erkannten Bevorzugungswerte, verglichen mit den aus den einfachen Versuchen gewonnenen, irgend einen Aufschluß über die Beschaffenheit des zugrunde liegenden psychischen Prozesses geben.

Zu diesem Behufe wurde die Tabelle 17 berechnet. Hier beziehen sich die Zeilen auf vier charakteristische Bevorzugungswerte und zwei weitere Assoziationswerte, die Kolonnen auf die Reizworte von Thumb-Marbe und von Reinhold. Und zwar enthält jede Hauptkolonne zwei Werte: zuerst den betreffenden Bevorzugungswert, der sich aus den Versuchen mit Reizwortpaaren ergab, dann in der daneben stehenden Unterkolonne zum Vergleiche den betreffenden Wert, der mit denselben Reizworten in einfachen Versuchen gewonnen wurde.

Diese Vergleichswerte wurden für das Versuchsmaterial Reinholds auf folgende Weise bestimmt: zuerst wurde der betreffende charakteristische Wert aus demjenigen einfachen Versuche berechnet, in dem das erste Glied des Reizwortpaares als Reizwort diente. Dann wurde derselbe Wert aus denjenigen einfachen Versuchen festgestellt, in denen das zweite Glied des Reizwortpaares als Reizwort figurierte. Beide so gewonnenen Werte wurden mit Hilfe der aus Tabelle 1 ersichtlichen Vergleichswerte auf die Versuchspersonengruppe der Reizwortpaar-Versuche bezogen, d. h. es wurde gefragt, wieviel die betreffenden Werte betragen hätten, wenn die einfachen Versuche mit denselben Personen vorgenommen worden wären wie die Versuche mit Reizwortpaaren. Dies geschah so, daß die hier in Frage kommenden Werte zu den Normalwerten der Tabelle 1 in Proportion gesetzt wurden. Zum Beispiel ergab H_1 für die einfachen Versuche mit den Reinholdschen Reizworten in Klasse 8 26,6 %. Wie groß wäre

dieser Betrag geworden, wenn dieselben Versuche mit Klasse 9 (Studenten) angestellt worden wären? In den Normalversuchen der Tabelle 1 beträgt H_1 für Klasse 8: 22,6, für Klasse 9: 28,4. Es wird also die Proportion aufgestellt: $22,6 : 28,4 = 26,6 : x$, woraus $x = 33,4$. Also würde H soviel betragen haben, wenn man den Versuch mit Klasse 9 angestellt hätte. Ebenso wurden die charakteristischen Werte einzeln für die zweiten Glieder der Reizwortpaare aus dem einfachen Versuch auf die Versuchspersonengruppe 9 bezogen. So waren für jeden charakteristischen Wert aus den einfachen Versuchen zwei Beträge gewonnen, einer für das erste und einer für das zweite Glied des Reizwortpaares. Aus diesen zwei Werten wurde dann das Mittel genommen, und als Vergleichswert in die letzte Kolumne der Tabelle 17 eingesetzt. Für das Thumb-Marbesche Material wurden nur die Werte aus den Versuchen mit den ersten Gliedern der Reizwortpaare herangezogen, da die zweiten Glieder nur in denselben Versuchen zugerufen worden waren, und so eine erhebliche Korrektur des Vergleichswertes von dem eben geschilderten Verfahren nicht zu erwarten war.

Tabelle 17.

Charakteristische Bevorzugungswerte der Versuche mit Reizwortpaaren verglichen mit den Werten der einfachen Versuche.

	Thumb-Marbesche Reizwörter		Reinholdsche Reizwörter	
	Reizwortpaare	einfache Versuche	Reizwortpaare	einfache Versuche
mH_1	40,5	36,9	14,8	37,0
$mH_1 - mH_2$	30,0	24,5	5,0	25,5
mH	63,3	74,5	42,0	60,9
mG	71,0	56,5	59,1	72,4
Nullreaktionen	6,7	2,3	6,1	1,7
Mit mehr als einem Wort wurde reagiert	3,3	1,3	4,2	2,8

Aus Tabelle 17 kann folgendes festgestellt werden:

1. Bei beiden Gruppen ist im Doppelreizversuch mH beträchtlich kleiner als im einfachen Versuch. Also muß die allgemeine Tendenz, auf zugerufene Reize mit übereinstimmenden Antworten zu reagieren, kurz gesagt, die allgemeine Bevorzugungstendenz, für Reizwortpaare nicht unerheblich kleiner sein als für einfache Reizwörter. In diesem

Sinne kann auch gesagt werden, daß Reizwortpaare im Verhältnis zu einfachen Reizworten der Bevorzugungstendenz eine Hemmung entgegensetzen. Diese Hemmung scheint auch in dem Umstande zum Ausdruck zu kommen, daß

2. in so ziemlich demselben Verhältnis, wie es für die Werte von mH gilt, auch die Zahl der Nullreaktionen bei Reizwortpaaren größer ist als in den einfachen Versuchen. Nullreaktionen nämlich kommen so zustande, daß der Versuchsperson innerhalb der gegebenen beschränkten Zeit (in unserer Versuchsanordnung 5 Sekunden) kein Reaktionswort in den Sinn kommt, also der durch den Reiz anzuregende Assoziationsverlauf stockt. Die Tabelle lehrt, daß dies in Versuchen mit Reizwortpaaren viel häufiger der Fall ist als in solchen Versuchen, wo nur auf ein Reizwort zu reagieren ist.

3. Es wurde in den Doppelreizversuchen viel häufiger mit mehr als einem Wort reagiert als in den einfachen Versuchen. Das ist wohl so zu deuten, daß dem zugerufenen Reiz eine bevorzugende Tendenz auch in dem Sinne innewohnt, daß die Antworten sich auch in der äußeren Form dem Reiz anzupassen bestrebt sind. Man kann also sagen, daß Reizwortpaaren die Tendenz innewohnt, auch der Instruktion zuwider Reaktionswortpaare zu bevorzugen, und dies ist eine ähnliche Erscheinung, wie sie schon früher festgestellt wurde: Es besteht bei den einfachen Versuchen die Tendenz, mehr mit Worten von derselben Silbenzahl des Reizwortes als mit längeren oder kürzeren Worten zu reagieren¹⁾.

4. mH_1 und mG sowie der dem mH_1 koordinierte Wert $mH_1 - mH_2$ sind beim Thumb-Marbeschen Material für Reizwortpaare bedeutend größer als im einfachen Versuche, in den Versuchen mit dem Reinholdschen Material hingegen um vieles kleiner; so ist z. B. mH_1 hier dreimal kleiner. Diese charakteristischen Bevorzugungswerte zeigen also beim Vergleich mit den aus einfachen Assoziationsversuchen gewonnenen Werten für verschiedene Reizwortpaar-Gruppen kein eindeutiges Verhalten. Hieraus ist zu schließen, daß in Reizwortpaar-Versuchen bei verschiedenen Reizwortpaar-Gruppen nicht die gleichen Bevorzugungsfaktoren im Spiele sind.

¹⁾ A. Wreschner, Die Reproduktion und Assoziation von Vorstellungen. Ergänzungsband 3 der Zeitschrift für Psychologie. Leipzig 1907—1909. S. 41 f. Eine noch vollkommenere Übereinstimmung der Silbenzahl des Reizes und der Antwort hat für sinnlose Reizworte nachgewiesen W. Peters, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 56. 1910. S. 172 f.

Diese Folgerung ergibt sich auch, wenn man die Thumb-Marbeschen Reizwortpaare nach Wortgruppen gesondert betrachtet, wie dies für die einfachen Versuche in Tabelle 10 und 11 geschah. Diesem Zwecke dient Tabelle 17a, in der drei Bevorzugungswerte berücksichtigt sind: mH_1 , mH und mG , wclch letzterer nicht, wie in Tabelle 10 und in der Arbeit von Thumb und Marbe, unter dem Gesichtspunkt der engeren Wortgruppe (Verwandtschaftsnamen, Ortsadverbien, Zeitadverbien), sondern wie sonst in dieser Arbeit, im Sinne der allgemeinen grammatischen Kategorie festgestellt ist; für Gruppe I also ist angegeben, mit wieviel Hauptwörtern, für Gruppe IV und V mit wieviel Bestimmungswörtern reagiert wurde. Neben den betreffenden Werten für die Reizwortpaarversuche sind vergleichshalber in der benachbarten Kolumne auch die betreffenden Werte aus den einfachen Versuchen angegeben, und zwar bezogen auf die Versuchspersonengruppe der Reizwortpaarversuche, mit Hilfe der in Tabelle 17 angeführten reduzierten Mittelwerte. Zum Beispiel wird die Frage: wieviel Bevorzungen hätten die Verwandtschaftsnamen gehabt, wenn sie nicht der Klasse 6, sondern der Klasse 7 zugerufen worden wären, durch diese Proportion beantwortet: $54,1 : 74,5 = 47,5 : x$, woraus $x = 65,4$. Alle Werte sind auch hier Mittelwerte in Prozenten der Anzahl der Versuchspersonen.

Tabelle 17a.

Charakteristische Werte für Versuche mit Reizwortpaaren.
(Wortgruppen der Thumb-Marbeschen Liste.)

Wortgruppen der Reizworte von Thumb-Marbe	mH_1		mH		mG	
	Reiz- wort- paare	einfache Versuche	Reiz- wort- paare	einfache Versuche	Reiz- wort- paare	einfache Versuche
I. Verwandtschaftsnamen	37,3	30,0	47,8	65,4	81,4	66,4
II. Eigenschaftswörter . .	19,6	44,2	56,7	84,4	50,4	49,2
III. Fürwörter	53,9	33,7	69,2	72,4	79,8	55,1
IV. Ortsadverbien	32,4	34,2	60,2	78,2	70,6	47,6
V. Zeitadverbien	37,7	38,8	55,0	73,0	68,8	56,3
VI. Zahlwörter	61,2	40,4	70,8	73,6	73,5	60,8

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, zeigen gerade die Häufigkeitsindexe der erstbevorzugten Assoziationen, in denen sich der Stärkegrad der Bevorzugungstendenz kundtut, kein stetiges Verhalten bei den einzelnen Gruppen. H_1 ist für das Thumb-Marbesche Material

im ganzen größer bei den Versuchen mit Reizwortpaaren als beim einfachen Versuch. Betrachtet man aber die einzelnen Gruppen für sich, so sieht man, daß es im Reizwortpaarversuch für Eigenschaftswörter beträchtlich, für Adverbien etwas kleiner ist als im einfachen Versuch. mH ist für das ganze Material kleiner, ebenso auch für die einzelnen Gruppen; aber der Abstand zwischen den Versuchen mit Reizwortpaaren und denen mit einfachen Reizworten ist bei verschiedenen Gruppen ein sehr verschiedener: am kleinsten bei den Zahlwörtern (2,8), am größten bei den Adjektiven (27,7). Dasselbe gilt für mG , wo der kleinste Unterschied bei den Adjektiven (1,2), der größte bei den Ortsadverbien (23,9) sich zeigt.

Da aus dem Angeführten zur Genüge hervorgeht, daß die Eigenartigkeit der Reizwortpaar-Gruppe einen ausschlaggebenden Einfluß auf die Bevorzugungsphänomene ausübt, ist es angezeigt, einzelne solcher Reizwortpaargruppen einer gesonderten Untersuchung zu unterwerfen. Es soll im folgenden denjenigen Reizwortgruppen eine gesonderte Aufmerksamkeit gewidmet werden, in denen die Glieder der Reizwortpaare gegenseitig bevorzugteste Reaktionen in den einfachen Versuchen waren, dann solchen, in denen die beiden Teile des Reizwortpaares Glieder von Reihenfolgen sind, derart, daß im einfachen Versuche das erste Glied das zweite und dieses wieder das dritte am meisten bevorzugt. Endlich sollen vollwertige Reizwortpaare mit vollwertiger Bevorzugungstendenz, d. h. solche Reizwortpaare betrachtet werden, deren Erstbevorzungen im einfachen Versuche nach den Feststellungen des § 2 sich bei verschiedenen Versuchspersonengruppen als beständig erweisen.

A. Gegenseitig erstbevorzugte Assoziationen als Reizwortpaare. Hier sind diejenigen Bevorzungen berücksichtigt, die sich bei solchen Reizwortpaaren ergeben, welche im einfachen Versuch gegenseitig erstbevorzugte Assoziationen sind. Diese sind in den Tabellen 15 und 16 gesperrt gedruckt. Ihre Zahl beträgt in Tabelle 15: 26, in Tabelle 16: 16, zusammen 42.

Für diese Reizwortgruppe sind vier charakteristische Bevorzugungswerte berechnet und in Tabelle 18 zusammengestellt worden: mH_1 , $mH_1 - mH_2$, mH und die Nullreaktionen. Die Kolonnen beziehen sich gesondert auf das Thumb-Marbesche und das Reinholdsche Material (Tabelle 15 und 16), und zwar sind den auf diese Reizwortpaare bezüglichen Werten zum Vergleich in der benachbarten Kolonne immer auch diejenigen betreffenden Werte beigegeben, die aus sämtlichen Einzelwerten der betreffenden Gruppe gewonnen

werden, wenn man die gegenseitigen Erstbevorzugungen, also die zu untersuchenden Reizwortpaare, in Abzug bringt.

Tabelle 18.

Gegenseitig bevorzugteste Assoziationen als Reizwortpaare.

	Thumb-Marbesche Reizwörter		Reinholdsche Reizwörter	
	gegenseitig erstbevorzugte	andere	gegenseitig erstbevorzugte	andere
mH_1	26,7	54,3	12,1	16,5
$mH_1 - mH_2$	16,9	43,1	7,8	2,2
mH	55,3	71,8	42,5	41,6
Nullreaktionen	7,1	6,1	6,8	5,7

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, ist mH_1 für gegenseitig erstbevorzugte einfache Reizwörter als Reizwortpaare bei beiden Reizwortgruppen kleiner (beim Thumb-Marbeschen Material um die Hälfte) als bei den anderen Reizwortpaaren. $mH_1 - mH_2$ zeigt ein entgegengesetztes Verhalten für die beiden Reizwortpaargruppen. mH ist bei den Thumb-Marbeschen Reizworten beträchtlich kleiner, bei den Reinholdschen unmerklich größer für gegenseitig erstbevorzugte Reizwortpaare als für die anderen. Nullreaktionen haben beide Gruppen mehr bei gegenseitig erstbevorzugten als bei den anderen Reizwortpaaren.

Dieser Tatbestand läßt folgende Erklärung zu: Das Phänomen der Bevorzugung im allgemeinen besagt, daß für jedes Reizwort die Tendenz besteht, die Aufgabe mit einer bevorzugten Reaktion zu lösen. Am stärksten zielt diese Tendenz auf das erstbevorzugte Reaktionswort hin. Diese Tendenz inhäriert jedem einzelnen Wort. Nun ist bei einem Reizwortpaar, das aus sich gegenseitig an erster Stelle bevorzugenden Einzelreizwörtern besteht, gerade diese stärkste, auf die Erstbevorzugung gerichtete Tendenz sozusagen ausgeglichen, befriedigt, und so muß sich bei der Lösung der Aufgabe eine Behinderung, ein Stocken fühlbar machen: Hört die Versuchsperson das Wortpaar und soll sie es mit einem dritten Wort beantworten, so findet sie, daß das Wort, mit dem sie am liebsten auf das erstgehörte geantwortet hätte, ihr als zweites der Reizwörter zugerufen wurde, und was sie am leichtesten auf dieses geantwortet hätte, das war schon vorher

als Reiz ausgesprochen. So ist sie genötigt, anderweitig eine geeignete Antwort zu suchen.

Diese Behinderung tritt bei zeitmessenden Einzelversuchen wahrscheinlich in der verlängerten Assoziationsdauer zutage. Bei unseren Massenversuchen findet sie aber auch ihren numerischen Ausdruck:

1. In der größeren Anzahl der Nullreaktionen. Daß die Behinderung in einem gewissen Grade für die Versuche mit Reizwortpaaren überhaupt besteht, zeigt die verhältnismäßig ansehnliche Zahl der Nullreaktionen. Einige Versuchspersonen, die natürlich keine Ahnung von den Bevorzugungsphänomenen und überhaupt von den Wortassoziationsproblemen hatten, sagten spontan nach dem Versuche: Es ist viel schwieriger, auf ein Wortpaar als auf ein einziges Wort zu antworten; „es ist einem alles vorweg gesprochen und man fühlt sich wie zwischen zwei Pflöcke eingeeengt“.

2. In dem kleineren Betrag des Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktionen. Denn dadurch, daß für jedes Glied des Reizwortpaares der gangbarste Assoziationsweg, nämlich der der bevorzugtesten Assoziation, verlegt ist, muß sich die Assoziationstendenz auf Nebenwege, etwa die bevorzugten Reaktionen niedereren Ranges, begeben. So kann sie natürlich nicht mehr den bedeutenden Wert erlangen, den sie bei den einfachen Versuchen hatte.

Man kann versuchen, diesen Gedanken numerisch zum Ausdruck zu bringen. Es wurden aus den schon mehrfach erwähnten einfachen Versuchen mit den Reinholdsehen Reizwörtern folgende Berechnungen vorgenommen: Zuerst wurde der mittlere Häufigkeitsindex der zweitbevorzugten Reaktionen jener Reizwörter bestimmt, die in den Reizwortpaarversuchen als erste Glieder der gegenseitigen Erstbevorzugungen figurieren (es handelt sich hier um die in Tabelle 16 gesperrt gedruckten Reizwörter); dieser betrug 11,02 %. Dann wurde aus den einfachen Versuchen, welche mit den erstbevorzugten Reaktionen auf die Reinholdsehen Reizwörter als neuen Reizwörtern veranstaltet worden waren, ebenfalls der mittlere Häufigkeitsindex der zweitbevorzugten Reaktionen für diejenigen Worte festgestellt, welche in den hier betrachteten sich gegenseitig erstbevorzugenden Reizwortpaaren als zweites Glied fungierten. Dieser betrug 11,1 %. Dann wurde aus beiden das Mittel genommen (11,06 %), und da es aus Versuchen mit der 8. Klasse gewonnen war, mußte es mit Hilfe der Normaltabelle 1 auf die Versuchsgruppe der Reizwortpaarversuche mittels der Proportion $10,8 : 12,1 = 11,06 : x$ bezogen werden. Hieraus ist $x = 12,4$. Dieser reduzierte mittlere Wert der

Häufigkeitsindexe der zweitbevorzugten Reaktionen, die auf die einzelnen Glieder der gegenseitig erstbevorzugten Reaktionen im einfachen Versuch erfolgen, stimmt mit dem in Tabelle 18 angegebenen Häufigkeitsindex (12,1 %) der erstbevorzugten Reaktionen für Reizwortpaare ganz gut überein.

Aus unseren Überlegungen also ergab sich: Bilden gegenseitig erstbevorzugte Reaktionen des einfachen Versuches in einem neuen Versuche Reizwortpaare, so haben in diesen neuen Versuchen die erstbevorzugten Reaktionen denselben mittleren Häufigkeitswert wie ihre zweitbevorzugten Reaktionen im einfachen Versuche. Also kann gesagt werden, daß hier der Grad der Bevorzugungstendenz sich vom ersten auf den zweiten Rang verschiebt.

Für das Thumb-Marbesche Material sollte diese Prüfung nicht unternommen werden, teils weil diejenigen Reizworte, welche in den Reizwortpaaren das zweite Glied bilden, nicht alle regelrecht zugerufen worden waren, teils und hauptsächlich darum, weil die Versuchspersonengruppe, mit welcher die einfachen Versuche durchgeführt wurden, sich bei den vergleichenden Massenversuchen nicht als besonders günstig herausgestellt hatte.

Es wurde bei dieser Reizwortpaar-Gruppe in qualitativer Hinsicht untersucht, wie sich die auf die Reizwortpaare erfolgten bevorzugtesten Reaktionen zu den Bevorzugungen der einfachen Versuche verhalten. Das Ergebnis war:

Von den zusammen 42 gegenseitig erstbevorzugten Reizwortpaaren hatten 16 solche Erstbevorzugungen, die unter den Reaktionen der einfachen Versuche überhaupt nicht vorkommen. Zwei Erstbevorzugungen kamen in den einfachen Versuchen als isolierte Reaktionen vor; 7 solche gab es, die in den einfachen Versuchen Bevorzugungen niedereren (nicht ersten) Ranges des ersten Gliedes des Reizwortpaares waren, und 9 solche, die bevorzugte Reaktionen niedereren Ranges der zweiten Hälfte des Reizwortpaares waren; endlich 8 solche, welche im einfachen Versuch Bevorzugungen niedereren Ranges beider Hälften des Reizwortpaares waren. Also zusammen 24 Fälle, in denen die bevorzugteste Reaktion des Reizwortpaares eine bevorzugte Reaktion (niedereren Ranges) der einfachen Versuche waren. Aus diesem Befunde würde sich ergeben, daß die Erstbevorzugungen der Reizwortpaare bald vom ersten, bald vom zweiten Glied des Reizwortpaares abhängig sind, und zwar so ziemlich gleich häufig von jedem derselben.

B. Reihen-Bevorzugen. Hierher gehören solche Reaktionen, deren Reizwortpaare im Sprachgebrauch sich als Glieder einer Reihenfolge darstellen, d. h. bei welchen im Sprachgebrauch sehr häufig auf das erste Glied das zweite, auf dieses das dritte usf. genannt wird. Als solche Folgen konnten angesehen werden die Reizwortpaare 21, 22, 23, 25, 27, 34, 47, 48, 51 bis 60 der Tabelle 15 und die Reizwortpaare 16 und 26 der Tabelle 16.

In qualitativer Hinsicht fällt sofort auf, daß die erstbevorzugte Reaktion auf das Reizwortpaar das nächstfolgende Glied der Reihe ist. Die einzige Ausnahme ist Reizwortpaar 48 der Tabelle 15, wo auf *heute-morgen* nicht *übermorgen*, sondern *gestern* die bevorzugteste Reaktion ist. Es muß aber bemerkt werden, daß das Reizwortpaar auch der Gruppe der gegenseitig erstbevorzugten Reaktionen angehört, und im Reizwortpaarversuche die zweitbevorzugte Reaktion tatsächlich *übermorgen* ist mit dem Häufigkeitswerte 24,5, der die Hälfte von H_1 übersteigt.

Von Einzelheiten sei noch bemerkt: Auf *Frühling-Sommer* wird am häufigsten mit *Herbst* reagiert, während im einfachen Versuche die Reaktion auf das zweite Glied des Reizwortpaares, auf *Sommer, Winter* ist. Es ging also hier vom Wortpaare eine Determinierung aus, welche im Sinne der Fortsetzung der Reihe kräftiger wirkte, als in dem Falle, wo nur ein einzelnes Glied der Reihe zugerufen wurde. Bemerkenswert ist noch das Reizwortpaar 59 der Tabelle 15, *neun-zehn*, bei dem die erstbevorzugte Reaktion *zwanzig* mit dem Häufigkeitsindex 30,6 war; die zweitbevorzugte *elf* mit dem Häufigkeitsindex 20,4. Hier kommt die Verzweigung der Bevorzugungstendenz einmal im Sinne der Fortsetzung der einen Reihe, dann im Sinne der vom zweiten Gliede des Reizwortpaares ausgehenden anderen Reihe numerisch sehr gut zum Ausdruck.

Bei der quantitativen Untersuchung dieser Gruppe wurden diejenigen (sehr wenigen) Reaktionen nicht berücksichtigt, bei denen $H_2 > \frac{H_1}{2}$ war. Zuerst wurden wieder einige charakteristische Bevorzugungswerte berechnet. Diese sind in Tabelle 19 enthalten, wo den Werten der Reihenreaktionen vergleichshalber auch diejenigen betreffenden Werte beigegeben sind, die sich aus allen anderen Reaktionen mit Ausnahme der eben behandelten Reihenreaktionen ergeben.

Tabelle 19.

Glieder von Reihenfolgen als Reizwortpaare (Thumb-Marbesche Reizworte).

Charakteristische Werte	mH_1	$mH_1 - mH_2$	mH	Nullreaktionen
für Reihen	61,5	54,0	70,6	3,9
für die anderen Reizwortpaare	25,5	15,0	61,4	7,8

Bezeichnend ist für diese Gruppe im Gegensatz zu der vorher behandelten, daß H_1 und dementsprechend $mH_1 - mH_2$ im Vergleich zu den anderen Reaktionen sehr groß ist, ebenso auch mH ziemlich groß, hingegen die Zahl der Nullreaktionen beträchtlich kleiner ist als bei den anderen. Das deutet darauf hin, daß Reizwortpaaren, die aus Reihen bestehen, eine stärkere Bevorzugungstendenz innewohnt, als irgend einer anderen Gruppe von Reizwortpaaren.

Um den Stärkegrad dieser Bevorzugungstendenz, wie sie sich auch hier in erster Reihe in der bevorzugtesten Reaktion kundgibt, numerisch festzustellen, wurde die Annahme gemacht, daß die Bevorzugungstendenz auf das Reaktionsglied der Reihe nicht nur von dem unmittelbar vorausgehenden zweiten Reizglied, sondern auch vom ersten Reizglied über das zweite hinweg¹⁾ auf das Reaktionsglied wirkt, und somit im Reizwortpaarversuche mit Reihen das bevorzugteste Reaktionswort einer resultierenden Bevorzugungstendenz unterliegt, die jedenfalls größer sein muß als ihre Komponenten, das sind die Bevorzugungstendenzen der einzelnen Glieder der Reizwortreihe. Nun könnte man vermuten, daß jedes Glied der Reizwortreihe die ihr innewohnende Bevorzugungstendenz auswirkt und somit die vom Reihenpaar ausgehende Bevorzugungstendenz gleich der arithmetischen Summe der von den einzelnen Gliedern der Folge im einfachen Versuche ausgehenden Wirkung ist. Dieser Vermutung gemäß wurde der Wert mH_1 aus den einfachen Versuchen für das erste und für das zweite Glied der Reizwortreihe berechnet, auf die Versuchspersonengruppe der Reizwortpaarversuche bezogen und addiert. Er beträgt 80,4%. Der Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktionen der Reizwortreihen ist nur 61,5%; also nur etwa ein Dreiviertel des theoretisch berechneten Betrages. Also trifft es nicht ganz zu, daß in der

¹⁾ Vgl. H. Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie. Bd. 1. 3. Aufl. Bearbeitet von E. Dürr. Leipzig 1911. S. 061

Reizwortreihe jedes Glied mit seiner ganzen Bevorzugungstendenz wirkt, und es kann in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Gedächtnisversuche¹⁾ angenommen werden, daß es das erste Glied ist, dessen Bevorzugungstendenz über das zweite Glied hinaus schwächer wirkt als für sich allein.

Aus den bisherigen Untersuchungen ergab sich, daß gegenseitig erstbevorzugte Assoziationen als Reizwortpaare den Grad der Bevorzugungstendenz auf das Niveau der zweitbevorzugten Reaktionen der mit den Gliedern der Reizwortpaare vorgenommenen einfachen Versuche herabdrücken, Reizwortreihen es hingegen beinahe auf das Dreiviertel der Summe der einfachen Bevorzugungstendenzen erheben. Hiermit ist der numerische Beweis dafür erbracht, daß eine so inhomogene Reizwortpaargruppe, wie die von Thumb und Marbe, kein einheitliches Verhalten hinsichtlich der charakteristischen Bevorzugungswerte zeigen kann.

C. Es sollte noch untersucht werden, wie die Bevorzugungstendenz sich dann geltend macht, wenn das Reizwortpaar aus vollwertigen Gliedern besteht, d. h. aus solchen Reizwörtern, die bei verschiedenen Versuchspersonengruppen beständige Erstbevorzugungen haben.

Es wurden daher solche Reizwortpaare herangezogen, deren Glieder weder gegenseitig erstbevorzugte Reaktionen, noch Reihen, aber derart waren, daß das zweite Glied des Reizwortpaares im einfachen Versuch mit verschiedenen Massen die erstbevorzugte Reaktion des ersten ist und auch das zweite Glied im einfachen Versuche eine beständige Erstbevorzugung hat. Solche gab es leider sehr wenig: in Tabelle 15 nur 4, so daß es sich nicht lohnte, sie numerisch in Betracht zu ziehen; in Tabelle 16 fanden sich ihrer 7 (7, 13, 18, 24, 29, 32, 33). Bei diesen war die mittlere Variation der H_1 derart (3,5 für den mittleren Wert 13,9; höchster Wert 20,5, kleinster 9,1, Zentralwert 15,9), daß die numerische Bearbeitung noch einen Sinn hatte. Es wurde zuerst der mittlere Häufigkeitswert der Erstbevorzugungen für diese Gruppe von Reizwortpaaren bestimmt und dafür der Wert 13,9 gefunden. Dann wurden die mittleren Häufigkeitsindexe der Erstbevorzugungen der ersten und der zweiten Glieder der Reizwortpaare berechnet, das arithmetische Mittel aus beiden Werten genommen und mit Hilfe der Normalwerte der Tabelle 1 auf die Versuchspersonengruppe der Reizwortpaarversuche bezogen. Dieser Wert ist: 45,7 %.

¹⁾ Vgl. A. Ebbinghaus, Über das Gedächtnis. Leipzig 1885. S. 130 ff. Derselbe, Grundzüge der Psychologie. Bd. 1. 3. Aufl. Bearbeitet von E. Dürr. S. 665. Vgl. auch G. E. Müller und F. Schumann, Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. 6. 1894. S. 130 ff.

Das ist mehr als dreimal soviel als 13,9%, dem Wert von mH_1 der Reizwortpaar-Versuche. Das besagt mit anderen Worten:

Werden Reizwortpaare so gebildet, daß das zweite Glied des Wortpaares die erstbevorzugte Reaktion des ersten Gliedes im einfachen Versuch ist, und sind beide vollwertig bevorzugende Reizwörter im einfachen Versuch, so sinkt die Bevorzugungstendenz des Reizwortpaares auf ein Drittel der Bevorzugungstendenz der einzelnen Glieder. Was auch so interpretiert werden kann: In diesem Falle kann die Erstbevorzugung (und damit überhaupt die Assoziations-tendenz) vom ersten oder vom zweiten Gliede des Wortpaares oder von beiden abhängig sein. Nimmt man an, daß alle drei Faktoren die Richtung der Bevorzugungstendenz in gleichem Maße beeinflussen, so kann man auch sagen: In diesem Falle sinkt die Wahrscheinlichkeit einer Assoziationsbevorzugung auf ein Drittel derjenigen, welche einem vollwertig bevorzugenden einfachen Reizworte innewohnt.

Es wurde auch gefunden, daß für diese Gruppe von Reizwortpaaren mH , der allgemeine Häufigkeitsindex, kaum halb so groß ist, wie der auf die oben geschilderte Weise für das einzelne Glied des Reizwortpaares berechnete, der, auf die Versuchspersonengruppe der Reizwortpaarversuche bezogen, 67,0% beträgt, während er für die Reizwortpaare 37,6 ist. Also erleiden alle Bevorzugungsrichtungen, nicht nur diejenigen ersten Ranges, eine starke Hemmung.

§ 5. VERSUCHE ÜBER DOPPELASSOZIATIONEN.

In den Versuchen, die diesem Paragraphen zugrunde liegen, wurde je ein Reizwort zugerufen und die Aufgabe gestellt, mit den zwei Worten zu reagieren, welche den Versuchspersonen unmittelbar nach Vernehmen des Reizwortes einfallen. Die Versuchspersonen für die Reinhold'schen Reizworte (Tabelle 21) waren 50 Schüler der Klasse 7, für die Thumb-Marbeschen Reizworte (Tabelle 20) waren es 44 Schüler der Klasse 8.

In den folgenden Erörterungen soll „Doppelassoziation“ oder „Assoziationspaar“ oder „Reaktionspaar“ eine der Instruktion gemäßige Antwort auf ein zugerufenes Reizwort heißen. Jede Doppelreaktion besteht aus zwei Halbreaktionen. Wurde nicht der Instruktion gemäß mit zwei Worten reagiert, sondern nur mit einem, so soll diese halbe Antwort eine „Halbnullreaktion“ heißen. Von einer bevorzugten Doppelreaktion wollen wir sprechen, wenn auf ein Reizwort mehr als eine Versuchsperson mit demselben Wortpaare geantwortet hat. Diesen

bevorzugten Doppelreaktionen sollen auch solche Wortpaare zugezählt werden, die aus denselben Einzelworten (Halbreaktionen), aber in umgekehrter Folge, bestehen. Eine „bevorzugte Halbreaktion“ soll eine solche Halbreaktion genannt werden, welche in mehr als einer auf ein Reizwort gegebenen Doppelreaktion vorkommt, ungeachtet der anderen Hälfte der betreffenden Doppelreaktion. Endlich ist eine bevorzugte Halbnullreaktion“ ein solches der Instruktion entgegen abgegebenes einzelnes Reaktionswort, mit welchem mehr als eine Person das betreffende Reizwort beantwortet hat.

„Erst-“, „zweit“- usw. „bevorzugt“ soll hier denselben Sinn haben wie in den vorhergehenden Erörterungen. Eine „Satzergänzung“ oder „satzbildende Reaktion“ soll hier eine solche Reaktion heißen, die für sich oder zusammen mit dem Reizwort einen Satz bildet. Ist die Doppelreaktion zwar kein Satz, aber doch derart, daß ihre Teile in irgend einem syntaktischen Verhältnis stehen, so wollen wir von einer „syntaktischen Verbindung“ sprechen. So wären z. B. Epitheton-Nomen, Besitz und Besitzer, transitives Zeitwort und Gegenstand usw. syntaktische Verbindungen. „Literarische Reminiszenzen“ endlich sollen solche Reaktionen genannt werden, die einem Gebildeten für sich oder zusammen mit dem Reizworte sofort als Zitate aus Dichtern, Liedern, Sprüchen u. dgl. erscheinen.

Tabelle 20.

I Thumb-Marbesche Reizwörter	II Erstbevorzugte Reaktionen der Thumb-Marbeschen Reizwörter und deren Erstbevorzugungen im einfachen Versuch	III Erstbevorzugte Doppelreaktionen	IV H ₁
1. Vater	Mutter-Vater	Sohn-Heiliger Geist	35,6
2. Mutter	Vater-Mutter	Vater-Kind	11,1
3. Sohn ¹⁾	Tochter-Sohn	Tochter-Weib	8,9
4. Tochter ²⁾	Sohn-Tochter	Sohn-Kind	11,1
5. Bruder	Schwester-Geschwister ³⁾	Schwester-Geschwister	20,0
6. Schwester	Geschwister	Bruder-Geschwister ³⁾	11,1
7. Vetter	Base-Vetter	Base-Tantl	6,7

¹⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *Knabe*.

²⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *Mädchen*.

³⁾ Im Ungarischen *sing*.

Über die allgemeinen qualitativen und quantitativen Bevorzugungsverhältnisse geben Tabelle 20 und 21 Aufschluß. In diesen Tabellen enthält Kolumne I die Thumb-Marbeschen bzw. die Reinholdschen Reizwörter, die den zwei Versuchspersonengruppen mit der Aufforderung zugerufen wurden, nach dem Vernehmen des Reizwortes mit einem Wortpaar zu reagieren. Kolumne II enthält in jeder Zeile ein Wortpaar, dessen erste Hälfte die erstbevorzugte Reaktion auf das in Kolumne I stehende Reizwort im einfachen Versuche ist. Das zweite Glied des Wortpaares der Kolumne II ist ebenfalls eine erstbevorzugte Assoziation, die man im einfachen Versuche dann erhält, wenn man das erste Glied als Reizwort zuruft. Kolumne III und IV enthält das erstbevorzugte Reaktionswortpaar mit seinem Häufigkeitsindex in Prozenten, in Kolumne V und VI steht das zweitbevorzugte Reaktionswortpaar mit seinem Häufigkeitsindex, in Kolumne VII und VIII die erstbevorzugte Halbreaktion, d. h. dasjenige Wort, welches in den auf ein Reizwort gegebenen Antworten am häufigsten vorkommt, ohne Rücksicht darauf, ob an erster, an zweiter Stelle oder als Halbnullreaktion und auch ohne Rücksicht auf das andere Wort in dem betreffenden Reaktionswortpaar, und ihr Häufigkeitsindex. In Kolumne IX und X steht die zweitbevorzugte Halbreaktion und ihr Häufigkeitsindex.

Tabelle 20.

V	VI	VII	VIII	IX	X
Zweitbevorzugte Doppelreaktionen	H ₂	Erst- bevorzugte Halb- reaktionen	H ₁	Zweitbevorzugte Halb- reaktionen	H ₂
Vater-Mutter	4,4	Sohn	47,7	Geist	36,4
Vater-Sohn	6,7	Vater	40,9	Kind	18,2
Mädchen-jung	6,7	Tochter	72,7	Kind	11,4
Knabe-Weib	4,4	Knabe	40,9	Kind	15,9
älterer Bruder ¹⁾ -jüngerer Bruder ¹⁾	6,7	Schwester ²⁾	36,4	Geschwister	22,7
Geschwister-mein älterer Bruder ¹⁾	4,4	Geschwister	27,3	Mädchen	13,6
—	—	Base	40,9	Verwandter	6,8

¹⁾ Im Ungarischen ein Wort.

²⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *Mädchen*.

I Thumb-Marbe- sche Reizwörter	II Erstbevorzugte Reaktionen der Thumb-Marbeschen Reizwörter und deren Erst- bevorzungen im ein- fachen Versuch	III Erstbevorzugte Doppelreaktionen	IV H ₁
8. Base	Vetter, Base	Vetter-Tantl	6,7
9. Schwager	Schwägerin-Schwager	—	—
10. Schwägerin	Schwager-Schwägerin	Schwägerin-Schwager	6,7
11. groß	klein-groß	klein-winzig	6,7
12. klein	groß-klein	groß-lang	6,7
13. leicht	schwer-leicht	schwer-gewichtig	17,8
14. schwer	leicht-schwer	leicht-gewichtig	4,4
15. alt	jung-Mann	Mann ist kein Greis ¹⁾	13,3
16. jung	Mann —	alt-gealtert	40,0
17. dick	dünn-dick	dünn-mager	6,7
18. dünn	dick-dünn	Bretterzaun ²⁾	28,9
19. weiß	schwarz-weiß	schwarz-gelb	8,9
20. schwarz	weiß-schwarz	weiß-grün	13,3
21. ich	du-er	du-er	66,7
22. du	er-wir	ich-er	17,8
23. wir	ihr-wir	ihr-sie	46,7
24. ihr	wir-ihr	wir-sie	42,2
25. er	wir-ihr	wir-ihr	15,6
26. sie	wir-ihr	wir-ihr	35,6
27. dieser	jener-dieser	jener-jener dort ³⁾	33,3
28. jener	dieser-jener	jener dort ³⁾ -dieser dort ³⁾	13,3
29. wer	was-wer	steht-dort ⁴⁾	17,8
30. was	wer-was	wer denn ³⁾ -wo	6,7
31. wo	hier-dort	nirgends-irgendwo	6,7
32. woher	kommst —	wohin-wohinaus	11,1
33. wohin	gehst —	wohinaus-bis wohin ³⁾	15,6
34. hier	dort-hier	dort ₁ -dort ₂ ⁵⁾	31,1
36. dort	hier-dort	wo die Maros ²⁾	13,3
37. hierher	dorthin-gehe ich	dorthin-dorthin ₂ ⁵⁾	35,6
38. dorthin ₁	gehe ich ³⁾	hierher-dorthin ₂ ⁵⁾	6,7
39. überall	nirgends-nicht	nirgends-irgendwo	4,4
40. nirgends	nicht —	irgendwo-dort	4,4

¹⁾ Mit dem Reizwort zusammen im Ungarischen ein Sprichwort: „Ein alter Mann ist nicht auch schon ein Greis“.

²⁾ Mit dem Reizwort zusammen Anfang eines ungarischen Volksliedes.

³⁾ Im Ungarischen ein Wort.

⁴⁾ Mit dem Reizworte zusammen Anfang eines vielgelernten ungarischen Gedichtes.

⁵⁾ Synonyme zu dort₁, dorthin₁.

V	VI	VII	VIII	IX	X
Zweitbevorzugte Doppelreaktionen	H ₂	Erst- bevorzugte Halb- reaktionen	H ₁	Zweitbevorzugte Halb- reaktionen	H ₂
Vetter-Verwandter	4,4	Vetter	40,9	alt	15,9
—	—	Schwägerin	20,5	Gevatter	13,6
Schwager-Verwandter	4,4	Schwager	31,8	Schwägerin	15,9
—	—	klein	40,9	winzig	6,8
groß-hoch	4,4	groß	36,4	lang	6,8
schwer-Gewicht	6,7	schwer	59,1	gewichtig	18,2
gewichtig-Last	4,4	leicht	34,1	gewichtig	18,2
jung-gealtert	8,9	gealtert	40,9	jung	31,8
alt-Weib	11,1	alt	65,9	gealtert	45,5
dünn-lang	4,1	dünn	50,0	mager	11,4
dick-kurz	4,4	dick	36,4	Zaun	31,8
rot-grün	6,7	schwarz	54,5	rot	15,9
weiß-ja	11,1	weiß	52,3	grün	18,2
—	—	du	70,5	er	68,2
er-wir	4,4	er	29,5	ich	20,5
—	—	ihr	59,1	sie	59,1
—	—	wir	54,5	sie	45,5
ich-du	13,3	wir	22,7	ihr	18,2
—	—	wir	40,9	ihr	38,6
jener-dieser dort ¹⁾	4,4	jener	54,5	jener dort ¹⁾	43,2
dieser-jener dort ¹⁾	8,9	jener dort ¹⁾	43,2	dieser dort ¹⁾	15,9
was-was denn	13,3	was	40,9	dort	18,2
wer denn ¹⁾ -jemand	4,4	wer	47,7	für eine Sache ¹⁾	11,4
es war irgendwo-oder ²⁾	4,4	nirgends	18,2	irgendwo	13,6
wohinaus-bis wohin ¹⁾	4,4	wohin	22,7	wohinaus	15,9
wohinaus-gehst	4,4	wohinaus	29,5	bis wohin	15,9
dort ₁ -dahier	6,7	dort ₁	45,5	dort ₂ ³⁾	40,9
hier-dort ₂ ³⁾	6,7	wo	40,9	dort ₂ ³⁾	25,0
dorthin ₁ -daher	8,9	dorthin ₁	59,1	dorthin ₂ ⁴⁾	36,4
will ich ¹⁾ -gehen	4,4	wohin	15,9	hierher	9,1
—	—	nirgends	25,0	irgendwo	6,8
—	—	irgendwo	25,0	dort	20,5

¹⁾ Im Ungarischen ein Wort.

²⁾ Im Ungarischen (hol volt, hol nem volt) gewöhnlicher Anfang der Volksmärchen.

³⁾ Synonym zu dort₁.

⁴⁾ Synonym zu dorthin₁.

I Thumb-Marbesche Reizwörter	II Erstbevorzugte Reaktionen der Thumb-Marbeschen Reizwörter und deren Erst- bevorzungen im Ein- fachen Versuch	III Erstbevorzugte Doppelreaktionen	IV H ₁
41. wann	dann-wenn	der Abend zu erzählen ¹⁾	17,8
42. dann	wenn-dann	wann-wenn	4,4
43. jetzt	dann-wenn	oder-nie	26,7
44. nie	nicht —	sprach der Rabe ²⁾	11,1
45. immer	nie-nicht	nie-nirgends	4,4
46. jemals	nie-nicht	vor alten Zeiten ³⁾	35,6
47. gestern	heute-morgen	heute-morgen	22,2
48. heute	morgen-heute	morgen-übermorgen	17,8
49. morgen	heute-morgen	heute-gestern	13,3
50. kürzlich	gestern-heute	gestern-morgen	20,0
51. eins	zwei-drei	zwei-drei	51,1
52. zwei	drei-vier	drei-vier	48,9
53. drei	vier-fünf	vier-fünf	46,7
54. vier	fünf-sechs	fünf-sechs	37,8
55. fünf	sechs-sieben	sochs-sieben	44,4
56. sechs	sieben-acht	sieben-acht	46,7
57. sieben	acht-neun	acht-neun	31,1
58. acht	neun-zehn	neun-zehn	48,9
59. neun	zehn-zwanzig	zehn-elf	28,9
60. zehn	zwanzig —	zwanzig-dreißig	62,2

Tabelle 21.

I Reinholdsche Reizwörter	II Erstbevorzugte Reaktionen der Reinhold'schen Reiz- wörter und deren erst- bevorzugte Reaktionen im einfachen Versuche	III Erstbevorzugte Doppelreaktionen	IV H ₁
1. Acker	Sä-, Acker	Sä(mann)-Pflug	12,0
2. anziehen ⁴⁾	ausziehen ⁵⁾ -anziehen ⁴⁾	ausziehen ⁵⁾ -(weg)tragen	12,0
4. Aufgabe	schwer-leicht	Lektion-Beispiel	8,0

¹⁾ Mit dem Reizwort zusammen Anfang eines neueren vielgesungenen Liedes.

²⁾ Mit dem Reizwort zusammen Refrain des bekannten Gedichtes von Edgar Poe.

³⁾ Im Ungarischen *réges-régen*, ein Zwillingswort.

⁴⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *aufheben*.

⁵⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *niederlegen*.

V	VI	VII	VIII	IX	X
Zweitbevorzugte Doppelreaktionen	H ₂	Erstbevorzugte Halbreaktionen	H ₁	Zweitbevorzugte Halbreaktionen	H ₂
niemals-nie	4,4	der Abend	29,5	zu erzählen	18,2
wenn-einmal	4,4	wann	27,3	jetzt	11,4
dann-wann	4,4	nie	34,1	oder	27,3
Rabe-Finály ¹⁾	6,7	Rabe	22,7	immer	20,5
semper-immer	4,4	nie	43,2	manchmal	6,8
—	—	vor alten Zeiten	59,1	niemals	20,5
heute-vorgestern	6,7	morgen	49,1	heute	34,1
gestern-vorgestern	6,7	morgen	63,6	gestern	27,3
übermorgen-nachher	11,1	übermorgen	25,0	gestern	20,5
gestern-vorgestern	6,7	gestern	34,8	morgen	22,7
von den-vielen	4,4	zwei	56,8	drei	56,8
drei Armselige ²⁾	11,1	vier	59,1	drei	52,3
Äpfel und ein halber ³⁾	8,9	vier	61,4	fünf	54,5
—	—	fünf	43,2	sechs	13,6
—	—	sechs	50,0	sieben	47,7
—	—	sieben	54,5	acht	52,3
Monat-Jahr	6,7	acht	40,9	neun	31,8
sieben-sechs	4,4	zehn	56,8	neun	54,5
zehn-zwanzig	15,6	zehn	52,3	elf	29,5
—	—	zehn	72,7	zwanzig	63,6

Tabelle 21.

V	VI	VII	VIII	IX	X
Zweitbevorzugte Doppelreaktionen	H ₂	Erstbevorzugte Halbreaktionen	H ₁	Zweitbevorzugte Halbreaktionen	H ₂
Sä(mann)-Schnitter	8,0	Sämann	46,0	Pflug	30,0
ausziehen-(weg)werfen	6,0	ausziehen	74,0	wegwerfen	14,0
Lektion-schwer	6,0	Lektion	48,0	Beispiel	12,0

¹⁾ Ein Mitschüler der Versuchspersonen, der das Gedicht Poes erst kürzlich vorgetragen hatte.

²⁾ Mit dem Reizwort zusammen Phrase eines ungarischen Soldatenliedes.

³⁾ Mit dem Reizwort zusammen Anfang eines ungarischen Volksliedes.

I Reinholdsche Reizwörter	II Erstbevorzugte Reaktionen der Reinholdschen Reiz- wörter und deren erst- bevorzugte Reaktionen im einfachen Versuche	III Erstbevorzugte Doppelreaktionen	IV H ₁
5. Baum ¹⁾	Stein-Eisen	Feuer-warm	4,0
6. Blüte ²⁾	Rose-Blume	Duft-Farbe	6,0
7. brennen	Feuer-Wasser	Feuer-Flamme	6,0
8. Donner	Blitz-Donner	Blitz-Gußregen	6,0
9. Dorf	Stadt-Dorf	Stadt-Gehöft	10,0
10. Eisenbahn	Zug-Eisenbahn	Schiene-Lokomotive	6,0
11. Ente	Gans-Ente	Gans-Huhn	14,0
12. Erbse	Bohne-Erbse	Bohne-Linse	38,0
13. Essig	sauer-bitter	Wein-sauer	6,0
14. Ferien	Sommer-Winter	Ruhen-Zerstreuung	6,0
15. Fleiß	Faulheit-Trägheit	Faulheit-Lauigkeit	6,0
16. Frühling	Sommer-Winter	Sommer-Herbst	20,0
17. Gedicht	Vers-Gedicht	Vers-Prosa	12,0
18. gehen	gehen ₁ -gehen ₂ ³⁾	gehen ₁ -gehen ₂ ³⁾	8,0
19. Geländer	Treppe-Stufe	Schranke-fallen	4,0
20. kämpfen	streiten-für das Edelste ⁴⁾	streiten-siegen	4,0
21. Kirsche	Weichsel-sauer	Weichsel-Pfirsich	4,0
22. Klavier	Geige-Fiedelbogen	Ton-Musik	6,0
23. kochen	backen-kochen	backen-essen	6,0
24. Lampe	Eisen-Metall	Licht-Finsternis	6,0
25. Milch	Butter-Käse	Butter-Käse	8,0
26. Montag	Dienstag-Mittwoch	Dienstag-Mittwoch	32,0
27. Nachmittag	Vormittag-Nachmittag	Abend-Morgen	14,0
28. Pfau	Feder-stiel	stolz-Feder	6,0
29. Quelle	Wasser-Feuer	Wasser-Bach	10,0
30. Regen	Wasser-Feuer	Schirm-Kot	8,0
31. Ring	Reif-Ring	Gold-Diamant	6,0
32. rufen	kommen-gehen	kommen-gehen	4,0
33. Satz	Wort-Rede	Wort-Gedanke	14,0
34. Schlaf	Traum-Schlaf	Traum-Ruhe	10,0
35. See	Ufer-sinkt	Wasser-Fluß	6,0
36. spielen	Kind-Mensch	—	—
37. Treppe	Stufe-Treppe	lift-Haus	4,0
38. Turm	Kirche-Turm	Kirche-Glocke	12,0
39. verstehen	wissen-Lektion	wissen-wollen	4,0

¹⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *Holz*.

²⁾ Bedeutet im Ungarischen auch *Blume*.

³⁾ Im Ungarischen Synonyme zum Reizwort und bedeuten zusammen als Zwillingwort *umherwandeln*.

⁴⁾ Phrase aus einem in Gymnasien viel behandelten ungarischen Gedicht.

V	VI	VII	VIII	IX	X
Zweitbevorzugte Doppelreaktionen	H ₂	Erst- bevorzugte Halb- reaktionen	H ₁	Zweitbevorzugte Halb- reaktionen	H ₂
Gras-Blume	4,0	Wald	18,0	Eisen	16,0
Rose-Veilchen	4,0	Duft	22,0	Garten	14,0
flammen-Feuer	4,0	löschen	28,0	Feuer	24,0
Blitz-Feuer	4,0	Blitz	60,0	Furcht	12,0
Stadt-Land	6,0	Stadt	34,0	Haus	18,0
—	—	Lokomotive	24,0	Schiene	18,0
Gans-Hühnlein	10,0	Gans	68,0	Vogel	12,0
Linse-Gemüse	4,0	Bohne	48,0	Linse	40,0
Wein-Säure	6,0	sauer	36,0	Wein	22,0
Arbeit-Ruhe	4,0	Ruhe	22,0	Ruhepause	18,0
Faulheit-Trägheit	4,0	Faulheit	20,0	Trägheit	16,0
Winter-Sommer	16,0	Sommer	50,0	Herbst	28,0
—	—	Vers	36,0	Prosa	22,0
stehen-sitzen	8,0	gehen ₂	42,0	kommen	18,0
—	—	Schranke	16,0	Treppe	14,0
streiten-fallen	4,0	streiten	14,0	sterben	14,0
Weichsel-Erdbeere	4,0	Weichsel	48,0	rot	20,0
Geige-Flöte	4,0	Geige	32,0	Musik	24,0
Küche-Koch	4,0	essen	32,0	backen	28,0
Licht-Abend	6,0	Licht	32,0	Elektrizität	20,0
Wasser-Kaffee	4,0	Butter	22,0	Kaffee	18,0
Dienstag-Sonntag	4,0	Dienstag	62,0	Mittwoch	34,0
Vormittag-Abend	6,0	Lernen	32,0	Vormittag	22,0
Truthuhn-Vogel	4,0	Truthuhn	34,0	stolz	30,0
Wasser-kalt	6,0	Wasser	38,0	Bach	30,0
Schnee-Eis	6,0	Schirm	22,0	Kot	20,0
Reif-Finger	4,0	Gold	30,0	Reif	16,0
—	—	kommen	22,0	gehen	20,0
Wort-Buchstabe	4,0	Wort	50,0	Gedanke	24,0
Traum-Bett	6,0	Traum	46,0	Ruhe	30,0
Meer-Fluß	4,0	Wasser	30,0	Meer	16,0
—	—	Kind	20,0	Spiel	8,0
—	—	Haus	22,0	Stock	16,0
Kirche-Uhr	6,0	Kirche	38,0	Glocke	34,0
—	—	wissen	32,0	Antworten	8,0

I Reinhold'sche Reizwörter	II Erstbevorzugte Reaktionen der Reinhold'schen Reiz- wörter und deren erst- bevorzugte Reaktionen im ersten Versuch	III Erstbevorzugte Doppelreaktionen	IV H ₁
40. Vogel	fliegt-Vogel	fliegt-Schwalbe	6,0
41. Weg	lang-kurz	Landstraße-lang	4,0
42. Wespe	sticht-sticht ₁ ¹⁾	Stich-Biene	8,0
44. Wurst	Leberwurst-Wurst	Leberwurst-Schwein	16,0
45. Zimmer	Küche-Köchin	Haus-Saal	4,0
46. zittern	sich fürchten ²⁾ -beben	sich fürchten ²⁾ -beben	22,0

Aus den Tabellen geht unmittelbar folgendes hervor: Ruft man einer Anzahl Versuchspersonen ein Wort mit der Aufforderung zu, nicht mit einem, sondern mit zwei anderen Worten zu reagieren, so gibt es für ziemlich alle Reizworte solche Doppelreaktionen, mit denen von mehreren Personen geantwortet wird, also bevorzugte Doppelassoziationen. Und zwar haben alle zugerufenen Reizworte ein erstbevorzugtes Reaktionswortpaar, mit Ausnahme von *spielen* und *Schwägerin*, die auch im einfachen Versuche eine ziemlich kleine Bevorzugungstendenz bekundeten (vgl. Tabelle 15). Zumeist aber ist der Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Doppelreaktionen sehr klein; nicht wenige Doppelreaktionen erfolgten nur bei je zwei Versuchspersonen. Für viele Reizworte gibt es auch zweitbevorzugte Doppelreaktionen, für viele aber auch nicht, für manche auch dritt- und viertbevorzugte, für die meisten aber nicht. Die Mutmaßung, daß das erste Glied der erstbevorzugten Doppelreaktion die erstbevorzugte Assoziation des Reizwortes aus dem einfachen Versuche, das zweite Glied die auf diese Assoziation als Reizwort erhaltene erstbevorzugte Reaktion aus dem einfachen Versuche sein werde, mit anderen Worten, daß die Wortpaare der Kolumne II und der Kolumne III identisch sein werden, trifft augenscheinlich in den meisten Fällen nicht zu.

Es kann also schon auf den ersten Blick konstatiert werden, daß die Tendenz eines Reizwortes, ein Reaktionswortpaar zu bevorzugen, eine viel geringere ist als die, ein einzelnes Reizwort zu bevorzugen.

¹⁾ Synonym zum vorhergehenden Wort (*csíp-szúr*).

²⁾ Im Ungarischen ein Wort.

V	VI	VII	VIII	IX	X
Zweitbevorzugte Doppelreaktion	H ₂	Erst- bevorzugte Halb- reaktion	H ₁	Zweitbevorzugte Halb- reaktionen	H ₂
Flug-Flügel	4,0	fliegt	26,0	Schwalbe	18,0
—	—	Landstraße	12,0	lang	10,0
sticht-sticht ₁	4,0	Biene	38,0	Stich	38,0
—	—	Leberwurst	48,0	Schwein	20,0
Fenster-Tür	4,0	Stadt	20,0	Haus	14,0
sich fürchten ¹⁾ -frieren	6,0	sich fürchten ¹⁾	72,0	beben	26,0

Um diese geringere Bevorzugungstendenz zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, wurden die charakteristischen Bevorzugungswerte mH_1 , mH , mG und die Nullreaktionen für beide Reizwortgruppen bestimmt und in Tabelle 22 zusammengestellt. Bei Bestimmung von mG wurde gefragt, wie oft beide Hälften, wie oft nur die erste, wie oft nur die zweite Hälfte und wie oft die Halbnullreaktion mit dem Reizworte in der grammatischen Kategorie übereinstimmt, dann wurde der allgemeine Übereinstimmungsindex so berechnet, daß aus den Übereinstimmungswerten der ersten, der zweiten Halbreaktionen und den Halbnullreaktionen zusammengenommen das Drittel genommen und dem Werte für die Übereinstimmung beider Halbreaktionen zugezählt wurde. Diese allgemeinen Übereinstimmungswerte befinden sich in Zeile 7 der Tabelle 22, während die Zeilen 3 bis 6 sich auf die Übereinstimmungswerte beider Hälften (Zeile 3), die der ersten Hälften (Zeile 4), der zweiten Halbreaktionen (Zeile 5) und der Halbnullreaktionen (Zeile 6) beziehen. In den Kolonnen sind den auf die Doppelassoziation bezüglichen Werten vergleichshalber zwei andere beigegeben: die bei den mit Reizwortpaaren veranstalteten Versuchen gewonnenen und die aus den einfachen Versuchen mit denselben Reizworten gewonnenen, und zwar auf die Versuchspersonengruppen der Versuche mit Doppelreaktionen bezogen. Die Werte aus den Versuchen mit Reizwortpaaren konnten nicht reduziert werden, da Normalwerte, wie für einfache Versuche (Tabelle 1) hier nicht vorhanden sind.

¹⁾ Im Ungarischen ein Wort.

Tabelle 22.

Charakteristische Bevorzugungswerte für Versuche mit Doppelreaktionen.

	Thumb-Marbesche Reizwörter			Reinholdsche Reizwörter		
	Doppelreaktionen	Reizwortpaare	Einfache Versuche	Doppelreaktionen	Reizwortpaare	Einfache Versuche
mH ₁	22,6	40,5	27,3	9,3	13,4	39,9
mH	33,4	63,3	67,3	26,6	42,0	71,9
mG: beide Reizwörter.	62,2	—	—	48,4	—	—
nur das erste	7,6	—	—	10,2	—	—
nur das zweite	4,2	—	—	5,8	—	—
Halbnullreaktionen.	8,5	—	—	3,6	—	—
zusammen	69,5	71,0	50,3	60,8	59,1	81,7
Nullreaktionen	4,9	6,7	3,5	2,2	6,1	2,2

Dieser Tabelle 22 ist folgendes zu entnehmen:

1. Läßt man auf ein Reizwort mit zwei anderen Worten reagieren, so erhält man viel weniger Bevorzugungen als im einfachen Versuche oder auch im Versuche mit Reizwortpaaren. mH₁ und mH ist für beide Reizwortgruppen bei den Doppelassoziationsversuchen kleiner als bei den Reizwortpaar- und den einfachen Versuchen. Aber in dieser Hinsicht zeigen die Reizwörter von Thumb und Marbe wieder ein teilweise anderes Verhalten als die von Reinhold. Beim Reinhold'schen Material ist mH₁ viermal, mH beinahe dreimal so klein in den Doppelassoziationsversuchen wie in den einfachen; beim Material von Thumb und Marbe ist der allgemeine Häufigkeitsindex mH nur halb so groß wie in den einfachen Versuchen, mH₁ aber nur etwas kleiner. Bezüglich mG zeigen die beiden Gruppen ein gegensätzliches Verhalten: für die Thumb-Marbeschen Reizwörter ist mG im Doppelassoziationsversuche größer, für die Reinhold'schen Wörter kleiner als im einfachen Versuche.

Dieser Umstand deutet darauf hin, daß bei der eigenartigen Zusammenstellung der Thumb-Marbeschen Reizwortliste solche Faktoren das Bevorzugungsphänomen beeinflussen, die sich nicht gleichmäßig über den ganzen Bereich der Reizwörter verteilen. Dies ist aus Tabelle 22a zahlenmäßig zu ersehen. Hier sind die drei Bevorzugungswerte mH₁, mH und mG für die einzelnen Wortgruppen des Thumb-Marbeschen Materials festgestellt und ihnen vergleichshalber die betreffenden Werte aus den Reizwortpaarversuchen und den einfachen

Versuchen beigegeben. Die letzteren sind auf die Versuchspersonengruppen der Doppelreaktionsversuche bezogen und erlauben einen direkten Vergleich, die Werte der Reizwortpaarversuche konnten nicht reduziert werden und gestatten nur einen reiheweisen Vergleich.

Tabelle 22a.

Charakteristische Bevorzugungswerte für Versuche mit Doppelreaktionen nach Wortgruppen der Thumb-Marbeschen Reizwortliste.

Wortgruppen von Thumb-Marbe	mH ₁			mH			mG		
	Doppelreaktionen	Reizwortpaare	Einfache Versuche	Doppelreaktionen	Reizwortpaare	Einfache Versuche	Doppelreaktionen	Reizwortpaare	Einfache Versuche
I. Verwandtschaftsnamen	11,8	37,3	22,2	20,5	47,8	59,0	72,0	81,4	59,2
II. Eigenschaftswörter . . .	14,8	19,6	32,6	29,8	56,7	76,3	49,3	50,4	43,8
III. Fürwörter . .	29,6	53,9	24,9	40,9	69,2	65,4	58,2	79,8	49,0
VI. Ortsadverbien	14,3	32,4	25,3	22,0	60,2	70,7	47,5	70,6	42,4
V. Zeitadverbien	17,3	37,7	28,6	25,5	55,0	65,9	55,9	68,8	50,1
VI. Zahlwörter .	44,7	61,2	29,8	52,7	70,8	66,7	70,9	73,5	54,1

Die Tabelle 22a zeigt, daß im Doppelreaktionsversuch mH₁ für Pronomina und Zahlwörter größer ist als im einfachen Versuch, für die anderen Wortgruppen hingegen kleiner.

Bemerkenswert ist noch folgendes: Stellt man abnehmende Wertreihen für die mH₁ und mH so her, daß man an die erste Stelle diejenige Reizwortgruppe setzt, die in der betreffenden Hinsicht den größten Wert hat, an die zweite Stelle diejenige, welche den zweitgrößten Wert hat usw., so erhält man Tabelle 22b.

Tabelle 22b.

Wertreihe der obigen Gruppen (Tabelle 22a) bezüglich mH₁ und mH.

Wertreihe (abnehmend)		1	2	3	4	5	6
mH ₁	Doppelreaktionen	VI	III	V	II	IV	I
	Reizwortpaare	VI	III	V	I	IV	II
	Einfache Versuche	II	VI	V	IV	III	I
mH	Doppelreaktionen	VI	III	II	V	IV	I
	Reizwortpaare	VI	III	IV	II	V	I
	Einfache Versuche	II	IV	VI	V	III	I

Die Tabelle zeigt, daß hinsichtlich der zwei Bevorzugungsworte mH_1 und mH zwischen den Doppelreaktionsversuchen und den Reizwortpaarversuchen eine viel weitergehendere Übereinstimmung besteht als zwischen den Doppelreaktionsversuchen und den einfachen Versuchen. Hieraus darf geschlossen werden, daß die bei den Doppelreaktionsversuchen wirksamen Faktoren mit den in den Reizwortpaarversuchen wirksamen viel mehr Ähnlichkeit haben als mit den in den einfachen Versuchen wirksamen.

Die Reizwortgruppen von Thumb-Marbe zeigen im Vergleich mit den Reinholdschen auch noch einen anderen bemerkenswerten Unterschied.

Das Material der Doppelreaktionsversuche wurde nämlich auch daraufhin untersucht, wieviel Satzergänzungen, sonstige syntaktische Verbindungen, literarische Reminiszenzen und Halbnullreaktionen vorkommen. Die bezüglichen Resultate enthält in Mittelwerten der einzelnen Werte und Prozentsen der Reagierenden die Tabelle 23.

Tabelle 23.
Charakteristische Faktoren der sprachlichen Einstellung
bei Doppelreaktionen.

	Satz- ergänzungen	Syntaktische Ver- bindungen	Literarische Remini- szenzen	Halbnull- reaktionen
Thumb-Marbesche Reiz- wörter	12,4	3,9	8,8	5,4
Reinholdsche Reizwörter	0,6	1,1	0,2	11,4

Aus Tabelle 23 geht hervor, daß bei den Doppelreaktionsversuchen viele Satzergänzungen vorkommen, die bei den einfachen und den Reizwortpaarversuchen eine viel geringere Rolle spielen. Aber ein auffallender Unterschied zeigt sich zwischen den beiden Reizwortgruppen. Während bei den Reinholdschen Reizworten die betreffenden Werte nicht sehr belangreich sind, erreichen sie bei den Thumb-Marbeschen Reizworten ziemlich große Beträge. Faßt man die syntaktischen Verbindungen und literarischen Reminiszenzen auch als Satzverbindungen auf, was sie ja auch tatsächlich sind, und läßt man die Null- und Halbnullreaktionen unberücksichtigt, so ergibt sich, daß für die Thumb-Marbeschen Reizworte 24,6 % sämtlicher Antworten Satzergänzungen sind. Dieser Umstand läßt folgende Erklärung zu: Die Aufgabe, mit zwei Worten zu reagieren, bewirkt eine Einstellung auf

Wortverbände, besonders im Ungarischen, wo zwei Worte schon äußerst häufig einen Satz bilden. Diese Einstellung dürfte sich besonders leicht bei den Thumb-Marbeschen Reizworten melden, da diese die mannigfaltigsten Verbindungen in sprachlicher Hinsicht eingehen.

Hierdurch ist auf dem Wege von Massenversuchen zahlenmäßig nachgewiesen, was Koffka auf andere Weise konstatiert hat: In seinen Versuchen, wo auf ein Reizwort eine zweite, dritte und vierte Vorstellung reproduziert werden sollte, spielten bei allen seinen Versuchspersonen Einstellungen auf Satzergänzungen und Gedanken eine große Rolle¹⁾.

Durch den Umstand, daß die Thumb-Marbeschen Reizworte eine Einstellung auf satzergänzende, satzbildende Reaktionen bewirken, wird aber die Assoziation vom Wege der Bevorzugung teilweise abgedrängt, teilweise aber gerade hingedrängt. Es kam nämlich wiederholt vor, daß literarische Reminiszenzen die bevorzugten Reaktionen bildeten, wie aus Tabelle 20 ersichtlich ist (siehe Reizwort 15, 18, 29, 31, 36, 41, 44, 52, 53).

Bei den Reinholdschen Reizworten machte sich ein anderer Faktor stark fühlbar: die sehr große Zahl der Halbnullreaktionen beweist, daß der Reiz hier auch nach der formellen Seite hin determinierend wirkte. Wie bei den Reizwortpaarversuchen der formelle Charakter des Reizes sich in der großen Zahl der mit mehr als einem Worte erfolgten Reaktionen geltend machte, so bewirkt hier das eine Reizwort eine Einstellung auf ein Reaktionswort. Natürlich sind beim Zustandekommen von Halbnullreaktionen auch noch andere Faktoren wirksam, von denen wir einem bei Behandlung einzelner spezieller Klassen von Reizworten begegnen werden.

Zur Feststellung der Ursachen des geringen Maßes der Bevorzugungstendenz bei Doppelreaktionsversuchen mag noch folgendes in Erwägung gezogen werden: Es soll auf ein Reizwort R mit zwei Reaktionsworten A_1 und A_2 geantwortet werden. Es darf angenommen werden, daß von R aus vor allem eine Bevorzugungskraft in dem Sinne wirkt, daß A_1 hervorgehe. Ist diese Annahme begründet, so muß sie sich zahlenmäßig darin kundtun, daß die erstbevorzugten Halbreaktionen des Doppelreaktionsversuches qualitativ und quantitativ den Vergleich mit den betreffenden Erstbevorzugungen auf dieselben

¹⁾ K. Koffka, Zur Analyse der Vorstellungen und ihrer Gesetze. Leipzig 1912. S. 152. Vgl. auch S. 97 und 111.

Reizworte im einfachen Versuche bestehen. Dem quantitativen Vergleiche dient Tabelle 24, in deren ersten drei Kolonnen nur diejenigen Halbreaktionen berücksichtigt sind, welche entweder die erste Hälfte der Doppelreaktion bilden oder einer Halbnullreaktion angehören, denn nur diese dürfen in Vergleich gebracht werden mit den Erstbevorzugungen der einfachen Versuche. Kolonne IV gibt die betreffenden Werte aus den Einzelversuchen, bezogen auf die Versuchspersonengruppen der Doppelreaktionsversuche, an.

Tabelle 24.

Erstbevorzugte Halbreaktionen verglichen mit den erstbevorzugten Reaktionen der einfachen Versuche.

	mH ₁ der erstbevorzugten ersten Halbreaktionen	mH ₁ der erstbevorzugten Halbnullreaktionen	Zusammen	mH ₁ aus den einfachen Versuchen
Thumb-Marbesche Reizwörter	33,0	2,2	35,2	27,3
Reinholdsche Reizwörter	25,4	2,6	28,0	36,0
Mittel aus beiden	—	—	31,6	31,7

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, beträgt mH₁ im Mittelwerte für beide Reizwortgruppen im Doppelreaktionsversuch 31,6, im einfachen Versuch 31,7. Also kann unsere obige Annahme, daß im Doppelreaktionsversuch das Reizwort seine bevorzugende Kraft ungeschmälert auf A₁, d. i. auf die erste Hälfte der Doppelreaktion hin, auswirkt, als zulässig angesehen werden. Die qualitative Untersuchung daraufhin, ob die erstbevorzugte Halbreaktion des Doppelreaktionsversuches auch immer dieselbe ist wie die erstbevorzugte Reaktion im einfachen Versuche, soll bei den unten zu behandelnden einzelnen Reizwortklassen erfolgen.

Bei der Doppelreaktion wird aber eine bevorzugende Tendenz nicht nur vom Reizwort auf das erste Reaktionswort, sondern auch von diesem auf das zweite Reaktionswort ausgehen. Würde die bevorzugende Tendenz dieses zweiten Wortes sich ganz auswirken, so müßte das numerisch in dem Umstande in Erscheinung treten, daß es beim Doppelreaktionsversuche eine zweitbevorzugte Halbreaktion gibt, deren mH₁ nicht beträchtlich hinter demjenigen der erstbevorzugten Reaktionen der einfachen Versuche zurückbleiben dürfte. In Tabelle 25 sind nun die mH₁ und mH₂ für die Doppelreaktionsversuche und für die einfachen Versuche angegeben. Die Werte der einfachen Versuche

für das Reinholdsche Material sind Mittelwerte aus den Werten zweier Versuchsreihen; in der ersten Versuchsreihe wurden die Reinholdschen Reizwörter, in der zweiten die durch die Reinholdschen Reizwörter gewonnenen erstbevorzugten Reaktionen als Reizwörter zugerufen. Die Werte der einfachen Versuche sind auf die Versuchspersonengruppen bezogen, mit denen die Doppelreaktionsversuche vorgenommen wurden.

Tabelle 25.

Erst- und zweitbevorzugte Halbreaktionen verglichen mit den erst- und zweitbevorzugten Reaktionen der einfachen Versuche.

	mH ₁		mH ₂	
	Doppelreaktionen	Einfache Versuche	Doppelreaktionen	Einfache Versuche
Thumb-Marbesche Reizwörter	42,5	27,3	25,1	11,9
Reinholdsche Reizwörter	35,1	39,9	20,7	11,7

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die zweitbevorzugten Halbreaktionen des Doppelreaktionsversuches einen bedeutend größeren Häufigkeitsindex haben als die zweitbevorzugten Assoziationen des einfachen Versuches, aber auch — insbesondere bei den Reinholdschen Reizwörtern — einen nicht unbeträchtlich kleineren Wert als mH₁ im einfachen Versuche. Hieraus darf geschlossen werden, daß ein Wort, als Reizwort zugerufen, eine stärker bevorzugende Tendenz hat als dasselbe Wort in Form einer durch ein vorhergehendes Reizwort reproduzierten Wortvorstellung; doch ist es nicht ausgeschlossen, daß auch Behinderungsphänomene, ähnlich wie bei den Reizwortpaarversuchen, zu dieser Verminderung beitragen.

Vielleicht darf mit Hinsicht auf diesen Umstand gesagt werden, daß die Bevorzugungstendenzen sowohl wie die assoziierenden Tendenzen, überhaupt in stärkerem Grade von einem zugesprochenen Reizwort abhängen als von einer durch den Reiz reproduzierten Vorstellung. Hiermit steht im Einklang, was Koffka konstatiert: „Man sieht sofort (aus der Tabelle 12, S. 108), daß sich die betreffende Beziehung (der zweiten Vorstellung, welche auf eine von einem Reizwort reproduzierte erste Vorstellung folgen sollte) häufiger an das Reizwort anschloß, als an die erste, auf den Reiz folgende Vorstellung“¹⁾.

¹⁾ K. Koffka, Zur Analyse der Vorstellungen und ihrer Gesetze. S. 112.

Aus diesen Feststellungen erklärt sich nun die geringe Wertigkeit der Bevorzugungstendenz in den Doppelreaktionsversuchen. Die Bevorzugungstendenz, die vom Reizwort auf die erste Halbreaktion ausgeht, kommt, wie wir sahen, vollkommen zur Wirkung. Diejenige aber, die von der erstbevorzugten ersten Halbreaktion auf die zweite Halbreaktion ausgeht, ist merklich schwächer. Folglich wird sich auch eine vom Reizwort über das erste Antwortglied hinaus wirkende Tendenz geltend machen, und somit sind bei jeder einzelnen Antwort, die auf einen Reiz gegeben werden soll, beim Zustandekommen der zweiten Hälfte der Antwort drei Tendenzen in Wirkung: die vom Reiz über das erste Glied der Antwort hinauswirkende, dann die vom ersten Antwortglied ausgehende und drittens die vom Reiz und der ersten Halbreaktion als einem einheitlichen Komplex ausgehende. Dadurch sinkt die Wahrscheinlichkeit, daß auf eine erstbevorzugte Halbreaktion eine erstbevorzugte zweite Halbreaktion erfolgt, auf ein Drittel der einfachen. In Wirklichkeit ist die Herabminderung der Bevorzugungstendenz und der Wahrscheinlichkeit des Zustandekommens eines erstbevorzugten Reaktionswortpaares noch größer. Denn, um nur eins hervorzuheben, ist es nicht immer der Fall, daß die erstbevorzugte Halbreaktion das erste Glied der Doppelreaktion bildet. Oft steht sie an zweiter Stelle (in den Versuchen mit den Thumb-Marbeschen Reizwörtern in 8,2%, mit den Reinholdsehen Reizwörtern in 7,3% sämtlicher Erstbevorzugungen). Dadurch aber wird die Kombinationsmöglichkeit von Reizwortpaaren sehr gesteigert. Dieser Umstand hat aber auch zur Folge, daß die erstbevorzugte Halbreaktion im Doppelversuche einen größeren Häufigkeitswert hat als im einfachen: das erstbevorzugte Wort, welches der Versuchsperson beim Hören des Reizwortes nicht eingefallen ist, kann ihr nach dem Reproduzieren der ersten Halbreaktion noch in den Sinn kommen und von ihr niedergeschrieben werden.

A. Reizworte mit gegenseitiger Erstbevorzugung. Hier sollen diejenigen Doppelreaktionen auf die Bevorzugungsphänomene hin geprüft werden, bei denen im einfachen Versuch das Reizwort als erstbevorzugte Reaktion eine gegenseitige Erstbevorzugung hat. Da solche Wortpaare assoziativ miteinander enger verbunden sind als mit anderen, ist zu erwarten, daß beim Zurufen eines solchen Reizwortes als erste Halbreaktion seine Erstbevorzugung wohl sehr leicht sich einstellt, aber die zweite Halbreaktion besondere Schwierigkeiten bereitet, somit sich eine Hemmung einstellt, die in den Bevorzugungswerten auch numerisch zum Ausdruck kommen muß.

Tabelle 26.

Doppelreaktionen, bei denen das Reizwort und die erste Bevorzugung in einfachen Versuchen gegenseitig erstbevorzugte Assoziationen sind.

	Thumb-Marbesche Reizwörter		Reinholdsche Reizwörter	
	Gegenseitig erstbevorzugte	Die anderen	Gegenseitig erstbevorzugte	Die anderen
mH ₁	16,9	28,3	11,2	7,4
mH	26,4	40,4	20,6	32,6
Nullreaktionen	4,8	5,0	1,8	0,8
Halbnullreaktionen	7,7	3,1	10,4	12,4

Nun lehrt die Tabelle 26, welche analog der Tabelle 18 angelegt ist, daß dies für den allgemeinen Häufigkeitsindex auch wirklich zutrifft: mH ist für Reize mit gegenseitiger Bevorzugung beträchtlich geringer als für die anderen. Die völligen Nullreaktionen zeigen kein charakteristisches Verhalten, wozu auch kein Grund vorliegt. Eher ist ein solches von den Halbnullreaktionen zu erwarten, denn es ist zu erwarten, daß die Stockung, die nach Reproduktion der Erstbevorzugung des Reizwortes eintritt, ein zweites Reaktionswort oft nicht aufkommen läßt. Dies ist für Thumb-Marbeschen Reizwörter auch der Fall, nicht aber für die Reinholdschen Reizwörter, wo die Zahl der Halbnullreaktionen etwas geringer ist als bei den anderen. mH₁ zeigt ebenfalls ein verschiedenes Verhalten: beim Thumb-Marbeschen Material ist sein Wert kleiner und deutet an, daß bei Reizworten mit gegenseitiger Erstbevorzugung auch die auf die Erstbevorzugung gerichtete Bevorzugungstendenz eine Hemmung erfahren hat, beim Reinholdschen Material ist sie größer.

Woher dieses verschiedene Verhalten? Möglicherweise daher, daß in der Reinholdschen Liste von den 16 Wörtern mit gegenseitiger Erstbevorzugung nur 6 solche sich finden, die als vollwertig erstbevorzugende angesehen werden können, diejenigen nämlich, bei welchen $H_1 > mH$ und $H_2 < \frac{H_1}{2}$ ist. Hingegen befinden sich unter den 26 gegenseitig erstbevorzugten Wörtern des Thumb-Marbeschen Materials 19 vollwertige.

In qualitativer Hinsicht fragt es sich, ob die ersten Glieder der erstbevorzugten Doppelreaktionen wirklich die erstbevorzugten Reaktionen der Reizwörter in den einfachen Versuchen sind. Zu erwarten

ist es, denn gegenseitige Erstbevorzungen stellen sozusagen ein abgeschlossenes Ganzes dar: wo das eine Glied ins Bewußtsein tritt, strebt dies auch das andere mit voller Kraft an. Die zweiten Glieder der Doppelreaktionen können aus demselben Grunde hinsichtlich der Bevorzugungsphänomene mit dem ersten Glied der Doppelreaktion kaum in Beziehung gebracht werden.

Nun stellte sich heraus, daß bei den Thumb-Marbeschen Reizwörtern von den 26 gegenseitig erstbevorzugten des einfachen Versuches 19 wirklich die Erstbevorzugung des einfachen Versuches als erstes Glied der erstbevorzugten Doppelreaktion hatten; 7 nicht, darunter 6 solche, bei denen beide Wörter, Reiz und erste Halbreaktion, den vollwertig bevorzugenden zugehören. Beim Reinholdschen Material waren 12 solche Wörter, bei denen die Erstbevorzugung des einfachen Versuches das erste Glied der Erstbevorzugung des Doppelreaktionsversuches war, bei 4 traf dies nicht zu, darunter war keine vollwertig erstbevorzugende.

B. Reihen. Unter diesem Titel werden auch hier wie in § 4 solche Worte betrachtet, die Glieder einer auf sprachlicher Geläufigkeit beruhenden Reihenfolge darstellen und daher im einfachen Versuch meist die Tendenz haben, das folgende Glied zu assoziieren.

Der quantitativen Untersuchung wurden nur die 18 Reihen der Thumb-Marbeschen Reizwortliste unterzogen und die charakteristischen Bevorzugungswerte in Tabelle 27 zusammengestellt. Vergleichshalber sind die entsprechenden Werte aus den einfachen Versuchen, auf die Versuchspersonen der Doppelreaktionsversuche reduziert, angegeben.

Tabelle 27.

Doppelreaktionen, bei denen das Reizwort und die Erstbevorzugung im einfachen Versuche Glieder einer Reihenfolge bilden.

	Thumb-Marbesche Reizwörter		
	Reihenfolgen	Die anderen	Einfache Versuche
mH ₁	38,7	6,5	30,7
mH	50,9	15,9	79,6
Nullreaktionen	4,1	5,7	4,4
Halbnullreaktionen	3,2	7,6	—

Wie die Tabelle zeigt, haben die Nullreaktionen nichts Charakteristisches. Halbnullreaktionen gibt es bei diesen Reizwörtern viel

weniger als bei den anderen. mH_1 und mH ist vier- bis sechsmal so groß wie bei den anderen Reizworten. mH_1 ist größer, mH hingegen kleiner als bei den einfachen Versuchen mit denselben Reizworten.

Diese Zahlen deuten an, daß von Gliedern einer Reihenfolge eine viel stärkere Bevorzugungstendenz, die in der Richtung der Fortsetzung der Reihe wirkt, ausgeht als von anderen Reizwörtern. Mißt man den Grad der Bevorzugungstendenz auch hier durch den Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktionen, so kann man fragen, ob das erste Glied auf das zweite und das zweite auf das dritte seine volle Bevorzugungskraft geltend macht. Da mH_1 für die Doppelreaktionsversuche größer ist als für die einfachen Versuche, (38,7 und 30,7), muß dies bejaht werden. Ja es kann gesagt werden, daß von der Aufgabe oder von den reproduzierten ersten Halbreaktionen auch noch eine Bevorzugungstendenz im Sinne der Hervorhebung des zweiten Gliedes ausgeht, die aber viel schwächer ist, als wir sie für Wortreihen im Versuche mit Reizwortpaaren gefunden haben. Zur numerischen Berechnung dieser Komponente boten sich jedoch keine Anhaltspunkte.

In qualitativer Hinsicht gilt, daß bei den erstbevorzugten Doppelreaktionen die erste Halbreaktion das zweite, die zweite das dritte Glied der Reihe bildet, auch dort, wo ähnliches im einfachen Versuch nicht der Fall ist. So bei 1, 23, 27, 34, 48 der Tabelle 20 und 16 der Tabelle 21. Also wirkt die Aufgabe in dem Sinne determinierend, daß die Reihe weiter verfolgt wird, auch dort, wo im einfachen Versuche sich gegenseitige Bevorzugungen einstellen. In dieser Hinsicht ist bezeichnend die Reaktion 59 der Tabelle 20, wo der einfache Versuch als Erstbevorzugung die Reihe *neun-zehn-zwanzig*, der Doppelreaktionsversuch *neun-zehn-elf* ergibt.

Die einzige Ausnahme bildet die Reaktion 22 der Tabelle 20: *du-ich-er*. Hier wird also bei der Doppelreaktion auf das vorhergehende Glied zurückgegriffen, welches im einfachen Versuche gegenseitig erstbevorzugend wirkt, und dann erst die Reihe fortgesetzt. Diese rückläufige Richtung der Bevorzugungstendenz kann auch an den Reaktionen 47 und 48 der Tabelle 20 beobachtet werden. Und da scheint es nicht ausgeschlossen, daß Gesetzmäßigkeiten über Haupt- und Nebenassoziationen, wie sie von Ebbinghaus, dann von Müller und Schumann und Müller und Pilzecker an sinnlosen Silberrreihen studiert worden sind¹⁾, auch mit Hilfe der Bevorzugungs-

¹⁾ Vgl. H. Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie. Bd. 1. 3. Aufl. Bearbeitet von E. Dürr. Leipzig 1911. S. 661 ff.

phänomene mit geeigneten Reizworten und Versuchsbedingungen untersucht werden können.

C. Vollwertig erstbevorzugende Worte. Es wurden hier dieselben Worte in Betracht gezogen, wie in § 4. Zahlenmäßiges konnte in Anbetracht der geringen Zahl der Worte und der großen mittleren Variation, die sich für die charakteristischen Werte ergab, nicht festgestellt werden. Von zusammen 11 Worten bestand in qualitativer Hinsicht nur für 3 die Gleichung: erstbevorzugte Doppelreaktion = erstbevorzugte einfache Reaktion des Reizwortes und deren erstbevorzugte einfache Reaktion. Sonst ist wohl das erste Glied der erstbevorzugten Doppelreaktion die bevorzugteste Reaktion auf das Reizwort im einfachen Versuche, aber das zweite Glied bewegt sich im Inhaltskreise des Reizwortes und dürfte zumeist eine einfache bevorzugte Reaktion niederen Ranges vom Reizworte sein. Charakteristische Beispiele: *brennen: Feuer-Wasser* (einfach); *brennen: Feuer-Flamme* (doppelt); *Quelle: Wasser-Feuer* (einfach); *Quelle: Wasser-Bach* (doppelt). Auch in dieser Hinsicht also macht sich die vorherrschende Assoziierungstendenz des Reizwortes im Vergleich zum ersten Reaktionswort geltend.

§ 6. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.

1. Ruft man verschiedenen Gruppen von Versuchspersonen dieselben Reizworte zu, so zeigen sie die Bevorzugungsphänomene in sehr verschiedenem Grade.

Als charakteristische Bevorzugungswerte können angesehen werden: der mittlere Häufigkeitsindex der bevorzugtesten Reaktionen, der Unterschied der Häufigkeitsindexe der erst- und der zweitbevorzugten Reaktionen, der mittlere allgemeine Häufigkeitsindex, der Index der Übereinstimmung sämtlicher Reaktionen mit dem Reizwort in der grammatischen Form, der Index der Übereinstimmung der erstbevorzugten Reaktionen mit dem Reizwort in der grammatischen Kategorie (§ 2).

2. In Hinsicht der charakteristischen Bevorzugungswerte besteht für jede Versuchspersonengruppe eine bestimmte Koordination: Nimmt eine Gruppe bezüglich eines charakteristischen Bevorzugungswertes in der Wertreihenfolge verschiedener Gruppen eine bestimmte Stelle ein, so hat sie annähernd dieselbe Stelle auch hinsichtlich der anderen charakteristischen Bevorzugungswerte (§ 2).

3. Die charakteristischen Bevorzugungswerte hängen bei jugendlichen Versuchspersonen im Alter von 13 bis 23 Jahren nicht von dem durchschnittlichen Alter der Versuchspersonengruppen ab (§ 2).

4. Zum Studium der Bevorzugungsphänomene eignet sich eine Gruppe um so besser, je größer bei ihr die charakteristischen Bevorzugungswerte sind (§ 2).

5. Ruft man mehreren Versuchspersonengruppen dieselben Reizworte zu, so haben alle Gruppen für jedes Reizwort bevorzugteste Reaktionen, aber nicht alle Gruppen für jedes Reizwort dieselben bevorzugtesten Reaktionen. Als in allen Gruppen von Versuchspersonen gleich, als „beständig“ können solche erstbevorzugte Assoziationen angesehen werden, bei denen der Häufigkeitsindex größer ist als der mittlere Häufigkeitsindex sämtlicher erstbevorzugter Reaktionen dieser Gruppe. Bei allen unbeständigen erstbevorzugten Reaktionen ist der Häufigkeitsindex der zweitbevorzugten Reaktionen größer als die Hälfte des ersten Häufigkeitsindex (§ 2).

6. Mit dem Wachsen der Anzahl der Versuchspersonen nimmt der allgemeine mittlere Häufigkeitsindex sehr langsam zu, der Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktionen aber nicht merklich. Überhaupt hängt das Variieren der charakteristischen Bevorzugungswerte mit dem Variieren der Versuchspersonenzahl von der Bevorzugungswertigkeit der einzelnen hinzukommenden Gruppen ab (§ 2).

7. Wenn man die Thumb-Marbeshen Reizwörter (je zehn Verwandtschaftsnamen, Eigenschaftswörter, Fürwörter, Orts- und Zeitadverbien, Zahlwörter) ungarischen Versuchspersonen ungarisch zuruft, erhält man hinsichtlich der Bevorzugungsphänomene beinahe dieselben Sätze, wie sie Marbe für deutsche Versuchspersonen festgestellt hat. Auch in betreff der charakteristischen Bevorzugungswerte zeigen die einzelnen Wortgruppen im Ungarischen und im Deutschen eine Koordination (§ 3).

8. Wenn man die Reinhold'schen Reizworte einer ungefähr ebenso großen Anzahl von ungarischen Versuchspersonen ungarisch zuruft, wie es Reinhold bei deutschen Versuchspersonen getan hat, erhält man für die meisten charakteristischen Bevorzugungswerte beinahe dieselben Zahlen wie im Deutschen. Die erst- und zweitbevorzugten Assoziationen stimmen in beiden Sprachgebieten nur teilweise überein (§ 3).

9. Ruft man einer größeren Anzahl von Versuchspersonen statt einfacher Reizworte Reizwortpaare zu, und hat man sie aufgefordert mit einem Wort zu reagieren, so treten auch bei dieser Versuchsanordnung die Bevorzugungsphänomene auf (§ 4).

10. Reizwortpaare bewirken in bezug auf die Bevorzugung und wahrscheinlich in bezug auf die Reproduktion überhaupt eine Hemmung, die sich in dem geringeren Werte des ersten Häufigkeitsindex und der größeren Zahl der Nullreaktionen kundgibt. Ist das Reizwortpaar derart,

daß seine einzelnen Glieder im einfachen Versuch gegenseitig erstbevorzugte Assoziationen sind, so wird der Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktion auf das Niveau der zweitbevorzugten Häufigkeitsindexe der einfachen Reaktionen herabgedrückt (§ 4).

11. Besteht das Reizwortpaar aus solchen Gliedern, von welchen im Sprachgebrauch das zweite sehr häufig nach dem ersten, und ein drittes nach dem zweiten genannt wird („Reihen“), so ist die mit dem Häufigkeitsindex der erstbevorzugten Reaktion gemessene Bevorzugungstendenz fast so groß wie die mit demselben Maße gemessene Bevorzugungstendenz der einzelnen Glieder im einfachen Versuch zusammen genommen (§ 4).

12. Werden einer genügend großen Anzahl von Versuchspersonen einzelne Reizworte zugerufen, nachdem sie aufgefordert wurden, statt mit einem mit zwei Worten zu reagieren, so ergeben sich für jedes Reizwort erstbevorzugte Reaktionspaare, „Doppelreaktionen“, für die meisten Reizworte auch minderbevorzugte Doppelreaktionen. Aber im allgemeinen sind in diesem Falle die Häufigkeitsindexe der bevorzugten Doppelreaktionen kleiner als im einfachen, ja auch als im Reizwortpaar-Versuche (§ 5).

13. Bei dieser Versuchsanordnung ist das erste Glied der Doppelreaktion vom Reizwort in viel größerem Maße abhängig als das zweite Glied vom ersten (§ 5).

14. Reizworte, denen im einfachen Reaktionsversuche gegenseitig erstbevorzugte Reaktionen entsprechen, bewirken auch im Doppelreaktionsversuch eine Hemmung der Bevorzugung und wahrscheinlich auch der Assoziation überhaupt (§ 5).

15. Reizworte, die Glieder einer Reihe sind, bewirken im Doppelreaktionsversuch eine Einstellung auf die Fortsetzung der Reihe, die kräftiger und in ihrer Richtung sicherer ist als im einfachen Versuche (§ 5).

16. Die Thumb-Marbeschen Reizworte neigen im Doppelreaktionsversuche stark zu satzbildenden Reaktionen (24,6 % sämtlicher Reaktionen) (§ 5).

17. Beim Reizwortpaarversuche wie beim Doppelreaktionsversuche geht vom Reiz eine formal wirkende Determination in dem Sinne aus, daß in Reizwortpaarversuche viel häufiger mit mehr als einem Wort reagiert wird als im einfachen Versuche; im Doppelreaktionsversuche wurde der Instruktion entgegen äußerst häufig mit nur einem Worte reagiert (§ 4 und 5).

DIE SPEZIFISCHE TIEFENAUFFASSUNG DES EINZELAUGES UND DAS TIEFENSEHEN MIT ZWEI AUGEN

VON

DR. ANTONIN PRANDTL

PRIVATDOZENT DER PHILOSOPHIE IN WÜRZBURG.

INHALT.

	Seite
§ 1. Das Panumsche Phänomen und der Wheatstonesche Versuch . . .	257
§ 2. Erklärungsversuche	260
§ 3. Herings empirische Deutung des Panumschen Phänomens	269
§ 4. Das Panumsche Phänomen und Herings Theorie der angeborenen Tiefenwerte der Netzhaut	272
§ 5. Die spezifische Tiefenauffassung des rechten und des linken Auges .	277
§ 6. Weitere Versuche zum Nachweis der spezifischen Tiefenauffassung des Einzelauges	285
§ 7. Die spezifische Raumauffassung des Einzelauges als konstante Fehler- quelle bei monokularen Tiefenschätzungsversuchen	292
§ 8. Die binokulare Interferenz beim Panumschen Phänomen	298
§ 9. Die Unterscheidbarkeit links- und rechtsäugiger Eindrücke	304
§ 10. Die Bedeutung der Querdissparation der Netzhautbilder	307
§ 11. Das Tiefensehen mit zwei Augen auf Grund der monokularen Tiefen- auffassung	314
§ 12. Zusammenfassung	325

§ 1. DAS PANUMSCHE PHÄNOMEN UND DER WHEATSTONESCHE VERSUCH.

Biete ich dem einen Auge zwei nahe beieinander gelegene vertikale Linien, dem anderen Auge aber gleichzeitig nur eine einzige Vertikale, so erhalte ich im binokularen Sehfeld das Bild zweier Vertikaler, sowie die isolierte Vertikale des einen monokularen Sehfelds sich mit einer der beiden Parallelen des anderen Sehfelds verschmolzen hat. Aber das Bild der beiden Parallelen hat sich verändert gegenüber dem Aussehen, das es vor der Verschmelzung bot. Während

vor dem Hinzukommen der isolierten Geraden die beiden Parallelen einfach nebeneinander in der Ebene der Zeichnung zu liegen schienen, treten sie nunmehr in verschiedene Tiefe auseinander, und zwar immer so, daß diejenige der beiden Vertikalen, welche weiter temporalwärts auf der Netzhaut sich abbildet, dem Beobachter die nähere zu sein scheint.

Man kann sich ohne künstliche Hilfsmittel von dem Sachverhalt überzeugen, wenn man die beistehende Figur vors Gesicht bringt,

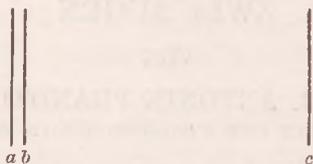


Fig. 1.

während die Augenachsen zur Fixation irgend eines hinter der Papierfläche gelegenen Punktes eingestellt sind. Die Geraden der Figur erscheinen dann in Doppelbildern, und zwar, da sie von einem vor der fixierten Stelle befindlichen Punkt stammen, in ungleichnamigen oder gekreuzten Doppelbildern: von je zwei zusammengehörigen Doppelbildern entstammt das scheinbar links gelegene dem rechten Auge, das scheinbar rechts gelegene aber dem linken Auge. Bringe ich nun das rechts gelegene Doppelbild der Liniengruppe $a b$ und das links gelegene der isolierten Linie c durch entsprechende Konvergenzänderung näher und näher aneinander heran, bis schließlich das linke Doppelbild oder besser gesagt, das linke Halbbild der Linie c mit einem Linienhilbbild der Liniengruppe $a b$ zusammenfällt, so sind die Bedingungen für den Eintritt des Tiefeneffektes gegeben und die Linie b , als die weiter temporalwärts auf der linken Retina sich abbildende Linie, scheint merklich näher als a zu liegen.

Da aber im angegebenen Fall, bei Kreuzung der Augenachsen hinter der Papierebene, die Figuren auf dem Papier nur verschwommen gesehen werden und ein klares Bild derselben nur in größerer Entfernung und bei entsprechender Anstrengung der Akkommodation gewonnen werden kann, so empfiehlt es sich, die Augenachsen vor der Papierebene sich kreuzen zu lassen, wobei die Figuren, als jenseits des Fixationspunktes gelegen, in ungekreuzten oder gleichnamigen Doppelbildern erscheinen. Das linke Halbbild der Linie c entstammt demnach dem linken Auge, während das rechts gelegene Halbbild der Gruppe $a b$ mit dem rechten Auge gesehen wird. Ist dann durch

Verschmelzung des linken Halbbildes *c* mit einem der beiden Halbbilder *a* oder *b* ein binokulares Sammelbild hergestellt, so tritt wiederum der stereoskopische Effekt ein; aber da nunmehr von der Liniengruppe *a b*, als mit dem rechten Auge gesehen, die Linie *a* sich weiter temporalwärts abbildet als die Linie *b*, so muß in diesem Falle *a* näher als *b* gelegen erscheinen.

Es kommt also immer darauf an, welche der beiden Parallelen sich weiter temporalwärts auf der Retina abbildet, indem immer diese näher als die andere erscheint, gleichgültig, ob das Halbbild der beiden Parallelen bei hinter dem Papier gekreuzten Sehachsen mit dem einen oder bei vor dem Papier gekreuzten Sehachsen mit dem anderen Auge gesehen wird. Völlig gleichgültig für den eintretenden Tiefeneffekt ist auch, in welcher Weise das Halbbild der isolierten Linie zu dem Halbbild der Parallelengruppe hinzutritt, ob *c* mit *a* oder mit *b* zu einer Linie verschmilzt.

Betrachte ich die beistehende Figur mit zunehmender Konvergenz, bis das innere Halbbild der Linie *c* gleichzeitig in der oberen wie in

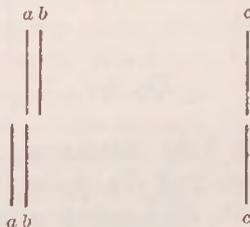


Fig. 2.

der unteren Reihe mit einer der beiden Linien *a b* zusammenfällt, so muß es oben mit *a* verschmolzen sein, wenn es unten mit *b* verschmilzt. Trotz dieser Verschiedenheit der binokularen Verschmelzung ist es in beiden Fällen *a*, welches scheinbar vor *b* liegt, in beiden Fällen also das weiter temporalwärts auf der Retina gelegene Bild.

Der Versuch, in der angegebenen Form zum erstenmal von Panum beschrieben ¹⁾, wiederholt in seinen Grundzügen ein schon früher von

¹⁾ P. L. Panum, Physiologische Untersuchungen über das Sehen mit zwei Augen. Kiel 1858. S. 75 ff. Ganz abweichende Beobachtungen will A. Nagel bei dem Versuch gemacht haben (Das Sehen mit zwei Augen und die Lehre von den identischen Netzhautstellen. Leipzig und Heidelberg 1861. S. 61 ff.). Da es sich zweifellos um eine willkürliche, individuell bedingte Auffassung bei ihm handelt, kann von einer Diskussion seiner Angaben Abstand genommen werden. Unter allen Autoren herrscht sonst Einmütigkeit hinsichtlich des Phänomenologischen bei dem Versuch.

Wheatstone angegebenes Experiment¹⁾, das nur insofern von dem Panumschen Versuch abweicht, als es anstatt der beiden Parallelen zwei unter spitzem Winkel sich kreuzende Gerade verwendet.

Erzeugt man durch Kreuzung der Gesichtslinien vor der Papier-ebene aus den Linien ein binokulares Sammelbild, indem man das Halbbild der isolierten Vertikalen mit der Vertikalen in der Gruppe links zur Deckung bringt, so tritt wiederum ein Tiefeneffekt ein, indem die schräge Linie mit ihrem oberen Ende vor, mit ihrem unteren hinter die vertikale Linie tritt. Da das Halbbild der Liniengruppe in

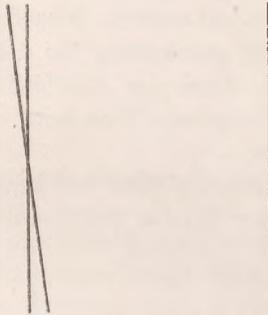


Fig. 3.

unserem Fall dem rechten Auge entstammt, so überzeugt man sich leicht, daß auch in diesem Fall die weiter temporalwärts sich abbildenden Punkte nach vorn, die nasalwärts auf der Retina gelegenen Punkte nach rückwärts lokalisiert sind. — Bemerkte sei noch, daß Wheatstone nicht, wie es in unserer Figur 3 der Fall ist, alle Linien mit gleich starken Strichen auszog, sondern die schräge Linie sowie die isolierte Vertikale stärker als die Vertikale in der Gruppe links machte, aus Gründen, die in seiner speziellen Beweisabsicht lagen. Auf die Erscheinung, die uns hier interessiert, hat diese Änderung keinerlei Einfluß.

§ 2. ERKLÄRUNGSVERSUCHE.

Was uns an den beschriebenen oder ähnlichen Versuchen interessiert, sind die eigenartigen Tiefenverhältnisse, die sich hier aufdrängen, indem wir fragen: wie kommt es, daß wir beim Panumschen

¹⁾ Ch. Wheatstone, Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes. Poggen-
dorffs Annalen. Ergänzungsband. 1842. S. 30.

Phänomen oder im Wheatstoneschen Versuch die temporal auf der Netzhaut sich abbildenden Teile jeweils als die vorderen, die nasalwärts sich abbildenden Teile als die hinteren wahrnehmen?

Wheatstone seinerseits glaubte mit Hilfe seines Versuches beweisen zu können, daß wir nicht nur mit korrespondierenden, sondern auch mit nichtkorrespondierenden Stellen der beiden Netzhäute einfach, andererseits mit korrespondierenden Stellen doppelt sehen können, indem er annahm, daß bei seinem Linienversuch die beiden stark ausgezogenen Linien, also die isolierte Vertikale und die schräge Linie in der Liniengruppe links miteinander verschmelzen und zusammen den stereoskopischen Effekt hervorbringen, während die korrespondierende Richtung für die isolierte Vertikale im Sehfeld des anderen Auges durch die schmale Vertikale bezeichnet sei. Daß diese Voraussetzung falsch war, daß bei korrekter Verschmelzung immer nur die beiden gleichgerichteten Geraden verschmelzen, daß wir nie mit nichtkorrespondierenden, sondern immer nur mit korrespondierenden Netzhautstellen einfach sehen, hat später Hering ausführlich bewiesen¹⁾.

Auch die Deutung, die Panum dem nach ihm benannten Phänomen gab, hat kaum noch mehr als historisches Interesse zu beanspruchen und mag nur in Kürze erwähnt sein. Für ihn war das Phänomen ein Beweis für die Richtigkeit der von ihm vertretenen Projektionstheorie, wonach das Tiefensehen mit zwei Augen darauf beruht, daß wir die Projektionslinien zweier vom selben objektiven Punkt herrührenden Bildpunkte in beiden Netzhäuten (ihre Verbindungslinien mit den Pupillenmitten) aufeinander beziehen und so die Empfindung eines bestimmten, nämlich im Schnittpunkt dieser Projektionslinien befindlichen Ortes gewinnen.

Es seien in der beistehenden Figur die drei Linien der Figur 1 durch drei Punkte ersetzt. Mögen dann die Punkte *a* und *c* oder *b* und *c* beiderseits auf korrespondierenden Netzhautstellen liegen, so wird auf jeden Fall die Projektionslinie des Punktes *c* sich mit der Projektionslinie von *b* weiter

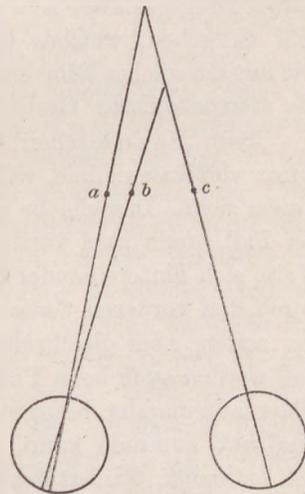


Fig. 4.

¹⁾ E. Hering, Beiträge zur Physiologie. Zweites Heft. Leipzig 1862. S. 81 ff.

vorne als mit der Projektionslinie von a schneiden müssen. Demnach wird auch b scheinbar weiter vorn als Punkt a liegen. Panum erblickt darin den einfachsten Fall der für das binokulare Tiefensehen geltenden Regel, „daß der scheinbare Ort eines durch zwei zusammengehörige Komponenten entstandenen Sammelbildes im gemeinschaftlichen Sehfeld durch die Kreuzungspunkte der den Komponenten entsprechenden Projektionslinien bestimmt wird“¹⁾.

Wie gesagt, hat diese Ansicht heute kaum mehr als historisches Interesse zu beanspruchen. Letzten Endes auf den intellektualistischen Anschauungen des 18. Jahrhunderts fußend, unterläßt es die Projektionstheorie, mit unseren wirklichen Erlebnissen beim Raumschauen Fühlung zu nehmen und kann schließlich mit rein imaginären Voraussetzungen die Vernachlässigung des Tatsächlichen eben doch nicht wieder gutmachen. Auch für das Tatsächliche, das uns im Panumschen Phänomen entgegentritt, wird man kaum ein Verständnis aus dieser Theorie schöpfen.

Streng empirisch ist die Deutung Herings. „Will man wissen, wie zwei ebene inkongruente Zeichnungen stereoskopisch erscheinen werden, so hat man zuerst zu bedenken, wie ein wirkliches körperhaftes Ding gestaltet sein müßte, um jedem Auge dasselbe Netzhautbild zu geben, welches die ebenen Zeichnungen erzeugen. Ebenso wie uns ein solches Ding erscheinen würde, erscheint uns im allgemeinen die stereoskopische Gestalt aus den beiden Zeichnungen“²⁾.

Beim Panumschen Versuch nun hat das eine Auge das Bild einer vertikalen Linie, während das andere gleichzeitig zwei vertikale Linien sieht. Das gleiche aber ist beim Sehen wirklicher Gegenstände der Fall, wenn zwei vertikale Gegenstände, zwei Stäbe z. B., in der Weise sich hintereinander befinden, daß für das eine Auge der hintere durch den vorderen verdeckt ist, so daß dieses Auge nur einen Stab, das andere aber gleichzeitig zwei Stäbe wahrnimmt. Analog diesem Fall werden auch beim Panumschen Versuch die beiderseitigen Halbbilder aufeinander bezogen und es wird verständlich, wie es zu dem Eindruck kommen kann, als ob die beiden Linien hintereinander sich befänden. Fixiert das linke Auge die Linie c (Fig. 1), das rechte a , so muß b im rechten Auge als ungekreuztes Halbbild erscheinen und wird somit auf ein ferneres Objekt bezogen; wird c dagegen mit b zu einer Linie verschmolzen, so muß a in diesem Falle als gekreuztes

¹⁾ a. a. O. S. 81.

²⁾ a. a. O. S. 83.

Halbbild erscheinen und somit näher als das fixierte b lokalisiert werden. Gleichgültig also, ob ich c mit a oder mit b zur Deckung bringe, so muß b auf jeden Fall näher, a aber in größerer Ferne erscheinen. — Auf entsprechende Weise erklärt sich der Tiefeneindruck bei Wheatstones Versuch, nur daß die beiden einander verdeckenden Geraden hier in einem Winkel gegeneinander geneigt sind ¹⁾.

In neuerer Zeit ist diese Erklärung Herings von Jänsch in Zweifel gezogen worden ²⁾. Indem er den Panumschen Versuch auf mannigfach modifizierte Weise wiederholte, glaubte er konstatieren zu müssen, daß der Versuch überhaupt nicht immer in der von Panum und Hering angegebenen Weise gelingt, sondern, je nachdem, bald die eine, bald die andere Linie im binokularen Sammelbild hervortritt. Der Ausfall des Versuchs hänge ausschließlich von der Richtung der Aufmerksamkeit oder genauer vom Wechsel der Aufmerksamkeitsrichtung ab: diejenige Linie, zu der die Aufmerksamkeit jeweils hinwandert und die deshalb fixiert wird, liegt eben deshalb scheinbar näher, während die andere Linie zurücktritt. Das Panumsche Phänomen in der bisher angenommenen Allgemeingültigkeit bestehe also gar nicht.

Nun geht aber aus den Versuchen, die Jänsch gemacht hat, doch nur das eine hervor, daß die charakteristische Eigentümlichkeit des Panumschen Phänomens, das regelmäßige Hervortreten der weiter temporalwärts auf der Netzhaut sich abbildenden Linie, nur dann aufhört, wenn der Abstand der beiden Linien über eine gewisse Größe hinausgeht. Gebe ich den beiden Parallelen der Fig. 1 nacheinander größere und größere Abstände, so wird bei vor dem Papier gekreuzten Schachsen im binokularen Sammelbild das Hervorspringen der außen gelegenen Linie (a) immer weniger deutlich, bis schließlich ein Punkt erreicht wird, wo die Tiefenwirkung überhaupt ganz ausbleibt oder auch ins Gegenteil umschlägt, so daß dann die mehr temporal auf der Netzhaut sich abbildende Linie (a) rückwärts, die nasal sich abbildende (b) aber vorne zu liegen scheint. Offenbar wird die Lokalisation der beiden Linien in diesem Fall von anderen Faktoren als denen abhängig, die bei engen Abständen sich wirksam erweisen, und sicher kommt unter denselben ein wichtiger Anteil auch der Aufmerksamkeit zu, wie aus den Versuchen von Jänsch hervorgeht und

¹⁾ Vgl. H. v. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. Hamburg u. Leipzig 1896. S. 882 f. u. 967.

²⁾ E. R. Jänsch, Über die Wahrnehmung des Raumes. Leipzig 1911. S. 46 ff.

auch auf Grund früherer Beobachtungen schon anzunehmen war. Hervorzuheben aber ist, daß bei engen Abständen die weiter temporal sich auf der Netzhaut abbildende Linie auch nach Jänsch immer zwangsmäßig nach vorn rückt und die Richtung der Aufmerksamkeit in diesem Fall ganz ohne Einfluß auf den Tiefencharakter bleibt. Nur für enge Abstände aber, nicht für beliebig weite Distanzen soll das Panumsche Phänomen nach Panum sowohl wie nach Hering Geltung beanspruchen. Mit Recht ist dies gegen Jänsch von Henning betont worden ¹⁾. —

Wenn Hering, wie auseinandergesetzt wurde, die in Frage stehenden Erscheinungen auf ein Erfahrungsmoment zurückführt, so sucht Henning in seiner kürzlich erschienenen Arbeit zu zeigen, „auf welche Weise dieses Erfahrungsmoment wirkt“ ²⁾.

Es kann von vornherein überflüssig scheinen, daß Henning diese Frage aufwirft. Wenn Hering sagt, das Panumsche Phänomen beruht auf Erfahrungen über räumliche Anordnungen, die wir gemacht haben, wenn beim Sehen körperlicher Gegenstände das eine Auge nur eine vertikale Begrenzung, das andere aber gleichzeitig zwei Begrenzungslinien wahrnimmt, so ist damit ja wohl alles gesagt, was möglicherweise dazu dient, uns auf Grund der besagten Erfahrung das Phänomen plausibel zu machen. Wie will Henning also die Wirksamkeit dieses Erfahrungsmomentes noch näher bestimmen?

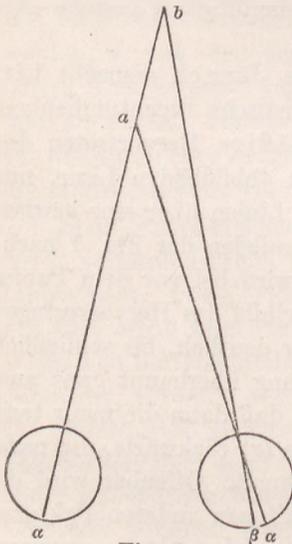


Fig. 5.

linke Auge verdeckt. Beide Augen fixieren a , so daß dessen Bildpunkt a beiderseits auf den Netzhautmitten liegt; b erscheint dann

¹⁾ H. Henning, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 70. 1914/15. S. 373 ff.

²⁾ a. a. O. S. 393.

als β bloß auf der rechten Netzhaut. Angenommen nun, der Punkt b befände sich in gleicher Tiefe, wie in der Figur angenommen ist, aber um ein wenig weiter nach rechts gerückt, so würde auch b in diesem Fall sich auf beiden Netzhäuten abbilden, sein Bildpunkt β im linken Auge würde um ein wenig links von a liegen müssen. Es müßten dann, wenn wir bei Fixation des Punktes a diesen nur einfach sehen, auch die den Netzhautpunkten $\beta\beta$ entsprechenden Empfindungsinhalte bei hinlänglich kleiner Querdissipation miteinander verschmelzen und, auf Grund der Querdissipation, b rückwärts von a erscheinen lassen. Denken wir uns dann den Objektpunkt b wieder langsam an seine alte Stelle gerückt, so würde zwar der Abstand der Bildpunkte β und a im linken Auge immer kleiner und kleiner und zuletzt verschwindend klein oder gleich Null werden, wie auch im rechten Auge β wieder näher an a heranrückte; aber doch müßte in allen diesen Phasen die Querdissipation der entsprechenden Bildpunkte annähernd konstant bleiben und müßte auch in der Schlußstellung, wenn β im linken Auge mit a zusammenfällt, die gleiche Funktion wie in den vorausgehenden Stellungen ausüben; auch in der Schlußstellung, d. h. in der Stellung, die unsere Figur zeigt, muß β in der linken Netzhaut, das jetzt identisch mit a ist, mit β auf der rechten Seite verschmelzen, während gleichzeitig a der linken und a der rechten Netzhaut ebenfalls zu einem einfachen Wahrnehmungsbild verschmelzen. Auch in dieser Schlußstellung muß aber ebenso wie in den vorangegangenen Stellungen die Querdissipation zwischen $\beta = a$ links und β rechts einen Tiefeneindruck erzeugen ¹⁾.

Es liegt nahe, dieser Überlegung sofort das eine entgegenzuhalten: wenn, wie Henning annimmt, nicht nur die Halbbilder des Punktes a , sondern zugleich auch die Bilder von a und b miteinander verschmelzen, so sehe ich überhaupt nur einen Punkt und jeder Anlaß fällt weg, von Tiefenunterschieden zu reden. Oder, auf den Panumschen Versuch und unsere Figur 1 angewandt: wenn die Linie c mit der Linie a ,

¹⁾ Auch P. Höfer bezeichnet in Anlehnung an Tschermak den Fall, wo von zwei hintereinander befindlichen Gegenständen der vordere den hinteren für das eine Auge verdeckt, als „Wheatstone-Panumschen Grenzfall“ (Pflügers Arch. Bd. 115. 1906. S. 483 ff.). Auch nach ihm versieht der Eindruck des Auges, dem der hintere Gegenstand verdeckt ist, zwei Funktionen zugleich, indem er mit dem korrespondierenden wie mit dem querdissipierten Eindruck des anderen Auges „zusammenarbeitet“, mit dem ersteren zusammen die Empfindung der Kernfläche, mit dem letzteren die zwangsmäßige Vorstellung einer bestimmten Tiefe erzeugt (S. 511). — Vgl. auch Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. S. 882.

zu gleicher Zeit aber auch mit der Linie b zu einer Einheit verschmilzt, so muß auch a mit b und außerdem auch mit dem Zwischenraum zwischen a und b verschmelzen und unser binokulares Sehfeld läuft Gefahr, auf diesem Weg schließlich auf einen einfachen Punkt zusammenzuschmelzen. Überdies scheint es, daß Hennings These auf die alte längst widerlegte Behauptung hinausläuft, es sei möglich, auch nichtkorrespondierende Punkte der Netzhäute miteinander zur Deckung zu bringen.

Schwerlich ist es Hennings Absicht, dergleichen im Ernst zu behaupten. Wenigstens läßt er selber es offen, ob es sich um eigentliche Verschmelzung der Wahrnehmungsbilder handelt oder um „das Eintreten einer Resultante aus zwei psychophysischen Erregungen“: Verschmelzung im angegebenen Zusammenhang soll nur besagen, daß die Nervenerrregung, die im Panumschen Versuch durch das Netzhautbild der isolierten Linie hervorgerufen wird, für das Zustandekommen der zwei Wahrnehmungsbilder im binokularen Sehfeld zu gleicher Zeit Einfluß besitzt ¹⁾.

Nun muß ja zugegeben werden, daß ein gegenseitiger, sei es direkter oder indirekter Einfluß von Nervenerrregungen, die räumlich getrennten Wahrnehmungsbildern entsprechen, durchaus im Bereich des Möglichen, ja Tatsächlichen liegt; es braucht nur auf bekannte Vorgänge beim Auffassen flächenhafter Gestalten, z. B. auf die sogenannten geometrisch-optischen Täuschungen verwiesen zu werden. Aber es ist doch sicher nicht Hennings Ansicht, daß schlechterdings beliebige Punkte des binokularen Sehfelds auf Grund von „Doppel-funktionen“ nach Belieben als dreidimensionale Gestalten aufgefaßt werden können, sondern es müssen spezielle Voraussetzungen vorliegen, die im einzelnen Fall eine bestimmte Raumauffassung, z. B. von etwas Vorspringendem oder etwas Hohlem, ermöglichen oder erzwingen. Beim Sehen wirklich körperhafter Dinge sind diese Voraussetzungen, wie man annimmt, in der Querdisparation und Verschmelzung gegeben: ein Objektpunkt erscheint im binokularen Sehfeld doppelt in Querdisparation oder bei hinlänglich kleiner Disparation auch zu einem einfachen Punkte verschmolzen und wird in entsprechender Nähe oder Ferne gesehen. Beim Panumschen Phänomen haben wir es mit zwei Linien zu tun, die scheinbar in verschiedener Entfernung liegen. Soll der Tiefeneindruck auch in diesem Fall auf Querdisparation beruhen, so muß demnach die eine Linie sowohl wie die andere doppelt

¹⁾ a. a. O. S. 389.

da sein, und wenn jede gleichwohl nur einfach erscheint, so kann die Einfachheit nur scheinbar und durch die Verschmelzung zweier Halbbilder bedingt sein.

Auch weist alles, was Henning zugunsten seiner Ansicht vorbringt, ganz ausschließlich in die Richtung, daß das, was er im Auge hat, nur wirkliche Verschmelzung sein kann. Indem er sich des Spiegelhaploskops zur Demonstration des Panumschen Phänomens bedient und auf dem einen Rahmen des Apparats in engem Abstand zwei Fäden, auf dem anderen Rahmen einen Faden spannt, zeigt er, daß im binokularen Sammelbild beide Fäden zu zittern beginnen, wenn faktisch nur der eine isolierte Faden in Schwingung versetzt wird, daß die Färbung des isolierten Fadens sich in der Farbe der beiden Fäden des Sammelbildes verrät, wenn für die drei Fäden lauter verschiedene Farben benutzt werden, daß aus beiden Fäden des Sammelbildes zu gleicher Zeit das Bild des isolierten Fadens herauspringt, wenn man dem isolierten Faden plötzlich einen Stoß gibt, und schließlich, daß bei Kennzeichnung des isolierten Fadens durch irgendwelche Marken diese Marken sich wiederum an beiden Fäden des Sammelbildes zugleich finden. — Man sieht, alle diese Argumente bedeuten doch ausschließlich eine wirkliche Verschmelzung, eine wirkliche doppelte Verschmelzung des isolierten Fadens: der isolierte Faden (*c* in Fig. 1) muß im binokularen Sehfeld nicht nur an der Stelle des Fadens *a*, sondern zugleich auch an der Stelle des Fadens *b* sein, wenn wirklich sein bewegter Umriß in beiden zugleich sichtbar sein soll, oder wenn wirklich seine Färbung sich beiden zugleich mitteilt, so daß der eine Faden, an sich z. B. gelb, orangefarben, der andere, an sich blau, violett wird usw. Hennings Verschmelzung kann sonach nur wirkliche Verschmelzung und die angebliche „Doppelfunktion“ nichts anderes als Verschmelzung eines Punktes im monokularen Sehfeld mit zwei durch einen Zwischenraum getrennten Punkte des anderen monokularen Sehfelds zur gleichen Zeit sein, wobei freilich — sonderbarerweise — der Zwischenraum von der Verschmelzung ausgeschlossen sein soll ¹⁾.

¹⁾ In dem S. 265 Anm. 1 zitierten Aufsatz von Höfer, in dem ähnlich wie bei Henning von einer zweifachen Funktion des isolierten Eindrucks die Rede ist, taucht vorübergehend die Vorstellung auf, daß unter Aufhören der Verschmelzung der beiderseits fixierten Eindrücke ein stereoskopisches Einfachsehen mit disparaten Eindrücken, nämlich auf der einen Seite dem fixierten, auf der anderen Seite dem parazentrisch neben diesem gelegenen zweiten Eindruck stattfindende alte Wheatstonesche Erklärungsprinzip. Jedoch weist Höfer selber diese

Man wird Hennings Argumente danach nicht sehr ernst nehmen. Schon Jänsch, der gleiche Beobachtungen gemacht hat, denkt daran, den Grund der scheinbaren Doppelverschmelzung darin zu suchen, „daß sich die Fixation in schnellem Wechsel bald dem einen, bald dem anderen Faden zuwendet“¹⁾. Vor allem müßte es in jedem einzelnen Falle absolut gewiß sein, daß das Netzhautbild der isolierten Linie im einen und das Netzhautbild von einer der beiden Linien im anderen Auge auch wirklich korrespondierende Lagen einnehmen, wenn die zweifache Verschmelzung eintritt. Es müßte insbesondere daran gedacht sein, daß bei Konvergenz der Gesichtslinien wegen der Raddrehung der Augäpfel vertikal gespannte Fäden nicht streng vertikal, sondern um einen Winkel gegeneinander geneigt scheinen und dieser Neigungswinkel mit jeder Fixationsänderung ebenfalls eine Änderung erfährt. Gesetzt also, es soll bei gegebener Konvergenzgröße der isolierte Faden *c* des rechten Sehfeldes mit dem links im linken Sehfeld gelegenen Faden — er heiße *a* — zur Deckung gebracht werden, so muß ich *c* und *a* (eventuell gleich auch *b*) mit ihren oberen Enden um einen bestimmten Betrag einander nähern, oder aber die Spiegel des Haploskops aus der vertikalen Ebene entsprechend herausdrehen. Will ich dann dazu übergehen, auch *c* und *b* durch noch stärkere Konvergenz miteinander zu verschmelzen, so werden gleichzeitig die Netzhautbilder der vertikalen Linien mit ihren oberen Enden sich wieder voneinander abwenden und es müßte daher, wenn es auf strenge Genauigkeit abgesehen ist, abermals eine Änderung, sei es der Spiegel-lage oder der Fadenaufhängung, vorgenommen werden, und so entsprechend bei jedem folgenden Wechsel der Fixation. — Es ist fraglich, ob Henning in dieser Weise für völlig genaue Korrespondenz der Bildlagen gesorgt hat, da bestimmte Angaben sich bei ihm nicht finden, außer der Bemerkung, daß die Erscheinung der in Frage stehenden doppelten Verschmelzung deutlich nur zu beobachten war,

Erklärung zurück (a. a. O. S. 512). Er erwägt vielmehr, ob in dem „Wheatstone-Panumschen Grenzfall“ mit realen, hintereinander befindlichen Objekten nicht etwa die Helligkeit oder Farbe des deckenden Eindrucks auf jene des gedeckten Eindrucks irgendwelche Bedeutung besitzt — eine Vorstellung, die ganz außer Betracht kommt, wenn man den Versuch nicht mit realen hintereinander befindlichen Objekten, sondern mit ebenen Zeichnungen macht — oder aber, ob vielleicht „eine ausschließlich subjektiv-räumliche Einflußnahme stattfindet“ (a. a. O. S. 511). Es ist schwer, zu diesem Vorschlag Stellung zu nehmen, solange nicht gesagt wird, wie denn diese „ausschließlich subjektiv-räumliche Einflußnahme“ gedacht ist.

¹⁾ a. a. O. S. 62.

„wenn richtig verschmolzen wurde“¹⁾. Mir selber ist es bei Wiederholung des Versuchs nur gelungen, die fragliche Erscheinung zu beobachten, wenn nicht richtige, d. h. nicht genaue Verschmelzung vorlag, wenn die zu verschmelzenden Linien um einen, sei es noch so kleinen Betrag voneinander abwichen²⁾. Daß es in diesem Fall aber leicht zum Schein einer zweifachen Verschmelzung kommt, ist verständlich: wenn die Linien, deren Deckung beabsichtigt ist, in Wirklichkeit sich kreuzen, so kann es leicht der Fall sein, daß das Bild der isolierten Linie irgendwo sich der zweiten Linie des Linienpaares in einem Maß nähert, daß ein Auseinanderhalten schwer wird, namentlich wenn die Fixation nicht vollkommen genau ist, wofür eine absolute Gewähr ja wohl niemals vorliegt.

Nach allem dürfte es doch wahrscheinlich sein, daß Hennings Beobachtungen nicht im Sinne einer vorgeblichen Doppelfunktion, sondern auf irgend eine andere Weise erklärt werden müssen.

§ 3. HERINGS EMPIRISCHE DEUTUNG DES PANUMSCHEN PHÄNOMENS.

Soweit wir bis jetzt sehen können, dürfte also Herings Erklärung nicht ernstlich anzufechten sein. Beschränken wir uns, wie bisher, auf den Versuch mit einer isolierten Geraden und zwei Parallelen oder auf die Anordnung von Wheatstone, so scheint das Tiefensehen in diesen Fällen vollständig aufgeklärt durch die Erfahrung, die wir beim Sehen wirklich körperhafter Gegenstände machen, die sich in einer durch die Gesichtslinie des einen Auges gelegten Ebene ausdehnen. Herings Erklärung in diesen Fällen scheint, trotz Jänsch, eine uneingeschränkte Gültigkeit beanspruchen zu können, und es scheint ihr andererseits, trotz Henning, kein weiterer Zusatz nötig zu sein.

Nun läßt sich aber zeigen, daß in gewissen Fällen mit dieser Erklärung schlechterdings nichts anzufangen ist, so daß auch dort, wo der Vorstellung eines Verdecktseins tatsächlich nichts im Weg steht, ihr nur eine fragliche Bedeutung für die Erklärung des Phänomens zukommen kann.

¹⁾ a. a. O. S. 391.

²⁾ Vgl. die von Henning selber zitierten Ausführungen Herings, Beiträge zur Physiologie. Heft 2. S. 89 ff.

Anstatt nämlich Punkte oder, wie in den bisher beschriebenen Versuchen, einfache Linien zu nehmen, kann ich die Panumsche Erscheinung auch dadurch hervorrufen, daß ich dem einen Auge das Bild einer irgendwie begrenzten Fläche, dem anderen eine ähnliche, aber doppelt umränderte Fläche biete. Es werde etwa (Fig. 6) bei

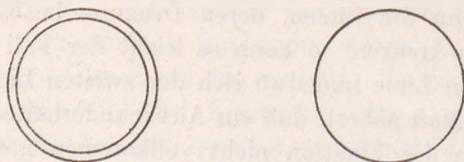


Fig. 6.

vor der Papierebene gekreuzten Gesichtslinien dem linken Auge der einfache, dem rechten der doppelte Kreis dargeboten. Bringe ich die beiden Halbbilder durch entsprechende Konvergenz dann zur Deckung, so verschmilzt das Bild des isolierten Kreises mit dem gleich großen äußeren Kreis der Doppelfigur, während der kleinere innere Kreis als einfaches Halbbild inmitten des entstehenden Sammelbildes stehen bleibt. Aber gleichzeitig erscheint der innere Kreis stereoskopisch verändert. Mit seinem linken Rand erscheint er hinter, mit seinem rechten Rand vor die Papierebene und demnach ebenso gegen die Ebene des großen Kreises gedreht. — Entsprechendes läßt sich beobachten, wenn man die Figur eines einfachen und doppelt umränderten Quadrates, Dreiecks usw. verwendet.

Hier nun versagt Herings Erklärungsprinzip völlig. Wie sollte man einen wirklich körperhaften Gegenstand sich denken können, dessen Teile dermaßen sich gegenseitig verdecken, daß das eine Auge das Bild zweier konzentrischer Kreise, das andere aber gleichzeitig nur das Bild eines einzigen Kreises erhält? Setzen wir etwa den Fall, es handle sich um zwei Ringe, die räumlich wirklich sich so zueinander verhielten, wie die zwei Kreise in unserem Versuch gegeneinander gedreht scheinen, die also, ineinander gesteckt, mit ihren Ebenen einen Winkel von 30° ungefähr einschließen. Mag ich dann die Gruppe der beiden Ringe wie immer betrachten, so ist doch keine Lage denkbar, von der aus ich mit dem einen Auge das Bild zweier Kreise, mit dem anderen das eines einzigen Kreises gewinne, so wie es bei unserer Versuchsanordnung der Fall ist. Immer sehe ich mit jedem Auge zwei Ringe, für die überwiegende Zahl der denkbaren Lagen perspektivisch verkürzt.

Auf Erfahrung im Sinne Herings läßt sich also der Tiefeneindruck in diesem Fall wie in allen Fällen, wo der Schein zweier gegeneinander geneigter Flächen vorliegt, unmöglich zurückführen, und es ist daher die Frage, ob selbst bei Verwendung einfacher Punkte oder Linien Herings Prinzip die Kausalität der Erscheinung zutreffend angibt. Wenn es im einen Falle nicht anwendbar ist, so kann es unmöglich im anderen gleichgearteten Falle das Wesentliche, auf das es ankommt, richtig bezeichnen. Es könnte der Erfahrung im Sinne Herings höchstens die Rolle einer subsidiären, die Wirkung verstärkenden, aber keineswegs unerläßlichen Bedingung zukommen.

Daß es sich aber in den Versuchen mit Flächen um Erscheinungen derselben Art wie bei der Grundform des Versuchs mit einfachen Linien handelt, läßt sich daraus ermessen, daß die Regel, die oben (§ 1) für den Tiefeneffekt beim einfachen Linienversuch aufgestellt wurde, mit den gleichen Ausdrücken auch auf den Flächenversuch anwendbar ist. Wie im Sammelbild der vertikalen oder schrägen Linien immer diejenige Linie vortritt, die weiter temporalwärts auf der Netzhaut sich abbildet, so liegt auch bei Verwendung von Flächen immer diejenige Fläche scheinbar näher, deren Begrenzungslinie die Retina weiter temporalwärts als die andere trifft. Wenn ich z. B. in Fig. 6 durch Kreuzung der Augenachsen vor der Papierebene das Sammelbild herstelle, d. h. also mit dem linken Auge die einfache Kreislinie, mit dem rechten aber den doppelten Kreis sehe und zugleich den Eindruck gewinne, als sei der kleine, d. h. nur mit dem rechten Auge gesehene Kreis mit seiner linken Hälfte nach hinten, mit seiner rechten Hälfte aber nach vorne gedreht, so sind offenbar alle Umstände gegeben, welche jene Regel aussagt. Denn betrachte ich das Sammelbild in seiner äußersten linken Partie, wo der kleine Ring scheinbar am weitesten hinter den großen zurückspringt, so ist es hier die Linie des großen Ringes, die auf der (rechten) Netzhaut stärker temporalwärts als die des kleinen Ringes sich abbildet, und lasse ich den Blick dann in die Randzone der rechten Hälfte schweifen, wo der kleine Ring am stärksten vor den größeren Ring vortritt, so ist es umgekehrt hier der kleine Ring, dessen Bildpunkte weiter temporalwärts als die des großen auf der Netzhaut liegen. In der Regel aber werde ich beim Betrachten des Sammelbildes die äußersten linken und die äußersten rechten Partien der Figur nacheinander abwechselnd betrachten und so die Voraussetzungen für diese Lagen der Bildpunkte herstellen. Und indem ich die Tiefeneindrücke, die ich nach-

einander in beiden Positionen gewinne, aufeinander beziehe, muß so die Vorstellung zweier gegeneinander geneigter und sich durchdringender Ebenen entstehen.

§ 4. DAS PANUMSCHE PHÄNOMEN UND HERINGS THEORIE DER ANGEBORENEN TIEFENWERTE DER NETZHAUT.

Abgesehen von der Erklärung des Panumschen Phänomens durch die Vorstellung eines Verdecktseins hat Hering den in Frage stehenden Erscheinungen noch eine andere Deutung gegeben, indem er glaubt, sie mit seiner Ansicht über die Grundlagen unseres Tiefensehens in Einklang bringen zu können ¹⁾.

Wird in einem Auge ein Punkt der temporalen Netzhauthälfte gereizt, so entsteht nach dieser Ansicht ursprünglich, d. h. ehe uns noch die Erfahrung über die räumliche Beschaffenheit der uns umgebenden Dinge genauer belehrt hat, die Vorstellung eines Lichtpunktes, der näher gelegen ist als der jeweils fixierte Punkt, und zwar um so näher, je mehr die gereizte Stelle der Netzhaut temporalwärts gelegen ist. Wird umgekehrt ein Punkt der nasalen Netzhauthälfte gereizt, so verbindet sich mit der resultierenden Lichtempfindung die Vorstellung einer Entfernung, die größer ist als die Entfernung des eben fixierten Punktes, und zwar um so größer, je weiter der Reizpunkt auf der Netzhaut nasalwärts gelegen ist. So reagiert ein jeder Punkt der Netzhaut mit der Vorstellung einer bestimmten Entfernung, die ein für allemal an seine Reizung geknüpft ist, in der Weise, daß die vorgestellte Entfernung, wenn man die Lage des fixierten Punktes gleich Null setzt, in der Richtung auf die nasale Begrenzung der Netzhaut im positiven Sinne, in der Richtung auf die temporale Begrenzung aber im negativen Sinne anwächst. Wirkt nun gleichzeitig ein Objekt auf beiden Netzhäuten als Reiz ein, so bestehen die Möglichkeiten, daß die Reizstellen entweder beiderseits nasal oder beiderseits temporal oder im einen Auge nasal, im anderen aber temporal gelegen sind. Differieren dabei die Reizstellen nur um ein Geringes von korrespondierenden Lagen, so daß die beiderseitigen Empfindungen im gemeinschaftlichen Sehfelde zu einem einheitlichen Lichtpunkt

¹⁾ Beiträge zur Physiologie. Heft 5. 1864. S. 341. Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medizin. 1865. S. 155.

verschmelzen, so weist dieser Lichtpunkt auch nur eine einheitlich bestimmte Tiefe auf, die dann die Resultante der Tiefenwerte der beiderseitigen gereizten Netzhautstellen ist.

Angenommen nun, es seien in Fig. 1 bei vor der Papierebene gekreuzten Schachsen die Linien a und c fixiert, so liegen ihre Bilder beiderseits auf den Mitten der Netzhaut, während b auf die nasale Netzhauthälfte zu liegen kommt: also muß nach Herings Hypothese b positiven Tiefenwert annehmen und in größerer Ferne als das einfach gesehene $a (= c)$ erscheinen. Oder nehmen wir an, es werde b und c gleichzeitig fixiert, so muß a dann auf der temporalen Netzhaut liegen, somit negativen Tiefenwert annehmen und demgemäß in größere Nähe verlegt werden.

Offenbar ist es weniger Herings Absicht, durch Annahme angeborener Tiefenwerte der Netzhaut die eigenartigen Erscheinungen des Panumschen Phänomens zu erklären, als vielmehr durch sie selber eine Hypothese zu stützen, die ihm aus anderweitigen Gründen geboten erscheint. Es fragt sich also: ruht diese Hypothese, abgesehen vom Panumschen Phänomen, auf sicherer Grundlage und ist sie geeignet, den Fall der Übereinstimmung mit ihr als Erklärung erscheinen zu lassen? Denn gesetzt auch, daß kein Widerspruch sich ergibt, soweit das Panumsche Phänomen in Betracht kommt, so würde sie doch nicht als Erklärung desselben gelten können, wenn sie in sich selber unwahrscheinlich ist und schwere Bedenken gegen sie sprechen.

Es sei daher gestattet, einige der wichtigsten Bedenken hier anzuführen, die gegen die Hypothese sprechen, — die nachfolgenden Ausführungen werden es rechtfertigen, wenn wir im Vorübergehen hier uns bei dieser Frage etwas aufhalten.

1. Helmholtz macht geltend: „Man nehme vor die Mitte des Gesichts einen schwarzen Papierstreifen, dessen Breite der Distanz der Augen voneinander gleichkommt. Dann sieht das rechte Auge nur die rechte Hälfte der vorliegenden Objekte, das linke nur die linke Hälfte. Das ganze Gesichtsfeld wird monokular gesehen . . . Alle Bedingungen also bei diesem Versuche scheinen mir dazu angetan, die von Herrn Hering supponierten Tiefengefühle rein zur Erscheinung kommen zu lassen, und man sollte erwarten, nun die beiden Teile der Wand an der Stelle, wo die Grenze der beiden Sehfelder liegt, unter einem ziemlich kleinen spitzen Winkel zusammenstoßen zu sehen, wie eine Messerschneide, die gegen den Beobachter gekehrt ist.

Davon ist aber keine Spur zu sehen, die Wand erscheint ganz flach, gerade so wie sie mit beiden Augen gesehen erscheint“ ¹⁾).

2. Mehr theoretisch ist folgender Einwand Helmholtz': „Wenn a und α korrespondierende Netzhautstellen sind, b eine dem a benachbarte in demselben Auge wie α , und gleiche Bilder auf b und α entworfen werden, so verschmelzen sie nach Herrn Herings Meinung, weil sie in Qualität gleich, im Richtungsgefühl sehr ähnlich und nur in Tiefengefühlen erheblich verschieden sind, und weil wir uns nicht die Zeit nehmen, diese Bilder getrennt zu betrachten Nun frage ich, warum unterscheiden wir denn aber soviel eher und leichter, wenn zwei gleichartige Bilder auf die Netzhautstellen a und b fallen. Diese sind dann nämlich nicht bloß qualitativ gleich, und haben in den Richtungsgefühlen denselben gleichen Unterschied wie b und α , sondern sie haben auch einen ebenso kleinen Unterschied im Tiefengefühl, während b und α in diesem einen sehr großen Unterschied darbieten. Aus Herrn Herings Darstellung würde also folgen, daß die Empfindungen a und b noch sehr viel leichter verschmelzen müßten als die von α und b , was aber der Erfahrung geradezu widerspricht ²⁾.“

3. Bekannt ist, wie schwer es fällt, bei einäugigem Beobachten einen einzelnen Punkt der Tiefe nach zu lokalisieren, wenn nicht die Erfahrung uns irgendwelche Anhaltspunkte zur richtigen Lokalisierung an die Hand gibt. Lassen wir nun einen solchen Punkt bei unbewegtem Auge in stets gleicher Entfernung über verschiedene Teile des monokularen Sehfeldes wandern, so müßte der Punkt sich jedesmal zu nähern scheinen, wenn er auf temporalen Teilen der Netzhaut sich abbildet, und müßte scheinbar in größere Ferne rücken, sowie sein Bildpunkt auf nasale Partien der Netzhaut zu liegen kommt, was aber keineswegs der Fall ist.

4. Man fixiere mit beiden Augen einen Punkt in einiger Entfernung und halte seitlich, jedoch näher, eine Nadel vors Gesicht, auch nicht zu nahe an die Gesichtslinie, so daß das innere der entstehenden beiden Halbbilder durch einen größeren Gesichtswinkel vom fixierten Punkte getrennt bleibt. Das eine der beiden Halbbilder entstammt dann der temporalen Hälfte der einen Netzhaut, das andere der nasalen Hälfte der anderen und nach Herings Theorie wäre daher zu erwarten, daß jenes näher, und zwar, bei dem angenommenen größeren

¹⁾ Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. S. 967.

²⁾ a. a. O. S. 961 f.

Breitenabstand, beträchtlich näher, dieses umgekehrt ferner, und zwar beträchtlich ferner als der fixierte Punkt zu sein scheint, was aber wieder nicht der Fall ist.

So wird man nicht sagen können, daß Herings Hypothese von dem Tiefenwert der nasalen und temporalen Netzhauthälften eine sehr wahrscheinliche Hypothese ist, und wird nicht geneigt sein, das Panumsche Phänomen schon für erklärt zu halten, weil es scheinbar mit dieser Hypothese übereinstimmt.

Aber abgesehen davon, daß eine Übereinstimmung in diesem Falle noch nicht einer Erklärung gleichkommt, ist die Übereinstimmung des Panumschen Phänomens mit Herings Hypothese überhaupt nur eine scheinbare. Das stereoskopische Verhalten der beiden Linien des Sammelbildes verträgt sich mit der Annahme angeborener Fernwerte der nasalen und angeborener Nähewerte der temporalen Netzhauthälfte nur, solange man, wie das Hering tut, mit dem einen Auge, dem die isolierte Linie geboten ist (c in Fig. 1), diese Linie fixiert, während gleichzeitig vom anderen Auge die eine oder die andere Linie des Linienpaares ($a\ b$) fixiert wird. Wird der Versuch in dieser Weise gemacht, dann muß allerdings, wie auseinandergesetzt wurde, die eine nichtfixierte Linie des Linienpaares immer auf die temporale bzw. nasale Netzhauthälfte fallen und könnte dann, wenn sie vor oder hinter der beiderseits fixierten und darum einfach gesehenen Linie erscheint, diese Tiefenwirkung möglicherweise einem angeborenen Nähewert der temporalen bzw. einem angeborenen Fernwert der nasalen Netzhauthälfte verdanken. Nun läßt sich der Versuch aber auch noch in anderer Weise machen. Man kann die isolierte Linie des einen Auges (c in Fig. 1) mit einer der beiden Linien des anderen verschmelzen (z. B. b), nun aber nicht, wie bisher geschah, diese verschmolzene Linie, sondern die unverschmolzene, nur von einem Auge gesehene Linie des Linienpaares fixieren (also z. B. a in Fig. 1). Es liegt dann a im einen Auge an der Stelle des deutlichsten Sehens, während b im gleichen und c im anderen Auge sich seitwärts an korrespondierenden Stellen abbilden. Nach Hering müßten dann die Linien b und c gleichgroße, aber mit entgegengesetztem Vorzeichen versehene Tiefenwerte annehmen und zusammen somit in der Tiefe = 0, d. h. in derselben Tiefe wie die fixierte Linie, also a in unserem Fall, erscheinen. Tatsächlich trifft diese Voraussetzung aber nicht zu, der Versuch gelingt auch unter den angegebenen Umständen, das Sammelbild $b\ c$ erscheint immer und ausnahmslos bei vor der Papierebene gekreuzten Sehachsen hinter dem monokular gesehenen a .

Nun wird die Ausführung des Versuchs in der angegebenen Weise leicht daran scheitern, daß es schwer fällt, mit dem rechten Auge a , mit dem linken aber gleichzeitig nicht c , sondern eine etwas links neben c gelegene Stelle des Papiers zu fixieren, so daß in dem entstehenden Sammelbild a allein in der Mitte des Sehfelds, $b c$ aber zu einer Einheit verschmolzen rechts seitwärts davon erscheint; un-

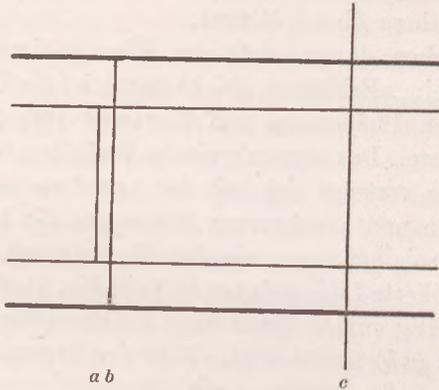


Fig. 7.

willkürlich wird das linke Auge sich immer wieder auf c richten, so daß, mag vom rechten Auge a oder b fixiert sein, an derselben Stelle immer auch c zugleich auftaucht. Um dieser Schwierigkeit zu entgehen, möge man sich der Fig. 7 bedienen, die eine Modifikation der Fig. 1 ist.

Die drei vertikalen Linien seien, wie in Fig. 1, wieder von links nach rechts als a , b und c bezeichnet. Um nun eine Verschmelzung von b mit c unter allen Umständen festhalten zu können und auch bei Fixation von a die Linie c aus dem Fixationspunkte zu verdrängen, ist die Linie b länger als a gemacht. Dadurch wird die Fusionstendenz des ebenfalls längeren c der Linie b gegenüber größer als gegenüber a und es wird so möglich, wenn das rechte Auge a fixiert, nunmehr den Fixationszwang, dem das linke Auge hinsichtlich der Linie c bei gleich langen Linien sonst leicht unterliegt, zu überwinden. Indem ferner c noch länger als b gemacht ist, kann man sich leicht davon überzeugen, an welcher Stelle im binokularen Sehfeld jeweils die Linie c liegt, da nur c über die oberste wie über die unterste horizontale Linie noch hervorragt. Läßt man nun die Sehachsen vor der Papierebene sich kreuzen und bringt die beiderseitigen Linienbilder zur Deckung, so wird die Verschmelzung ungezwungen nunmehr in der Weise ein-

treten, daß b und c sich miteinander decken, a aber monokular gesehen wird. Man kann dann beliebig die Linie $b (= c)$ oder a fixieren, an dem Tiefeneffekt ändert sich aber, wie gesagt, nichts dadurch: a erscheint, bei vor der Papirebene gekreuzten Gesichtslinien, allemal näher, $b c$ weiter hinten.

Weit entfernt davon also, daß das Panumsche Phänomen als Stütze für Herings Theorie des Tiefensehens geltend gemacht werden dürfte oder gar aus ihr erklärt werden kann, glaube ich in ihm umgekehrt ein weiteres Argument gegen sie zu erblicken. Es ist ein Kardinalpunkt in Herings Theorie, daß auf korrespondierenden Stellen sich abbildende Punkte (Punkte, die im Horopter gelegen sind), weil mit gleichgroßen, aber entgegengesetzt gerichteten Tiefenwerten versehen, in der Tiefe gleich Null, d. h. in der Ebene des fixierten Punktes erscheinen müssen; das Panumsche Phänomen zeigt, daß dies keineswegs immer der Fall ist, daß unter Umständen korrespondierend sich abbildende Punkte auch hinter oder, je nachdem, vor der Ebene des fixierten Punktes erscheinen¹⁾.

Ich glaube sonach die Heringsche Theorie als endgültig widerlegt ansehen zu dürfen.

§ 5. DIE SPEZIFISCHE TIEFENAUFFASSUNG DES RECHTEN UND DES LINKEN AUGES.

Wir sehen uns aufs neue dem Problem gegenübergestellt, das das Panumsche Phänomen uns aufgibt. Weder Herings empirische

¹⁾ In diesem Zusammenhang mag auch auf die Untersuchungen B. von Liebermanns aufmerksam gemacht werden (*Zeitschrift für Sinnesphysiologie*. Bd. 44. 1910. S. 428 ff.). Während Hillebrand (*Zeitschrift für Psychologie*. Bd. 5. 1893. S. 1 ff.) im Sinne Herings nachwies, daß die Reizung korrespondierend gelegener Punkte der Netzhaut ein für allemal mit dem Eindruck verknüpft ist, daß die entsprechenden Objektpunkte in der Kernfläche liegen, kam Liebermann zu einem abweichenden Ergebnis. Indem er in verschiedenen Entfernungen drei Fäden in eine der Frontalebene scheinbar parallele Ebene einstellen ließ und die retinalen Bildpunkte durch Berechnung der Gesichtswinkel feststellte, fand er, daß ein seitlich gelegener Punkt der einen Netzhaut nicht immer mit einem und demselben (nämlich dem korrespondierenden) Punkt der anderen Netzhaut, sondern bei verschiedenen Entfernungen des Fixationspunktes mit wechselnden Punkten der anderen Netzhaut zusammen den Eindruck der Kernfläche bedingt. Wenn diese Angaben sich bestätigen, so würden auch sie ein entscheidendes Argument gegen die Annahme konstanter Tiefenwerte der einzelnen Netzhautstellen sein.

Erklärung, noch die Annahme angeborener Raumwerte der Netzhaut haben ans Ziel zu führen vermocht.

Nun ist mir beim Wiederholen des Versuchs gelegentlich die Idee einer möglichen Lösung gekommen.

Wenn ich nämlich die Doppellinie ($a\ b$ in Fig. 1) fixierte und mit zunehmender Konvergenz das Bild dieser Doppellinie langsam in zwei Halbbilder zerfallen ließ, so gewann ich gelegentlich den Eindruck, als ob die Vertikalen eines jeden der beiden Halbbilder bereits in die Tiefe auseinanderträten, noch ehe durch Verschmelzung mit der isolierten Geraden (c in Fig. 1) die Bedingung für den Eintritt des Panum'schen Phänomens gesetzt war. Schon in jedem der Halbbilder schienen die Geraden in verschiedener Tiefe zu liegen. Aber es war mir, als ob die Anordnung in jedem der beiden Halbbilder eine verschiedene sei. Während im linken, mit dem linken Auge gesehenen Halbbild die Linie a die hintere, b die vordere zu sein schien, war es im rechten mit dem rechten Auge gesehenen Halbbild gerade umgekehrt: a lag hier vorn, b aber hinten.

Der Leser möge versuchen, mit Hilfe der Fig. 1 sich von dem Sachverhalt zu überzeugen, indem er die Linie c mit einem weißen Blatt Papier zudeckt. Es empfiehlt sich aber, die Halbbilder nicht zu weit auseinander treten zu lassen, um bei abwechselnder Fixation des einen und des anderen Halbbildes die Tiefeneindrücke leichter miteinander vergleichen zu können. Tut man dies mit vor dem Papier gekreuzten Sehachsen, so hat man leicht den Eindruck, als liege a im rechten Halbbild um ein kaum Merkliches näher, im linken aber ferner als b . Besser noch gelingt der Versuch, wenn man die Augenachsen zunächst hinter der Papierebene sich kreuzen läßt, so daß gekreuzte Halbbilder entstehen, und dann plötzlich durch eine willkürliche Änderung der Konvergenz die gekreuzten Halbbilder in ungekreuzte umwandelt. In der ersten Stellung, bei der das linke Halbbild dem rechten Auge entstammt, wird b in diesem Halbbilde hinten, im rechten, dem linken Auge entstammenden Halbbild dagegen vorn liegen, um beim Wechsel der Konvergenz plötzlich ins Gegenteil umzuschlagen. Schließlich wird man gut tun, nach Herings Methode die beiden Geraden mit Tusche auf eine Glasplatte zu zeichnen, um so den hinderlichen Einfluß zu beseitigen, der von der Vorstellung der realen Papierebene ausgeht. Allzu oft sollte der Versuch nicht unmittelbar nacheinander wiederholt werden, da dann leicht zufällige Momente den Tiefeneindruck bestimmen und eventuell ins Gegenteil umwandeln.

Nehmen wir nun aber an, daß diese Beobachtungen stimmen und auf spezifische, voneinander abweichende Lokalisationstendenzen der beiden Augen richtig hinweisen, so muß von da aus auch Licht auf das Panum'sche Phänomen fallen. Wenn z. B. in der oberen Reihe der beistehenden Figur bei vor der Papierebene gekreuzten Sehachsen im linken Halb-

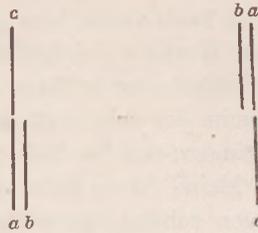


Fig. 8.

bild der Doppellinie ba die Linie b hinter a liegt, noch ehe c mit b oder a verschmolzen ist, so bedeutet der nach eingetretener Verschmelzung zu beobachtende Tiefeneffekt im Grunde nichts Neues, sondern nur ein stärkeres Hervortreten eines Eindrucks, der vorher schon da war; oder wenn in der unteren Reihe das rechtsliegende Halbbild der Doppellinie ab die Linie b schon vor eintretender Verschmelzung als hinten liegend aufweist, so bleibt auch hier im Prinzip wieder alles beim Alten, wenn beim Hinzukommen des linken Halbbildes von c dieser Eindruck noch sinnfälliger wird. Das einzige also, was die Verschmelzung mit der isolierten Linie bewirkt, ist, daß die Erscheinung deutlicher, zwangsmäßiger wird; faktisch aber liegt b schon im einfachen Halbbild, unabhängig von aller Verschmelzung, genau so wie nach der Verschmelzung, weiter hinten.

Ähnliche Beobachtungen wie an den beiden parallelen Geraden lassen sich aber überhaupt an allen nahe nebeneinander von oben nach unten verlaufenden Linien machen. Nehmen wir als weiteres Beispiel den Doppelring in Fig. 6, indem wir das Bild des einfachen Ringes zudecken; noch besser aber ist es, die Zeichnung wiederum auf eine Glasplatte zu bringen. Lassen wir die Figur mit vor dem Papier oder Glas gekreuzten Sehachsen soweit in Halbbilder auseinandertreten, daß die Halbbilder einander nicht mehr überschneiden, und beobachten zunächst die einander zugekehrten Randpartien der beiden Doppelkreise, so wird sich leicht der Eindruck einstellen, als sei im linken, also mit dem linken Auge gesehenen Halbbild der kleine Kreis in seiner rechten Randpartie hinter dem großen gelegen, während

im rechten, mit dem rechten Auge gesehenen Halbbild der kleine Kreis mit seiner linken Randpartie hinter den großen zu treten scheint. Und prüfen wir bei gleicher Augenstellung in ähnlicher Weise die einander abgewandten Partien der beiden Halbbilder, so wird sich herausstellen, daß in der linken Randzone des linken Halbbildes sowohl wie am rechten Rand des rechten Halbbildes eine Neigung besteht, den kleinen Kreis nach vorne, den großen aber nach hinten zu verlegen. Mit anderen Worten: gleichgültig ob wir das Verhalten der Halbbilder in ihren linken oder in ihren rechten Hälften prüfen, so wird der Eindruck leicht der sein, daß die Kreisebenen einander in solcher Weise durchdringen, daß im linken, mit dem linken Auge gesehenen Halbbild der kleine Kreis links vor dem großen, rechts hinter demselben zu liegen scheint, im rechten, dem rechten Auge entstammenden Halbbild die Kreisebenen aber im entgegengesetzten Sinn gegeneinander gedreht sind.

Wiederum sieht man, daß bei Verschmelzung des einen oder anderen Halbbildes mit dem Halbbild der einfachen Kreislinie (Fig. 6) kein neues Moment hervortritt, wenn der Tiefeneffekt dann besonders leicht zu konstatieren ist, sondern lediglich ein Eindruck, der im bloßen Halbbild schon da war, zu hervorragend sinnfälligem Dasein verstärkt wird.

Mit einem Wort: alle Erscheinungen, die unter die Regel des Panum'schen Phänomens fallen, lassen sich ohne weiteres aufklären, wenn ganz allgemein das Einzelauge die Tendenz hat, einen Punkt, der, um eine geringe Distanz von einem anderen entfernt, sich mehr temporal auf der Netzhaut abbildet als dieser, weiter vorne zu sehen. Der Tiefeneindruck, der im Falle des Panum'schen Versuches entsteht, ist dann nichts weiter als der Eindruck des einen die zwei Linien wahrnehmenden Auges, der ausschließlich zur Geltung gelangt, sofern das andere Auge, wie es bei der gegebenen Versuchsanordnung der Fall ist, in der gleichen Partie des binokularen Sehfelds immer nur eine einzige Linie wahrnimmt und somit keine Gelegenheit zur Auffassung eines Tiefenunterschiedes hat.

So wären wir schließlich bei einer Lösung des Problems angelangt, die, wie es scheint, nun doch auf den Grundgedanken Hering's wieder zurückführt. Nach Hering sowohl wie nach der Auffassung, die eben mitgeteilt wurde, beruht die Tiefenwirkung, die wir im Panum'schen Phänomen konstatieren, auf dem Umstand, daß zwischen den beiden Augen eine Verschiedenheit der Tiefenauffassung besteht, die im binokularen Sehfeld da hervortritt, wo auf Grund besonderer Um-

stände der Empfindungsinhalt bloß eines Auges ausschließlich zur Geltung gelangt.

Gegenüber diesem Berührungspunkt aber seien auch die prinzipiellen Gegensätze der beiden Auffassungen betont:

1. Nach Hering ist jede einzelne Stelle der Netzhaut durch eine bestimmte Tiefenvorstellung charakterisiert, die ein für allemal, wenn ein Lichtstrahl sie trifft, sich mit der Lichtempfindung zugleich einstellt. Mir liegt nichts ferner als dies zu behaupten. Meine Beobachtung beschränkt sich darauf, daß dann, wenn zwei Punkte der gleichen Netzhaut gleichzeitig gereizt werden, eine charakteristische Tiefenvorstellung eintritt, und zwar nur, wenn bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind: nur dann, wenn ihr horizontaler Abstand über eine gewisse Größe nicht hinausgeht und sie auch in vertikaler Richtung nicht zu weit voneinander entfernt sind, d. h. nur bei solchen Breiten- und Höhenabständen, bei denen das Panumsche Phänomen eintritt; ferner nur in der Mitte des Sehfeldes oder in den nächstliegenden Bezirken desselben: nur wenn ich bei schielender Betrachtung die Halbbilder der Doppellinie oder des Doppelkreises (Fig. 1 und 6) mit der Stelle des deutlichsten Sehens erfasse, tritt der Unterschied der linksäugigen und rechtsäugigen Auffassung hervor und es muß bezweifelt werden, ob auch an beliebigen anderen Stellen des seitlichen monokularen Sehfeldes ähnliche Beobachtungen zu machen sind.

Eben dieser Unterschied, daß nach Hering dem einzelnen Netzhautpunkt, nach meiner Beobachtung aber nur zwei horizontal nebeneinander gelegenen Punkte der gleichen Netzhaut ein eigentümlicher Raumwert zukommt, hat auch zur Folge, daß Herings Erklärung an der S. 276 f. beschriebenen Modifikation des Versuches scheitern muß, während es für mich keinerlei Unterschied ausmacht, ob im binokularen Sehfeld die monokular gesehene einfache Linie oder das Verschmelzungsbild der beiderseits korrespondierend sich abbildenden Linie fixiert wird. Von der monokular gesehenen Liniengruppe $a b$ muß b immer hinter a liegen, wenn die Gruppe vom rechten Auge gesehen wird, so wie a immer hinter b liegt, wenn dem linken Auge die Gruppe geboten wird, ganz gleichgültig, ob a oder b mit dem Linienbild des anderen Auges verschmilzt, und gleichgültig, ob das verschmolzene Linienbild an der Stelle des deutlichsten Sehens oder seitlich daneben gelegen ist.

2. Damit ist zugleich ein zweiter Gegensatz betont. Nach Hering darf man bei der eben erwähnten Modifikation des Versuches einen Tiefenunterschied der beiden Linien nicht erwarten, da von den seit-

lich und korrespondierend sich abbildenden Linien *b* und *c* die eine durch ihre temporale Distanz vom mittleren Längsschnitt der Netzhaut im gleichen Maß nähergerückt scheinen muß, als die andere auf Grund ihrer nasalen Distanz in größere Ferne zurücktritt. Nach meinen Beobachtungen liegt überhaupt keinerlei Grund vor, auf ein prinzipiell gegensätzliches Verhalten der nasalen und temporalen Netzhauthälften zu schließen. Es scheint sich nur das eine zu ergeben, daß an der Stelle des deutlichsten Sehens oder in nächster Nähe derselben das rechte Auge immer die rechtsgelegenen, das linke die linksgelegenen Punkte in größere Ferne verlegt, nicht aber auch an den weiter seitlich, sei es temporal oder nasal gelegenen Stellen des Sehfelds.

3. Nach Hering beruhen die Raumwerte der nasalen und temporalen Netzhauthälften auf einer angeborenen Einrichtung, während die spezifische Raumauffassung des Einzelauges, die ich glaube annehmen zu müssen, nicht notwendig angeborener Besitz ist, möglicherweise auch Produkt einer kürzeren oder längeren Erfahrung sein könnte. Es soll damit kein Gewicht auf den Unterschied von Nativismus und Empirismus gelegt werden: was beim heutigen Menschengeschlecht sofort nach der Geburt mehr oder minder vollendete Fertigkeit ist, muß ja wohl immerhin entwicklungsgeschichtlich geworden, allmählich gereift sein, und man wird Erfahrungen irgend welcher Art aus diesem Entwicklungsprozeß kaum ganz hinwegdenken können. Schließlich ist es eine Frage der Tatsachenforschung, die der künftigen gelehrten Arbeit aufbehalten bleiben muß, inwieweit der psychophysische Mechanismus des Raumsehens angestammter Besitz der Gattung, inwieweit Erwerbung des einzelnen Individuums ist, inwieweit der Entwicklungsprozeß an die Entwicklung der ganzen Gattung und inwieweit an den Werdegang des individuellen Lebens gebunden ist: ein prinzipieller Gegensatz muß zwischen der einen und anderen Möglichkeit nicht bestehen und es ist theoretisch zunächst belanglos, wie man den Sachverhalt sich denken will. Wichtig aber ist, daß man, auch als Nativist, wenigstens die Möglichkeit offen hat, eine Entwicklung zu denken, da die Unmöglichkeit dem Eingeständnisse gleichkommt, daß die Voraussetzungen, von denen man ausgeht, rätselhaft, unverständlich und somit eine unsichere Grundlage für weitere Erklärungen sind.

Herings Theorie nun muß notwendigerweise eine nativistische Theorie sein: Es läßt sich schlechterdings nicht denken, wie wir, die Gattung oder die Individuen, dazu gekommen sein sollen, alle Punkte,

die auf temporale Netzhautteile fallen, immer für näher, solche, die auf nasale Partien auftreffen, für ferner zu halten, da doch keine mögliche Erfahrung eine solche Gewohnheit der Auffassung zu begründen imstande ist. Wenn wir durch den Wald gehen, über die Wiese streifen usw., dann werden es im allgemeinen immer gleich nahe oder gleich ferne Gegenstände sein, die auf den temporalen und auf den nasalen Netzhautteilen sich abbilden, und es besteht kein Anlaß, mit der Reizung temporaler Netzhautteile speziell die Vorstellung der Nähe, mit der Reizung nasaler Teile die Vorstellung der Ferne zu verbinden. Woher also dieser Zusammenhang, den Hering annimmt? Er muß gänzlich unverständlich, ja widerspruchsvoll bleiben und die Zuflucht zum Nativismus kann nur das Eingeständnis dieser Situation sein.

Was andererseits die spezifische Raumauffassung des Einzelauges anlangt, die ich glaube annehmen zu müssen, so kann sie ebensowohl auf dem Boden einer genetischen wie auf dem Boden einer nativistischen Theorie gedacht werden, und weder im einen noch im anderen Fall ist es schwer, sich diese Auffassung durch Gewohnheit entstanden zu denken. Wohl werden beim Sehen auf den temporalen wie auf den nasalen Hälften der Netzhaut im allgemeinen gleich häufig nahe und ferne Gegenstände sich abbilden, so daß für die Teile diesseits und jenseits des mittleren Längsschnitts kein Anlaß zu einer funktionell verschiedenen Entwicklung besteht. Umgekehrt aber wird es auf den Netzhautmitten doch in vielen Fällen einen Unterschied ausmachen, ob ein Gegenstand mehr links oder mehr rechts sich auf ihnen abbildet: es wird sich vorzugsweise um solche Gegenstände handeln, die wir, weil sie unsere Aufmerksamkeit erregt haben, aus der Nähe fixierend betrachten, indem beide Augen symmetrisch konvergierend sich ihnen zuwenden. Nehmen wir als Beispiel einen schmalen Papierstreifen, den wir senkrecht in der Medianebene vors Gesicht halten: jedes der beiden Augen sieht dann nur eine Seite des Papierstreifens und dem linken Auge erscheint, wenn es die vordere Kante fixiert, die hintere links neben dieser, während das rechte die hintere Kante rechts neben der fixierten sieht. Was aber in diesem Fall von dem linksäugigen und rechtsäugigen Anblick des Papierstreifens gilt, muß im Grunde immer vorliegen, wenn wir irgend einen körperlichen Gegenstand aus großer Nähe fixierend betrachten.

Setzen wir an Stelle des Papierstreifens einen unregelmäßig geformten Gegenstand, einen Stein z. B., und lassen wir einen beliebigen Punkt seiner vorderen Partie fixiert sein — im allgemeinen werden

wir, wenn es uns darauf ankommt, einen Gegenstand genau zu sehen, ihn gewöhnlich so vors Gesicht halten oder uns so vor ihm hinstellen, daß der fixierte Punkt den beiden Augen zunächst liegt: es wird die links vom Fixierpunkt gelegene Hälfte dann freilich nicht ebenso wie im Fall des Papierstreifens für das rechte Auge oder die rechte Hälfte für das linke Auge überhaupt gar nicht da sein. Vielmehr wird es im Wahrnehmungsbild des rechten Auges links vom Fixierpunkt auch noch Punkte geben, die trotz dieser Linkslage nicht vor, sondern hinter dem Fixierpunkt gelegen sind, sowie umgekehrt auch das linke Auge rechts vom Fixierpunkt noch Punkte wahrnimmt, die trotz dieser Rechtslage ebenfalls weiter rückwärts gelegen sind. Nun muß aber bedacht werden, daß die Partien des Steins, die links vom Fixierpunkt für das rechte Auge sichtbar werden, diesem unter einem kleineren Gesichtswinkel als dem anderen, linken Auge erscheinen, und ebenso die Partien, die das linke Auge rechts vom Fixierpunkt wahrnimmt, sich diesem unter einem kleineren Gesichtswinkel als dem anderen rechten Auge darbieten. Das heißt, manches Detail, das das linke Auge links vom Fixierpunkte wahrnimmt — irgendwelche Punkte, Striche in der Zeichnung der Steinfläche — muß im Wahrnehmungsbild des rechten Auges ganz ausfallen, und umgekehrt dem linken Auge ebenso manches Detail entzogen bleiben, das dem rechten Auge rechts vom Fixierpunkt erscheint. Die Situation ist dann für diese Details die gleiche wie oben bei dem Papierstreifen: was ausschließlich vom linken Auge wahrgenommen wird und links vom Fixierpunkte liegt, ebenso was ausschließlich vom rechten Auge wahrgenommen wird und rechts vom Fixierpunkte liegt, liegt immer zugleich auch weiter hinten. Abgesehen nun aber von solchen Details, die für das eine Auge ganz ausfallen, müssen andere Details — größere Punkte oder Flecke, breitere Striche usw. — zwar beiden Augen gleichzeitig erscheinen, aber doch dem rechten Auge links vom Fixierpunkt schmaler, schwächer erscheinen als dem linken Auge links vom Fixierpunkt, und ebenso dem linken Auge rechts vom Fixierpunkt weniger eindringlich als dem rechten Auge rechts vom Fixierpunkt: die Folge davon wird aber sein, daß im Wettstreit der Sehfelder die Eindrücke des linken Auges links vom Fixierpunkt sich im allgemeinen leicht über die entsprechenden Eindrücke des rechten Auges und ebenso die Eindrücke des rechten Auges rechts vom Fixierpunkt sich in der Mehrzahl der Fälle über die entsprechenden Eindrücke des linken Auges behaupten, und es gilt dann wieder die Regel: rückwärts gelegen ist, was vom linken Auge links vom Fixierpunkt, vom

rechten Auge rechts vom Fixierpunkt wahrgenommen wird, indem die tatsächlich ebenfalls rückwärts gelegenen Partien rechts vom linken Fixierpunkt bzw. links vom rechten Fixierpunkt im binokularen Wahrnehmungsbild zu relativer Unwirksamkeit verurteilt sind.

§ 6. WEITERE VERSUCHE ZUM NACHWEIS DER SPEZIFISCHEN TIEFENAUFFASSUNG DES EINZELAUGES.

Die Annahme einer spezifischen Tiefenauffassung des Einzelauges ist im Vorausgehenden auf Beobachtungen gegründet, die sich machen lassen, wenn man zwei in engem Abstand senkrecht nebeneinander verlaufende Linien in Halbbilder auseinander treten läßt und abwechselnd dann das eine und das andere Linienpaar auf seinen räumlichen Charakter hin ansieht. Es muß zugegeben werden, daß der Beobachtung nicht die Evidenz einer binokularen Tiefenwahrnehmung zukommt, daß gelegentlich, namentlich bei längerer Wiederholung des Versuchs, das Urteil leicht schwankend wird oder ins Gegenteil umschlägt, wie denn überhaupt unser räumliches Sehen, je mehr wir Erfahrungsmomente ausschließen, um so stärker dem Einfluß unberechenbarer zentraler Faktoren unterliegt. So wird ein gewisses Mißtrauen gegenüber den Beobachtungen, die im obigen mitgeteilt wurden, sicher am Platze sein, es könnte sich immerhin bloß um zufällige individuelle Auffassungen handeln, denen keine allgemeine Gesetzmäßigkeit zugrunde liegen muß. Es gilt also, nach weiteren Beweisen Umschau zu halten und die spezifische Lokalisationstendenz des linken und des rechten Auges auch in Versuchen zu erweisen, die leichter und sicherer der Prüfung standhalten.

1. An erster Stelle erwähne ich eine Beobachtung, die sich mir am Spiegelhaploskop durch Zufall gelegentlich darbot. Ich hatte, um den Panumschen Versuch zu wiederholen, auf dem linken Rahmen zwei schwarze Fäden an den seitlichen Ösen befestigt und die Ösen auf den Abstand von 2 mm aneinander gerückt. Nun sind an dem Apparat, den das Würzburger Psychologische Institut hat (Firma Spindler und Hoyer, Göttingen), diese beiden seitlichen Ösen nicht genau in einer Ebene gelegen, sondern die linke Öse liegt etwa um 1,5 mm hinter der rechten zurück, so daß dementsprechend bei direkter Betrachtung des Rahmens auch der linke Faden merklich hinter dem rechten zurückliegt. Betrachtet man die Fäden nun mit dem linken Auge im Spiegel, so muß Links und Rechts sich natürlich umkehren

und es wäre daher zu erwarten, daß nun der links erscheinende Faden der vordere, der rechte aber der hintere ist. Das Gegenteil ist der Fall: der rechts erscheinende Faden liegt merklich weiter vorne, der links erscheinende weiter hinten. Alle Personen, die ich in den Spiegel sehen ließ, haben das Gleiche beobachtet.

Es erweist sich also in diesem Fall die spezifische Lokalisationstendenz des linken Auges so mächtig, daß sie, obwohl ein Entfernungswertunterschied der beiden Fäden im entgegengesetzten Sinn tatsächlich vorliegt, dennoch sich durchsetzt: scheinbar hinten für das linke Auge liegt, was weiter links gelegen ist, vorne der rechtsgelegene Faden.

2. Man klemme oder stecke zwei Nadeln auf einer Unterlage senkrecht hintereinander, so daß sie einen Abstand von etwa 1 cm zwischen sich lassen. Man rücke sodann die Unterlage mit den zwei

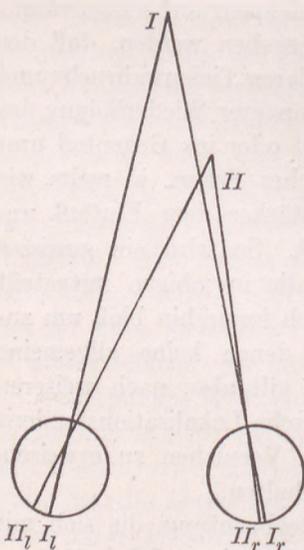


Fig. 9.

Nadeln in eine Entfernung von 20 bis 30 cm von den Augen und fixiere zunächst die hintere der beiden Nadeln. Man sieht in diesem Fall drei Nadeln, indem die vordere Nadel in zwei Halbbilder zerfällt. Nun drehe man die Unterlage mit den Nadeln so, daß die beiden Halbbilder auf die gleiche Seite von der fixierten Nadel, z. B. beide rechts von ihr fallen, und fahre solange fort, die Nadeln zu drehen, bis das innere der beiden Halbbilder dicht neben dem Bild der fixierten Nadel liegt. Die beistehende Skizze veranschaulicht die Situation. *I* sei die fixierte, *II* die nichtfixierte Nadel. Die entsprechenden Netzhautbilder mögen mit *I_l* und *II_l* bzw. *I_r* und *II_r* bezeichnet sein.

Hat man nun die Gruppe der drei Nadelbilder einige Augenblicke, ohne an etwas zu denken, betrachtet und geflissentlich dabei nicht an die objektive Anordnung der Nadeln gedacht, so versuche man zu entscheiden, welche der drei Nadeln die vorderste, welche die hinterste und welche die mittlere ist. Am leichtesten fällt es in der Regel hinsichtlich der vordersten Nadel die Antwort zu geben: *II_l* scheint nicht nur näher als *I*, sondern entschieden auch näher als *II_r* zu liegen. Etwas schwieriger ist es, zwischen *II_r* und *I* die Entscheidung zu treffen. Es kann für Augenblicke scheinen, als ob sie sich in gleicher Entfernung befänden; sowie man sie aber schärfer ins

Auge faßt und geflissentlich nicht auf die Fußpunkte der Nadeln achtet, hat man den deutlichen Eindruck, als sei II_r noch merklich hinter I befindlich. Das heißt, das linke Auge sieht die rechts und weiter vorn gelegene Nadel auch tatsächlich weiter vorne (zum Teil vielleicht unter dem Einfluß des größeren scheinbaren Durchmessers), während für das rechte Auge die linke und tatsächlich hinten gelegene Nadel die scheinbar vordere ist (eventuell trotz des geringeren scheinbaren Durchmessers). Man kann sich über den Sachverhalt leicht vergewissern, indem man nach getroffener Entscheidung die Provenienz der Nadelbilder durch Berührung mit dem Finger feststellt.

Entsprechendes gilt, wenn man die Halbbilder auf die andere Seite der fixierten Nadel bringt oder auch statt der hinteren Nadel die vordere fixiert.

Immer bestätigt sich dabei die Regel — vorausgesetzt, daß das innere Halbbild nahe genug bei der fixierten Nadel gelegen ist —, daß das linke Auge das links, das rechte Auge das rechts gelegene Objekt für das hintere ansieht.

Der Versuch ist nicht neu, sondern von Hering schon in seinen Beiträgen zur Physiologie ¹⁾ erstmals erwähnt, in der Folge dann von verschiedenen Seiten auch in Zweifel gezogen worden ²⁾. Ganz mit Unrecht. Es kommt nur darauf an, daß der Versuch genau in der beschriebenen Weise angestellt, daß insbesondere der Abstand des inneren Halbbilds vom Bild der fixierten hinteren Nadel nicht zu groß gemacht wird ³⁾. Nicht wichtig ist übrigens, daß diese hintere Nadel gerade fixiert wird, wie Helmholtz annimmt, man kann ebensogut auch das Halbbild II_r fixieren und muß nur dafür sorgen, daß I_l und I_r während des ganzen Versuchs auf korrespondierenden Stellen der Netzhäute sich abbilden und also einfach erscheinen. Wird auf diese Kautelen geachtet, so stellt sich der Tiefeneindruck mit der gleichen sinnlichen Evidenz wie beim Panumschen Versuch ein und man ist frappiert, beim Tasten mit dem Finger wider Vermuten die vordere Nadel zu berühren, wenn man nach der hintersten zu greifen meint. Auch Hering hat auf den Abstand der Halbbilder nicht besonders Gewicht gelegt und damit wohl selber Anlaß gegeben, daß

¹⁾ 5. Heft. 1864. S. 340.

²⁾ Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. S. 965 f.
R. A. Pfeifer, Wundts Psychologische Studien. Bd. 2. 1907. S. 188f. und 199 f.
W. Lohmann, Zeitschrift für Sinnesphysiologie. Bd. 44. 1910. S. 104.

³⁾ Dieser Umstand wird auch von C. Stumpf betont: Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873. S. 238.

das Ergebnis seiner Beobachtung von anderer Seite nicht immer Bestätigung fand.

Freilich darf es nach Hering für das Gelingen des Versuchs keinen Unterschied ausmachen, wie weit das innere Halbbild von der fixierten Nadel entfernt ist, da nach Maßgabe seiner Theorie die Tiefenwirkung ausschließlich durch den Tiefenwert der Netzhautstelle bestimmt wird, auf der das seitliche Nadelbild liegt. Ja man müßte vom Standpunkt seiner Theorie aus sogar annehmen, daß das innere Halbbild (*II*, in Fig. 9) um so entschiedener in den Hintergrund gedrängt wird, je weiter es vom Bild der fixierten Nadel abrückt und das Netzhautbild demnach, gegen den nasalen Rand der Netzhaut wandernd, immer größere Fernwerte annimmt. Tatsächlich ist dem aber nicht so und deshalb kann auch der Versuch nicht als Argument zugunsten der Heringschen Theorie gebraucht werden und wird, bei größeren Winkeln, zur Waffe, die gegen sie selber sich kehrt. In eben diesem Sinn ist er auch S. 274 bereits geltend gemacht worden.

Noch aus einem anderen Grund dürfte Hering sich auf diesen Nadelversuch nicht berufen. Wenn die scheinbare Entfernung der beiden Halbbilder allein davon abhängen soll, ob ihr Bildpunkt auf der Netzhaut auf temporale oder nasale Teile zu liegen kommt, so ist die Fixiernadel offenbar ganz unnötig und der Versuch muß auch gelingen, wenn man sie wegläßt und die beiden Augen, ins Leere starrend, ihre Gesichtslinien links hinter der seitlich vorgehaltenen Nadel vereinen. Von einem spezifischen Tiefenunterschied der beiden Halbbilder ist aber dann keine Rede. Sie liegen in gleicher Ferne oder schwanken unsicher nach vorn und nach hinten als ein Spiel des augenblicklichen Zufalls oder der subjektiven Willkür. Und doch entstammt das eine Halbbild temporalen, das andere nasalen Regionen der Netzhaut und müßte demgemäß, wenn Hering Recht hätte, durch entschiedene Nähe bzw. entschiedene Ferne charakterisiert sein.

3. Bekanntlich läßt sich die Figur eines Kreuzes mit schrägem Querbalken umkehren, indem man nach Belieben sich den Eindruck erwecken kann, als ob der Querbalken mit seiner linken Hälfte vor die Papierebene herausrage, und dann wieder, als ob er mit dieser Hälfte hinter ihr gelegen sei. Unterscheiden sich aber beide Augen in ihrer Tiefenauffassung, indem das linke Auge die rechts vom Fixationspunkt gelegenen Partien, das rechte Auge umgekehrt die links davon gelegenen Stellen nach vorne verlegt, so muß offenbar bei einäugiger Betrachtung die Umkehrbarkeit der Figur zugunsten einer eindeutigen Auffassung beschränkt werden.

Nun betrachte man die beistehende Figur des schiefwinkligen Kreuzes in Halbbildern — man wird gut tun, die Figur für diesen Zweck auf eine Glasplatte zu zeichnen —, zunächst indem man die Gesichtslinien sich in einem Punkt hinter der Zeichnung schneiden läßt. Es entstehen dann gekreuzte Halbbilder, so daß also das links erscheinende Halbbild dem rechten Auge, das rechts erscheinende dem linken Auge zugehört. Fixiert man dann abwechselnd den Schnittpunkt des Kreuzes im linken und im rechten Halbbilde, so hat man deutlich den Eindruck einer gegensätzlichen Anordnung: in dem

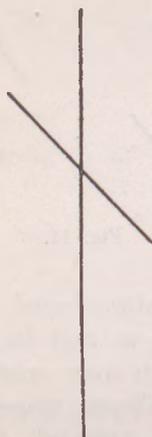


Fig. 10.

links liegenden, also dem rechten Auge entstammenden Halbbild ragt der Querbalken mit seiner linken Hälfte nach vorn, im rechten, dem linken Auge zugehörigen Halbbild umgekehrt mit seinem rechten Arm. Nun ändere man plötzlich die Konvergenz, indem man die Gesichtslinien vor der Papier- bzw. vor der Glasebene sich schneiden läßt; das links liegende Halbbild entstammt dann dem linken Auge, während das rechts liegende vom rechten Auge wahrgenommen wird. Mit einem Schlag ändert sich die scheinbare Richtung der Querbalken: im links liegenden Halbbild ragt der Querbalken mit seinem rechten Ende, im rechten Halbbild umgekehrt mit dem linken Ende nach vorn.

4. Mit einer kleinen Änderung läßt sich der gleiche Versuch noch eindrucksvoller gestalten. Fig. 11 zeigt das schiefwinklige Kreuz des vorangehenden Versuchs in seine Teile zerlegt und zwar in der oberen Reihe links den vertikalen Stamm, rechts den schrägen

Querbalken, unten umgekehrt links den Querbalken und rechts den vertikalen Stamm. Nun lasse man durch zunehmende Konvergenz die vier Linien in ungekreuzte Halbbilder zerfallen, bis die mittleren Halbbilder sich wieder zu der Figur des ganzen Kreuzes zusammenfinden, d. h. bis die zu diesem Zweck beiderseits angebrachten Ringe sich miteinander decken. Durch entsprechende Neigung und Krümmung des Papiers muß dafür gesorgt werden, daß die vertikalen Linien bei der Bewegung der Halbbilder annähernd parallel und vertikal

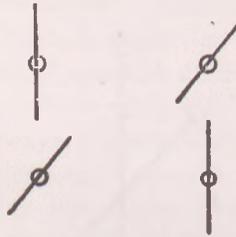


Fig. 11.

bleiben. Fixiert man nun abwechselnd die Ringe in der Mitte der beiden Verschmelzungsbilder, so ragt im oberen Verschmelzungsbild, dessen Querbalken dem linken Auge entstammt, der rechte Arm des Querbalkens nach vorne, während umgekehrt im unteren Bild, das den Querbalken vom rechten Auge hat, dieser mit der linken Hälfte vorragt.

Wir sind nun aber mit Hilfe der unter 3 und 4 beschriebenen Versuche zugleich in die Lage gebracht, noch einen Schritt weiter zu gehen. Alle Beobachtungen, die wir bis jetzt machen konnten, stimmen darin überein, daß in der Mitte des monokularen Sehfeldes das einzelne Auge die nach innen vom Fixierpunkt gelegenen Punkte in größere Nähe, die nach außen gelegenen in größere Ferne verlegt oder wenigstens die Tendenz hat, sie in diese Richtungen zu verlegen. Wie aber werden Gegenstände in den peripheren Teilen des Sehfeldes aufgefaßt? Wir sind der Frage bisher aus dem Wege gegangen, können nun aber doch vielleicht die Antwort darauf geben.

Da bei umkehrbaren, in verschiedenem Sinn zu deutenden Figuren schließlich immer subjektive Tendenzen die tatsächliche Auffassung bestimmen, so brauchen wir nur den schrägen Querbalken des Kreuzes in Fig. 10 abwechselnd auf die linke und auf die rechte Hälfte der einzelnen Netzhaut zu bringen, um zu sehen, ob eine bestimmte Auffassungstendenz mit der Reizung dieser Netzhauthälften verknüpft

ist. Man sieht aber ohne weiteres, wenn man abwechselnd einen links und einen rechts neben der Figur gelegenen Punkt des weißen Papiers mit einem Auge fixiert, wie jedesmal gleichzeitig die Richtung des Querbalkens eine andere wird; immer scheint das Ende des Querbalkens sich vorne zu befinden, das am meisten gegen die Peripherie des Sehfelds zu gelegen ist, während das andere, dem Fixationspunkt zunächst liegende immer in der Tiefe erscheint.

Zu dem gleichen Ergebnis kommt man, wenn man aus den schrägen Linien der Fig. 12 durch zunehmende Konvergenz ein binokulares

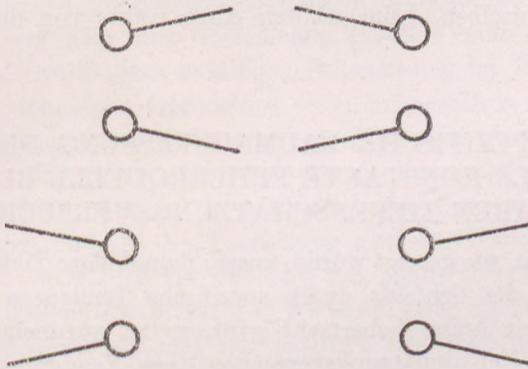


Fig. 12.

Sammelbild herstellt, indem man die Kreise zu gegenseitiger Deckung bringt. In dem Sammelbild werden dann die links liegenden Linien vom rechten, die rechts liegenden vom linken Auge erblickt, die beiden oberen Linienpaare bilden sich auf den nasalen, die beiden unteren auf den temporalen Netzhauthälften ab. Fixiert man dann nacheinander die Kreise in der Mitte der Figur, so scheinen die schrägen Linien mit ihren äußeren Enden in allen vier Paaren, in den zwei oberen wie in den zwei unteren, nach vorne gedreht. Freilich, wenn man will, so fällt es nicht schwer, die Richtung auch ins Gegenteil umschlagen zu lassen; aber immerhin ist bei unbefangenen Betrachten (besonders im ersten Augenblick), und vorausgesetzt, daß man die Kreise in der Mitte fixiert, eine gewisse Tendenz in dem angegebenen Sinn nicht leicht zu verkennen.

Wir gewinnen sonach folgendes Bild von dem Aussehen des monokularen Sehraums, soweit es nicht durch spezielle Erfahrungen anders bestimmt ist. In den Mitten der Sehfelder gilt die Regel, die wiederholt schon betont wurde: die nach außen vom Fixationspunkt ge-

legenen Stellen werden als in größerer Ferne, die nach innen gelegenen als in größerer Nähe befindlich aufgefaßt. Jenseits dieser zentralen Partien aber entsprechen sich die Tendenzen symmetrisch: gleichgültig ob die nasale oder die temporale Hälfte gereizt wird, so werden Punkte im allgemeinen in um so größerer Nähe gesehen, je mehr sie peripher auf der Netzhaut sich abbilden.

Will man diese Beschaffenheit der monokularen Tendenzen auch graphisch darstellen, so müßte man sie durch eine gekrümmte Linie andeuten, die konkav gegen das Auge verläuft, ihre größte Tiefe aber nicht an der Stelle des Fixationspunktes, sondern beim linken Auge links von demselben, beim rechten Auge rechts von demselben erreicht ¹⁾.

§ 7. DIE SPEZIFISCHE RAUMAUFFASSUNG DES EINZEL- AUGES ALS KONSTANTE FEHLERQUELLE BEI MONO- KULAREN TIEFENSCHÄTZUNGSVERSUCHEN.

Wenn nun, wie gezeigt wurde, unsere monokulare Tiefenauffassung in der Mitte des Sehfelds durch spezifische Tendenzen des rechten und des linken Auges beherrscht wird, so ist anzunehmen, daß in monokularen Tiefenschätzungsversuchen diese Tendenzen in der Art der Fehler, die dabei gemacht werden, entsprechend zum Ausdruck gelangen müssen.

¹⁾ Vollständig abweichend ist das Ergebnis, zu dem W. Heinrich über das Aussehen des monokularen Schraums gelangt (British Journal of Psychology. Bd. 3. 1909—1910. S. 66 ff.). Während ein Beobachter einen vertikal gespannten Faden fixierte, wurde ein zweiter vertikaler Faden im seitlichen Sehfeld gezeigt und durch Verschieben nach vorwärts und rückwärts ermittelt, in welchen Positionen sich der Eindruck gleicher Tiefe ergab. Die Summe dieser Orte bildete eine Kurve (wie es scheint, ebensowohl für das linke wie für das rechte Auge, bestimmte Angaben darüber fehlen), die annähernd symmetrisch und konkav zum Auge verlief, woraus der Schluß gezogen werden müßte, daß alle objektiv in einer Ebene befindlichen Punkte in einer konvex gegen das Auge gerichteten Fläche erscheinen. Heinrich selber deutet das Ergebnis dahin, daß alle die Punkte immer gleich weit entfernt scheinen, die bei einem gegebenen Akkommodationszustand der Linse sich auf der Netzhaut scharf abbilden. Es mag sein, daß durch Heinrichs Versuchsordnung der Gedanke nahegelegt war, speziell die Bildschärfe als Tiefenkriterium zu benutzen — einzige Versuchsperson war ein Schüler, J. Kurtz, der im gleichen Band des British Journal auch selber Beobachtungen über diese Versuche mitteilt —, auch der Umstand, daß der seitliche Faden bewegt wurde, wird wohl eine Komplikation der Auffassung bedingt haben (vgl. S. 73 oben).

Man weiß, wie schwer es ist, mit bloß einem Auge Tiefenverhältnisse richtig zu schätzen, wie bereitwillig das Auge die unscheinbarsten Merkmale aufgreift, die sich darbieten — die scheinbare Vergrößerung oder Verkleinerung der gesehenen Gegenstände, die Schärfe des Wahrnehmungsbildes usw. —, um danach auf indirektem Weg einen Maßstab für die Entfernung zu gewinnen. Zum Teil werden also die Fehler, die bei monokularen Tiefenschätzungen vorkommen, jedenfalls darauf zurückzuführen sein, daß wir hinsichtlich dieser indirekten Kennzeichen Täuschungen unterliegen und entsprechend dann auch die Entfernung falsch beurteilen. Es mag sein, daß wir hinsichtlich des scheinbaren Durchmessers der verschieden-entfernten Gegenstände uns irren und demgemäß uns über ihre Tiefenlagen falsche Vorstellungen bilden, daß wir auf Grund einer zufälligen Schwankung im Wahrnehmungsvorgang an dem einen Gegenstand — es möge sich z. B. um vertikal gespannte Fäden handeln — einen größeren Reichtum von Details, eine größere Menge von Fäserchen als an dem anderen wahrnehmen oder dergleichen, oder ihn in kräftigerer Färbung zu sehen glauben und fälschlich deshalb die Vorstellung größerer Nähe mit ihm verbinden usw. So werden also zunächst eine Reihe verschiedener Fehlerarten vorkommen, die direkt die Wahrnehmung irgendwelcher Merkmale der Gegenstände und nur indirekt die Entfernungsvorstellung beeinflussen.

Will man demnach prüfen, ob die spezifische Tiefenauffassung des Einzelauges als konstante Fehlerquelle bei monokularen Tiefenschätzungen vorkommt, so gilt es, soweit dies überhaupt möglich ist, alle Erfahrungsmomente im Wahrnehmungsbild der zu vergleichenden Gegenstände auszuschließen: nur in dem Maß als dieses gelingt, darf man erwarten, die spezifische Raumauffassung des Einzelauges möglicherweise als Fehlerquelle zu finden. Und selbst dann muß man darauf gefaßt sein, daß unberechenbare zentrale Faktoren, zum Teil durch Schwankungen der Aufmerksamkeit, der geistigen Frische usw. bedingt, die Ergebnisse noch öfters trüben.

Von vornherein muß auch im Auge behalten werden, daß die spezifische Raumauffassung des Einzelauges nur innerhalb eines eng umschriebenen Bezirks sich wirksam erweist, an der Stelle des deutlichsten Sehens und in den nächstanliegenden Teilen des Sehfeldes. Wie man sich durch den Versuch leicht überzeugen kann, ist nun das Panum'sche Phänomen z. B. recht deutlich, wenn die beiden Parallelen einen Abstand von etwa 1 mm aufweisen und das Papierblatt ungefähr 20 cm vors Gesicht gehalten wird, während bei 4 mm

Abstand schon eine sehr merkliche Abnahme in der Deutlichkeit der Erscheinung eintritt. Es entsprechen den Linienabständen in diesen Fällen Gesichtswinkel von $17'$ bzw. $1^{\circ} 9'$, so daß man also in den Tiefenschätzungsversuchen die Vergleichsobjekte nicht viel weiter als 1° der Breite nach wird voneinander entfernen dürfen, um die spezifische Tiefenauffassung möglicherweise noch wirksam zu finden. Bourdon ¹⁾, der in seinen Versuchen über monokulare Tiefenschätzung auch den Fehlerarten nachspürte, hielt die leuchtenden Punkte, deren er sich bediente, um 6° voneinander entfernt, was bei 20 cm Entfernung von den Augen einem Abstand von 2 cm gleichkommt. Es war sonach von vornherein nicht zu erwarten, daß die Richtung der Schätzungsfehler in seinen Versuchen eventuell auch durch die spezifische Auffassungstendenz des Einzelauges bestimmt war. Nur individuelle Bevorzugungen bestimmter Fehler konnten daher von ihm konstatiert werden.

Meine eigenen Versuche beschränkten sich auf ganz geringe Abstände. Es wurden jeweils in annähernd 5 m Entfernung zwei senkrecht aufgehängte Fäden geboten, deren Breitenabstand 4, 6 und 8 mm betrug (= 3, 4 bzw. 6 Bogenminuten). Der Tiefenabstand der beiden Fäden war konstant 10 mm. Aufgabe des Beobachters war es zu sagen, ob der links oder der rechts erscheinende Faden der hintere war. Beobachter waren vier Personen, die alle bei unbewaffnetem Auge normale und übernormale Sehschärfe hatten.

Über die Vorrichtung, mit deren Hilfe die Reize exponiert wurden, gibt die beifolgende Skizze Auskunft (Grundriß, Fig. 13).

Zur Aufnahme der Fäden dienten zwei Holzrahmen (r_1 und r_2) 50×50 cm groß, die, auf Stativen montiert, auf einer optischen Bank bewegt werden konnten. Auf der oberen Schmalseite der Rahmen waren in kurzen Abständen Nägel angebracht und in Abständen von 2 mm feine Kerben in die inneren, einander zugewandten Kanten der Rahmen eingeschnitten. Wenn die lotbeschwerten Fäden (f_1 f_2) nun mittels einer Schlinge um die Nägel gehängt waren, konnte man ihre Lage genau präzisieren, indem sie in diejenige Kerbe gelegt wurden, welche den gewünschten Abstand von der Mittellinie aufwies. Jeder Faden erstreckte sich also, straff gespannt, senkrecht über den von den Rahmen umschlossenen Raum und konnte beliebig rechts und links von der Mittellinie aufgehängt werden, so daß bald der linke, bald der rechte Faden der hintere war. Als Hintergrund (h) diente ein weißer Karton, der durch seitlich aufgestellte Lampen erhellt war.

¹⁾ B. Bourdon, Revue philosophique. Bd. 46. 1898. S. 124 ff.

Um nun größeren Spielraum in der Wahl der Entfernung zu haben, erfolgte die Beobachtung der Fäden nicht direkt, sondern mit Hilfe eines Spiegels (*sp*), der auf einem Tisch in der Richtung der optischen Bank aufgestellt war. Zwischen der optischen Bank und dem Tisch hatte die Versuchsperson ihren Platz (*vp*), mit dem Gesicht gegen den Spiegel gekehrt. Zur Auflage des Kinns diente eine Stütze (*st*) und daneben stand ein drehbarer Schirm (*sch₁*), der in den Pausen zwischen

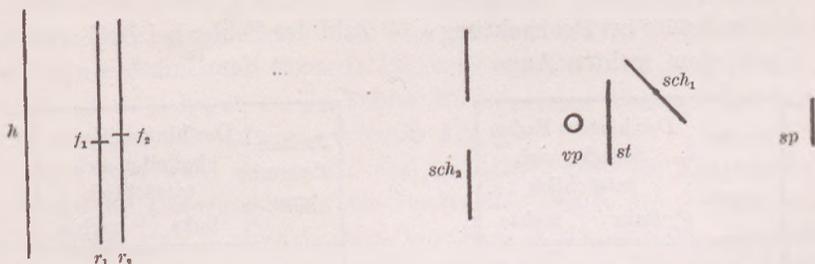


Fig. 13.

den einzelnen Beobachtungen den Spiegel verdeckte und, wenn alles für die Beobachtung in Ordnung gebracht war, auf ein gegebenes Zeichen vom Beobachter nach außen gedreht wurde. Der Beobachter sah dann im Spiegel den Hintergrund mit den Fäden in einem länglich horizontalen Ausschnitt, der aus einem zwischen Spiegel und Rahmen befindlichen Schirm (*sch₂*) ausgeschnitten war.

Wie schon gesagt, wurden die Fäden in drei verschiedenen Breitenabständen geboten, nämlich in 4, 6 und 8 mm Abstand. Am vorderen Rahmen befand sich der Faden dauernd in der Mitte und nur am hinteren um 1 cm weiter rückwärts befindlichen Rahmen wurde mit der Lage des Fadens gewechselt, indem er bald nach links, bald nach rechts um die genannten Abstände aus der Mittellage entfernt wurde. Da jede Lage sowohl dem linken wie dem rechten Auge zur Beobachtung geboten wurde, so gab es im ganzen 12 Kombinationen, die zusammen jeweils eine Versuchsreihe ausmachten.

Insgesamt wurden so von den vier Versuchspersonen 132 Beobachtungen gemacht. War dabei die spezifische Lokalisationstendenz des Einzelauges wirksam, so mußte erwartet werden, daß unter den Fehlern, die gemacht wurden, der Fall relativ häufig vorkam, daß bei Beobachtung mit dem linken Auge der links erscheinende Faden als weiter rückwärts befindlich angesehen wurde, wenn faktisch der rechte Faden der hintere war, und ebenso bei Beobachtung mit dem

rechten Auge der rechte Faden der hintere zu sein schien, wenn faktisch der linke Faden weiter hinten lag. War aber eine spezifische Raum-auffassung des Einzelauges nicht wirksam, so war anzunehmen, daß das linke Auge sich ungefähr gleich häufig täuschte, wenn der linke, wie wenn der rechte Faden der hintere war, und entsprechend das rechte.

Ich teile in den beiden folgenden Tabellen die Ergebnisse mit.

Zahl der Fehler bei Beobachtung
mit dem rechten Auge

Breiten- abstand (mm)	Der hintere Faden befindet sich tatsächlich	
	links	rechts
4	7	3
6	6	2
8	3	1
	16	6

Zahl der Fehler bei Beobachtung
mit dem linken Auge

Breiten- abstand (mm)	Der hintere Faden befindet sich tatsächlich	
	links	rechts
4	1	6
6	—	7
8	—	5
	1	18

Wie man sieht, wurden unter den 66 mit dem rechten Auge angestellten Beobachtungen im ganzen 22 Fehler gemacht. Unter den 22 Fehlern aber war 16 mal der Fall gegeben, daß fälschlich der rechte Faden für den hinteren angesehen wurde, wenn faktisch der linke der hintere war, während nur 6 mal umgekehrt der linke Faden fälschlich für den hinteren gehalten wurde, wenn der rechte faktisch weiter hinten war. Ebenso war unter den 19 Fehlern, die mit dem linken Auge gemacht wurden, 18 mal der Fall gegeben, daß der links befindliche Faden für den hinteren gehalten wurde, wenn faktisch der rechte der hintere war, wogegen nur einmal der umgekehrte Fall vorkam, daß fälschlich der rechts liegende Faden der hintere zu sein schien, wenn der linke tatsächlich hinten war.

Fassen wir also die Ergebnisse der beiden Tabellen zusammen, so stehen 34 Fehlern, die der spezifischen Tiefenauffassung des Einzelauges entsprechen, nur 7 gegenüber, die sicher anderen Ursprungs sind. Das Verhältnis der Zahlen der beiden Fehlergruppen spricht aber noch mehr zugunsten der spezifischen Tiefenauffassung, wenn wir anstatt sämtlicher Beobachtungen, die gemacht wurden, nur die beiden

ersten Reihen in Betracht ziehen. Da einer der vier Beobachter nach Erledigung der ersten Reihe spontan erklärte, er habe den Eindruck, als herrsche in den Urteilen, die er abgegeben, eine bestimmte Regel, in dem Sinn, daß immer der äußere Faden der hintere sei, so wurde, da die Unbefangenheit offenbar dahin war, von einer weiteren Fortsetzung der Versuche mit ihm Abstand genommen. Es kommen sonach nur 7 Reihen mit im ganzen 84 Beobachtungen in Betracht, in denen 24 Fehler im Sinn der spezifischen Lokalisationstendenz und nur 4 im entgegengesetzten Sinn gemacht wurden. Beschränkt man sich schließlich auf die erste Reihe eines jeden Beobachters allein, so handelt es sich gar um 14 Fehler im Sinn jener Tendenz und nur einen einzigen von entgegengesetzter Art.

Man darf wohl annehmen, daß im allgemeinen bei Beginn der Versuche die Unbefangenheit der Beobachter relativ am größten ist, da zunächst sich der Beobachter vor einer Aufgabe sieht, die ihm neu ist, ohne von seiten irgendwelcher Erfahrung eine wesentliche Hilfe zu haben. Wie aber die Beobachtung dann öfter wiederholt wird, wird er sich der gestellten Aufgabe mehr und mehr anpassen und, sich selber unbewußt, auch indirekte Merkmale der Tiefenlage heranziehen, dergleichen oben erwähnt wurden. Damit müssen aber zugleich neue Möglichkeiten, Fehler zu machen, eintreten und die Streuung der Fehler eventuell anders als die monokulare Lokalisationstendenz beeinflussen.

Die mitgeteilten Ergebnisse dürften somit kaum einen Zweifel über die Wirksamkeit der spezifischen Tiefenauffassung des Einzelauges lassen: es bestätigt sich, daß das linke Auge geneigt ist, von zwei in engem Abstand nebeneinander befindlichen Linien immer die linke, das rechte immer die rechte in größerer Ferne zu erblicken.

Wie in § 5 betont wurde, erweist sich die spezifische Tiefenauffassung des Einzelauges nur in den zentralen Teilen des Sehfeldes wirksam und es läßt sich aus ihr kein Argument zugunsten der Hering'schen Hypothese von den angeborenen retinalen Tiefenwerten ableiten. Um dies auch mit Hilfe der Tiefenschätzungsversuche zu erweisen, habe ich an die mitgeteilten Versuche noch weitere Versuche mit größeren Breitenabständen angefügt.

Der Tiefenabstand der Fäden betrug in diesen Versuchen immer 3 cm, der Breite nach waren die Distanzen 6, 12 und 18 cm, was bei einer Entfernung von ungefähr 5 m Winkelabständen von 42', 1° 24' und 2° 6' gleichkommt. Hinsichtlich der Art der Beobachtung waren die Versuchspersonen, genau so wie in den vorangegangenen Ver-

suchen, an keine Vorschrift gebunden, sondern konnten, freilich bei unbewegtem Kopfe, beliebig den Blick von einem Faden zum anderen hinschweifen lassen. Wenn also ein Faden jeweils fixiert war, mußte der andere ein beträchtliches Stück auf die temporale oder nasale Hälfte der Netzhaut gerückt sein und je nachdem, wenn Hering Recht hat, wegen des größeren Abstands, noch entschiedener als in der ersten Gruppe, aber im gleichen Sinn, genähert bzw. entfernt erscheinen. Das Gegenteil war aber der Fall, wie die folgenden Tabellen zeigen.

Zahl der Fehler bei Beobachtung
mit dem rechten Auge

Breiten- abstand (mm)	Der hintere Faden befindet sich tatsächlich	
	links	rechts
60	2	3
120	3	1
180	2	4
	7	8

Zahl der Fehler bei Beobachtung
mit dem linken Auge

Breiten- abstand (mm)	Der hintere Faden befindet sich tatsächlich	
	links	rechts
60	2	3
120	3	3
180	2	3
	7	9

In der Zahl der Fehler ist im Wesentlichen kein Unterschied konstatierbar, je nachdem der hintere Faden bei Beobachtung mit dem linken bzw. rechten Auge links oder rechts vom vorderen gelegen war. Achtmal hielten die Beobachter bei Gebrauch des rechten Auges fälschlich den linken Laden für den hinteren, wenn tatsächlich der rechte hinten war, siebenmal umgekehrt den rechten, wenn tatsächlich der linke hinten lag. Und ebenso machte es bei Beobachtung mit dem linken Auge keinen Unterschied aus, ob der hintere Faden in Links- oder in Rechtslage gegeben war; wie man sieht, wurde im einen wie im anderen Fall ungefähr gleich oft gefehlt.

§ 8. DIE BINOKULARE INTERFERENZ BEIM PANUMSCHEN PHÄNOMEN.

Wir sind noch nicht zu Ende mit unseren Betrachtungen des Panumschen Phänomens.

Nach den Darlegungen der beiden vorangegangenen Paragraphen darf es als unzweifelhaft angesehen werden, was der eigentliche Grund

der Tiefenwirkung ist, die unter dem Namen des Panumschen Phänomens bekannt ist: wir sehen die zwei Linien in dem Versuch in verschiedene Tiefe auseinander treten, weil es der primitiven, durch keine spezielle Erfahrung modifizierten Auffassung des Einzelauges entspricht, von zwei senkrechten nebeneinander befindlichen Linien immer die innen gelegene als die nähere, die außen liegende als die fernere zu sehen, und weil im Falle des Panumschen Versuchs dafür gesorgt ist, daß wir es nur mit der Auffassung eines einzigen Auges zu tun haben, nicht mit den widersprechenden Auffassungen beider Augen zugleich.

Nun macht es aber doch einen sehr merklichen Unterschied aus, ob ich zwei parallele vertikale Linien — etwa auf völlig durchsichtiges Glas gezeichnet — lediglich mit einem Auge betrachte oder aber gleichzeitig auch dem anderen Auge das Bild einer vertikalen Linie biete und, wie dies beim Panumschen Versuch gemacht wird, dieselbe mit einer der beiden Parallelen zur Deckung bringe. Im ersten Fall wird die stereoskopische Wirkung immer unscheinbar, unsicher sein oder auch gänzlich ausbleiben — weshalb in den in § 5 angegebenen Versuchen das Linienpaar durch gesteigerte Konvergenz in zwei gleichzeitig sichtbar werdende monokulare Bilder zerfällt wurde: durch den Kontrast muß in diesem Fall die spezifische Auffassung eines jeden der beiden Augen deutlicher hervortreten —; andererseits aber stellt sich im Panumschen Versuch die Tiefenwirkung mit solcher Aufdringlichkeit ein, daß sie bei geeigneten Linienabständen auch dem Ungeübten nicht leicht entgehen kann. Sonach ist klar, daß das Panumsche Phänomen nicht nur auf der Funktion des einen Auges beruht, das die zwei Linien wahrnimmt, daß vielmehr auch dem anderen Auge ein gewisser Anteil an dem Tiefeneffekt zukommt.

Welches nun ist dieser Anteil?

In allen mir bekannt gewordenen Beschreibungen des Versuchs heißt es, daß das Bild der isolierten Linie (*c* in Fig. 1) mit einer der beiden Parallelen des anderen Auges (*a b* in Fig. 1) verschmolzen werden muß und so dann das Phänomen eintritt. Danach wäre die Verschmelzung seines Wahrnehmungsinhaltes die Funktion des Auges, das die isolierte Linie wahrnimmt. Wer wie Hering das Phänomen durch Erfahrungen an sich verdeckenden Gegenständen erklärt, muß natürlich dies annehmen. Wenn aber andererseits, wie gezeigt wurde, das Phänomen ausschließlich auf die eigenartige Tiefenauffassung des Einzelauges zurückzuführen ist, so läßt sich nicht einsehen, warum

das Linienbild des einen Auges mit einer der Linien des anderen gerade verschmolzen sein muß, da es doch nur darauf ankommt, wie dieses Auge die beiden Linien auffaßt, nicht auch, was gleichzeitig das andere Auge sieht.

Es gilt also hier zunächst über die Funktion des Auges ins Reine zu kommen, das die isolierte Linie wahrnimmt.

Daß es tatsächlich nicht auf Verschmelzung ankommt, möge der Versuch mit Fig. 14 beweisen (die obere der beistehenden Zeich-

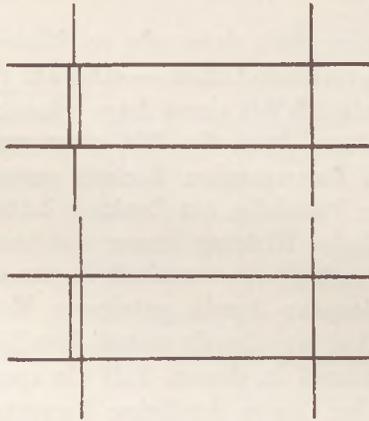


Fig. 14, 15.

nungen). Man findet hier die Linien der Fig. 1 in einer horizontalen Zeile angebracht, a b auf die Höhe dieser Zeile beschränkt, c oben und unten darüber hinausragend. Nun erzeuge man durch zunehmende Konvergenz von den Linien Halbbilder, bis das linke Halbbild von c sich mit der Linie deckt, die zwischen a und b oberhalb und unterhalb der Zeile herausragt. Ist durch genau parallele Annäherung der Linien dafür gesorgt, daß diese Linien sich vollständig decken, so muß angenommen werden, daß der mittlere Teil von c zwischen a und b liegt, auch wenn in dem entstandenen Sammelbild an dieser Stelle nichts wahrgenommen wird; c ist durch den Wettstreit der Sehfelder unterdrückt. Es ist also c dann weder mit a , noch mit b verschmolzen, es ist überhaupt nicht sichtbar, und doch tritt das Tiefenphänomen ein.

(Man kann den Versuch auch so machen, daß man c rot zeichnet, während a und b schwarz bleiben, so daß also die Lage von c in dem Sammelbild sich durch die Farbe verrät. Indes wird die Beobachtung in diesem Fall erschwert durch den Umstand, daß das rote c zwischen

a und b nicht leicht im Wettstreit verdrängt wird und, sowie die Aufmerksamkeit sich den Linien innerhalb der Zeile zuwendet, wieder ein stärkerer Anreiz gegeben ist, c sei es mit a oder mit b zu verschmelzen.)

Noch beweiskräftiger läßt sich die gleiche Beobachtung machen, wenn man c aus dem Zeilenraum ganz wegläßt (Fig. 16) und nur die

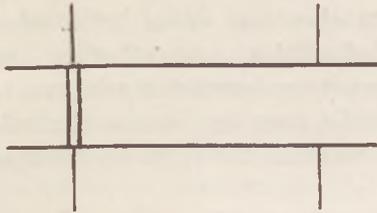


Fig. 16.

über und unter der Zeile vorstehenden Linien miteinander verschmilzt. Die Linien a und b erscheinen hier also unter allen Umständen einfach und doch in der charakteristischen Art des Panumschen Phänomens.

Wir gehen einen Schritt weiter und beseitigen aus der Zeile auch die Linie b noch (der obere Teil von Fig. 17). Es verschmelzen dann

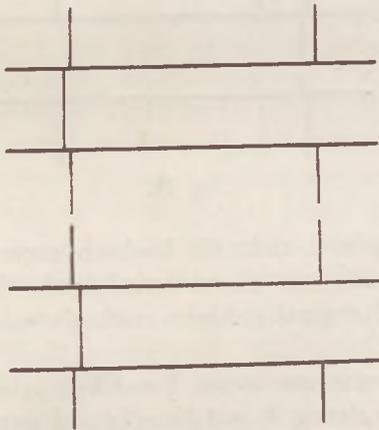


Fig. 17.

nur die über oder unter der Zeile vorragenden Linien, und doch behält a , obwohl ganz allein in der Zeile befindlich, seinen charakteristischen Tiefenwert: es erscheint, weil vom rechten Auge links von den oberen und unteren Linien gesehen, in größerer Nähe als diese beiden. Immer-

hin wird durch die verschiedene Höhenlage bewirkt, daß der Tiefeneindruck in diesem Fall nicht ganz so deutlich wie in den vorangehenden Beispielen hervortritt. Um daher durch Kontrast den Eindruck zu heben, ist im unteren Teil der Zeichnung auch der Fall noch hinzugefügt, wo die Linie in der Zeile scheinbar weiter hinten liegen muß, die Linie *a* also weggelassen ist.

Wir entfernen uns vollends von der ursprünglichen Anordnung, wenn wir die rechts oben und unten befindlichen Linien nicht bis ganz an die bei *a* befindlichen entsprechenden Stücke über der Zeile heranzuführen, sondern mit den dazwischen gelegenen Linien verschmelzen. Der Tiefeneffekt erleidet zwar eine weitere Einbuße, aber er läßt sich doch immer noch, namentlich mit Hilfe des Kontrastfalls, konstatieren

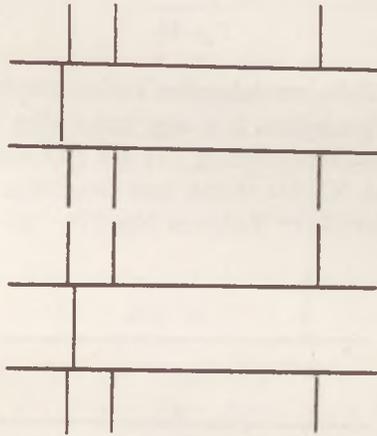


Fig. 18.

(Fig. 18). (Es empfiehlt sich, die Beobachtungen nicht zu oft oder nur nach längeren Pausen zu wiederholen, da die Empfänglichkeit für diese kleinen Tiefenunterschiede rasch abstumpft und das Urteil bald unsicher wird.)

Das eine also wird aus diesen Versuchen jedenfalls deutlich, daß es nicht die Verschmelzung ist, auf die es beim Panum'schen Phänomen ankommt.

Es ist aber andererseits auch keineswegs gleichgültig, wie die isolierte Linie des einen Auges (*c* in Fig. 1) zu den beiden eng nebeneinander befindlichen Linien des anderen Auges liegt.

Die stärkste Wirkung kommt zustande, wenn *c* zwischen die Linien *a* und *b* fällt (Fig. 14); wenigstens will mir scheinen, als ob

in diesem Fall der Tiefeneindruck noch entschiedener sei, als wenn mit *a* oder *b* Verschmelzung eintritt (Fig. 15; man beobachte die Figg. 14 und 15 am besten gleichzeitig). Bereits geschwächt ist die Wirkung, wenn *c* zwar der Breite nach zwischen *a* und *b* liegt, aber in anderer Höhe als diese Linien erscheint (Fig. 16). Noch mehr schwindet der Eindruck der Tiefe, wenn auch die Linien *a* und *b* nur noch in verschiedener Höhe sich nebeneinander befinden und *c* dann zu einer derselben hinzutritt (Fig. 17. — Die links über und unter der Zeile hervorragenden Linien der Figg. 14—18 bilden natürlich mit *a*, eventuell mit *b* zusammen wiederum ein paar eng nebeneinander liegender Linien, sind also funktionell, um die Bezeichnungen der Fig. 1 auch hier zu gebrauchen, ebenfalls *b* bzw. *a*). Auch diesen Eindruck kann ich noch weiter abschwächen, indem ich *c* gar nicht bis an die Gruppe der eng neben- und übereinander gelegenen Linien heranbringe, sondern in einigem Abstand davon Halt mache (Fig. 18). Und schließlich gelange ich von da zum letzten Grad und Minimum einer möglichen Tiefenwirkung, wenn ich *c* überhaupt ganz weglasse, also dem einen Auge das leere Papier oder die unbezeichnete Glasplatte hinhalte.

Es scheint demnach, daß die wesentliche Funktion der isolierten Linie beim Panumschen Phänomen die ist, daß sie in das Wahrnehmungsbild des anderen Auges sich überhaupt eindringt und durch ihre bloße Anwesenheit den Tiefencharakter desselben hebt. Dabei ist es im Prinzip gleichgültig, ob die Linie eine Verschmelzung eingeht oder im Wettstreit verdrängt wird oder als selbständiger Wahrnehmungsinhalt neben den Linien des anderen Auges stehen bleibt. Immerhin scheint es, daß der letztere Fall für den stereoskopischen Effekt der am wenigsten günstige ist, wie er auch eine relativ größere Entfernung der Linien voneinander und damit ein geringeres Maß von Eindrängung voraussetzt. Denn worauf es ankommt, ist, daß die isolierte Linie sich möglichst innig in die Linienkombination des anderen Auges eindringt und, bildlich gesprochen, durch ihre verschiedenartige Provenienz den Widerspruch der Auffassung herausfordert, die mit dieser Linienkombination zugleich gegeben ist.

Um einen bequemen Ausdruck zur Verfügung zu haben, möge diese Eindrängung Interferenz genannt sein. —

Über die tatsächliche Funktion der Interferenz dürfte nach den Mitteilungen dieses Paragraphen ein Zweifel kaum aufkommen. Die Tatsache selber aber ist mit einigem Dunkel umgeben. Wie kommt es, daß die Interferenz diese eigenartige Funktion ausübt, die

Tiefenauffassung des Einzelauges in der geschilderten Weise zu beeinflussen?

Ganz allgemein läßt sich vermuten, daß wir es mit einer Folge — individuell oder im Verlauf der Stammesgeschichte erworbener — Erfahrungen zu tun haben. Wo immer wir körperliche Gegenstände mit beiden Augen wahrnehmen, da müssen auch Interferenzen vorkommen, so daß möglicherweise auf Grund dieser Erfahrungen die Interferenz überhaupt zum Zeichen der Tiefe und ein Anlaß zum Tiefensehen geworden ist.

§ 9. DIE UNTERSCHIEDBARKEIT LINKS- UND RECHTS- ÄUGIGER EINDRÜCKE.

Wenn wir auf das Ergebnis unserer bisherigen Untersuchungen zurückblicken, so können wir in Kürze feststellen: solange unser Sehen unabhängig von jeder speziellen Erfahrung vor sich geht, ist die Auffassung der Tiefe eine charakteristisch verschiedene, je nachdem sie mit dem linken oder mit dem rechten Auge gewonnen wird. Das linke Auge ist geneigt von zwei nebeneinander liegenden Punkten immer den links liegenden, das rechte umgekehrt den rechts liegenden als den weiter rückwärts befindlichen anzusehen.

Diese spezifische Auffassungstendenz des Einzelauges darf nach allem, was gesagt wurde, als Tatsache gelten. Durch sie, und durch sie allein, läßt sich das Panumsche Phänomen oder der Wheatstone'sche Versuch restlos aufklären, indem der eigenartige Tiefeneindruck, der sich in diesen Fällen einstellt, nichts weiter als der ungehemmte Ausdruck eben jener spezifischen Tendenz ist.

Aber auch über die Versuche Panums und Wheatstones hinaus gewinnt die Lokalisationstendenz des Einzelauges für die Psychologie der Raumwahrnehmung Bedeutung.

Zunächst sei an ein altes Problem der Raumwahrnehmung erinnert, das schon viel, aber wie es scheint, bis jetzt ohne positives Ergebnis erörtert worden ist.

Man halte in einer Ebene hintereinander sich zwei Bleistifte vors Gesicht und fixiere abwechselnd den vorderen und den hinteren Bleistift. Immer wird der nicht fixierte Bleistift in Doppelbildern erscheinen und möglicherweise können die Doppelbilder, sowohl wenn ich den vorderen, wie wenn ich den hinteren Bleistift fixiere, einander ganz gleich sein. Wie kommt es nun, daß wir die Doppelbilder im

einen Falle vor, im anderen Fall hinter den fixierten Bleistift verlegen, da doch die Doppelbilder in beiden Fällen augenscheinlich ganz gleich sind, da zum mindesten nichts in ihrer Beschaffenheit ist, was uns verrät, ob das einzelne Halbbild dem linken oder dem rechten Auge entstammt?

Oder wenn wir die stereoskopischen Halbbilder einer regelmäßigen Figur, einer Pyramide z. B., abwechselnd für das rechte und linke Auge vertauschen, so sehen wir die Figur im einen Fall über die Papierebene hervorragen, im anderen als Hohlkörper sich unter dieselbe hinabsenken, und doch sind die Eindrücke, die dem Zentralorgan von beiden Augen zufließen, qualitativ in beiden Fällen die gleichen. Wie also kommt es, daß wir eine verschiedene Raumvorstellung bilden, je nachdem das einzelne Halbbild vom linken oder vom rechten Auge aufgenommen wird?

Natürlich wird in vielen, vielleicht in den meisten Fällen ein und dieselbe Zeichnung, die wir dem linken und dem rechten Auge vorhalten, nicht in beiden Fällen völlig gleich aussehen. Verschiedenheiten in der Belichtung des einen und des anderen Augapfels, ungleiche Refraktion, Sehschärfe, Farbentüchtigkeit usw. werden in der Regel gewisse, wenn auch noch so geringe Unterschiede bedingen. Aber eine andere Frage ist es, ob wir mit diesen Unterschieden, die an den Empfindungsinhalten des binokularen Sammelbildes sich finden, auch ein Bewußtsein ihrer Herkunft verbinden? Ich sehe etwa gleichzeitig neben etwas schärferen weniger scharfe, verschwommene Linien: weiß ich dann ohne weiteres, von welchem Auge die eine und die andere Sorte Linien stammt? Nach den vorliegenden Erfahrungen und Untersuchungen ist die Frage entschieden zu verneinen. Nur wenn das eine Auge vom Sehakt ganz ausgeschlossen ist, z. B. wenn im verdunkelten Raum nur dem einen Auge ein Lichtreiz zugänglich gemacht wird, oder wenn das eine Auge erheblich undeutlicher als das andere sieht, ist der Sehakt von einem Wissen davon begleitet, welches Auge das sehende ist¹⁾. Damit ist aber natürlich noch wenig gedient für unser normales Raumsehen, wo jedem der beiden Augen, soweit die Qualität in Betracht kommt, ungefähr die gleichen Eindrücke sich bieten und es darauf ankommt, je nachdem sie aus dem linken oder aus dem rechten Auge stammen,

¹⁾ B. Bourdon, *L'année psychologique*. Bd. 9. 1903. S. 41ff. Heine, *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. Jahrg. 39. 1901. S. 615ff. A. Brückner und E. Th. von Brücke, *Pflügers Archiv*. Bd. 90. 1902. S. 290ff. und Bd. 91. 1902. S. 360ff.

eine ganz verschiedene Raumvorstellung aus ihnen zu bilden. Ja selbst wenn es möglich wäre, mit minimalsten qualitativen Unterschieden noch ein Bewußtsein ihrer Provenienz aus dem rechten oder aus dem linken Auge zu verbinden, so wäre es doch andererseits ebenfalls möglich, durch künstliche Anordnungen diese Unterschiede wieder zum Verschwinden zu bringen, — und trotzdem würde unser Tiefeneindruck um nichts dadurch gestört werden und würde fortfahren ein anderer und anderer zu sein, je nachdem die Halbbilder so oder so an die beiden Augen verteilt sind.

Hier also stehen wir, so scheint es, vor einem Rätsel.

Aber das Rätsel löst sich, wenn wirklich die spezifische Tiefenauffassung des Einzelauges als Tatsache anzusehen ist, wie ich glaube durch die vorangegangenen Ausführungen ihre Tatsächlichkeit zur Genüge erwiesen zu haben. Dann nämlich können wir sagen: wohl mögen die Licht- und Farbenempfindungen, die das linke und das rechte Auge gleichzeitig vermitteln, vollkommen gleich oder doch zum mindesten nicht merklich verschieden voneinander sein; sofern aber diese Empfindungen Punkte oder Linien mit engen Querabständen sind, werden sie doch in beiden Augen nicht in der gleichen Weise wirken, indem im linken Auge an die links liegenden Linien oder Punkte, im rechten umgekehrt an die rechts gelegenen sich immer die Vorstellung des weiter hinten Befindlichen knüpft. Unbeschadet also aller qualitativen Gleichheit, die zwischen entsprechenden Empfindungsinhalten des linken und des rechten Auges gegeben sein mag, besteht doch eine funktionelle Ungleichheit, indem unter Umständen — z. B. unter den Umständen, die im Panumschen Versuch verwirklicht sind — der gleiche Vorgang im linken und im rechten Auge ganz Verschiedenes, nämlich eine ganz verschiedene Raumvorstellung bewirkt.

Das Zustandekommen höherer psychischer Gebilde, wie z. B. des dreidimensionalen Raumsehens, bedarf nicht notwendig immer der Mitwirkung bewußter Vorgänge, in unserem Fall etwa nicht notwendig eines Wissens um die Herkunft der monokularen Halbbilder, sondern es genügt, daß der Reiz auf verschiedene Stellen der Körperperipherie auftritt, um eben damit bei aller qualitativen Gleichheit doch etwas Verschiedenes, im einen Fall z. B. die Vorstellung eines Vorwärtsspringens, im anderen die eines Rückwärtsliens zu bewirken. Bei aller denkbaren qualitativen Gleichheit sind also die links- und die rechtsäugigen Eindrücke doch jederzeit, nicht bewußt, wohl aber funktionell voneinander unterschieden.

§ 10. DIE BEDEUTUNG DER QUERDISPARATION DER NETZHAUTBILDER.

Wenn nun aber auch feststeht, daß es tatsächlich, nämlich funktionell, einen Unterschied ausmacht, ob Lichtreize auf das linke oder auf das rechte Auge auftreffen, so haben wir doch immer noch keine Antwort auf die Frage, die zu Beginn des vorigen Paragraphen gestellt wurde.

Um nochmals das Beispiel mit den Bleistiften zu gebrauchen: wenn wir das Bild eines binokular gesehenen, aus zwei Halbbildern verschmolzenen Bleistifts vor uns haben und links und rechts daneben je das Halbbild eines weiteren Bleistifts, wie kommt es, daß wir die Halbbilder des zweiten Bleistiftes bald vor, bald hinter dem einfach gesehenen Bleistift wahrnehmen, vor ihm nämlich, wenn das linke Halbbild dem rechten, das rechte dem linken Auge angehört, umgekehrt aber weiter hinten, wenn das linke Halbbild vom linken und das rechte vom rechten Auge gesehen wird?

Daß es prinzipiell möglich und für bestimmte Fälle Tatsache ist, daß die Halbbilder je nach ihrer Herkunft aus der linken oder aus der rechten Netzhaut verschieden wirken, auch ohne bewußt nach ihrer Provenienz unterschieden zu werden, ist gezeigt worden. Die Frage aber ist: wie kommt es, daß sie je nach ihrer Herkunft nach vorwärts oder nach rückwärts verlegt werden? Wie kommt es, daß wir dann, wenn wir in Doppelbildern sehen, d. h. in Halbbildern mit nicht korrespondierender Herkunft, immer gleichzeitig auch räumlich sehen?

Die empirische Erklärung, die auf die Konvergenzbewegungen hinweist, die wir beim Fixieren eines zunächst in Doppelbildern erscheinenden Objektes ausführen, ist seit den Versuchen von Dove mit momentaner Darbietung der Halbbilder in Mißkredit geraten. Sicher ist ja, daß der Eindruck des Körperlichen, den zwei stereoskopische Halbbilder geben, erst recht deutlich und aufdringlich wird, wenn wir nacheinander verschiedene in Querdissipation sich abbildende Punkte durch Fixation auf korrespondierende Stellen der Netzhaut überführen. Aber andererseits steht ebenso fest, daß auch bei Ausschluß aller Augenbewegungen, wenn die Halbbilder nur in einem verschwindenden Bruchteil einer Sekunde exponiert werden, der Eindruck der Tiefe, wenigstens in günstigen Fällen, doch auch schon da ist, also ein primitives Raumsehen auch ohne Konvergenzbewegungen existiert.

Gar keine Erklärung ist es, wenn man sich einfach auf die Querdissipation der Bildpunkte auf der Netzhaut beruft. Es ist eben selbstverständlich, daß zwei Objektpunkte, die von den beiden Augen unter verschiedenen Gesichtswinkeln erblickt werden, auch auf den Netzhäuten mit verschieden großen Querabständen sich abbilden müssen. Und die Frage ist doch: wie kommt es, daß zwei solche Objektpunkte, die von den beiden Augen unter verschiedenen Winkeln erblickt werden, somit auf den Netzhäuten sich in Querdissipation abbilden, gleichzeitig in verschiedener Tiefe erscheinen? Der Hinweis auf die Querdissipation der Bildpunkte auf der Netzhaut geht der Frage ganz aus dem Weg und ist nichts weiter als der Ausdruck der nackten Tatsache, daß dreidimensionale Gegenstände dem linken Auge und dem rechten Auge wegen der Verschiedenheit ihrer Örter notwendigerweise eben verschieden erscheinen.

Aber es scheint, daß man vielfach annimmt, der Querdissipation wohne nun einmal als solcher die merkwürdige Eigenschaft inne, sich im Bewußtsein durch die Vorstellung von Tiefenunterschieden zur Geltung zu bringen¹⁾. Eine merkwürdige Eigenschaft der Querdissipation! Denn wenn der Eintritt von physiologischen Vorgängen, von Vorgängen überhaupt, sonst nur durch andere Vorgänge bedingt ist, so soll in diesem Fall derjenige physiologische Vorgang, der der Tiefenvorstellung zugrunde liegt, überhaupt durch keinen Vorgang, sondern durch ein geometrisches Verhältnis, nämlich die Querdissipation, durch ein Gedankending also, bedingt sein!

Um überhaupt möglicherweise sich vorstellen zu können, daß die Querdissipation der Netzhautbilder bzw. der monokularen Halb- bilder die Ursache für ihre Tiefenlokalisation ist, müßte man wenigstens zunächst annehmen, daß die Querdissipation, diese geometrische Beziehung, auch dem sehenden Subjekt irgendwie bewußt wird; mit anderen Worten: an Stelle der geometrischen Beziehung müßte zu-

¹⁾ Es muß darauf verzichtet werden, hier bestimmte Namen zu nennen. Denn wenn man Wendungen begegnet wie: die Tiefenwahrnehmung beruht auf der Querdissipation der Netzhautbilder, oder die Querdissipation ist der Grund der Tiefenwahrnehmung und dergleichen, so ist es schwer zu kontrollieren, was der Verfasser sich dabei gedacht hat. Bedenklicher aber ist es, wenn St. Witasek die Querdissipation als „Tiefenreiz“ behandelt (Psychologie der Raumwahrnehmung des Auges. Heidelberg 1910. S. 158 f.), oder wenn Ch. S. Myers in seinem Textbook of experimental psychology, 2. Auflage, Cambridge 1911. 1. Bd., S. 264 f. Hering die Meinung imputiert, die retinale Dissipation sei der angeborene (eine angeborene geometrische Relation!) physiologische Faktor, auf dem unsere Tiefenwahrnehmung direkt beruht.

nächst ein realer, psychophysischer Vorgang gesetzt werden¹⁾, und da es sich speziell um die Disparation je zweier durch den gleichen Objektpunkt erzeugter Halbbilder handeln soll, so müßte man außerdem annehmen, daß mit dem Gegebensein zweier durch den gleichen Objektpunkt erzeugter Halbbilder immer auch ein Bewußtsein ihrer Zusammengehörigkeit verknüpft ist, beide somit auf einen und denselben Gegenstand bezogen werden, — eine Voraussetzung, die in dieser Allgemeinheit sicherlich nicht zutrifft²⁾.

Wenn ich bewußt schon Beobachtungen über das Zerfallen eines Wahrnehmungsbildes in Halbbilder gemacht habe, so mag es wohl sein, daß ich in der Folge zwei in Gestalt und Farbe einander gleiche Bilder unwillkürlich auf ein gleiches Objekt beziehe; aber ob ich das tue, wird immer durch individuelle Umstände bedingt sein, und es wird sogar ausgeschlossen sein, wenn beide Augen gleichzeitig eine größere Anzahl komplizierter Formelemente in Querdisparation wahrnehmen. Man setze etwa den Fall, es werde jedem Auge eine Kombination von fünf vertikalen, qualitativ vollkommen gleichen Linien geboten, mit solchen Abständen, daß immer, wenn beiderseits z. B. die mittlere Vertikale fixiert und demnach einfach gesehen wird, die vier anderen als Halbbilder erscheinen: wie soll ich imstande sein, aus den vollkommen gleichen acht Halbbildern jeweils zwei herauszugreifen und auf den nämlichen Gegenstand zu beziehen? Offenbar fehlt jeder Anhalt dazu. Und doch verbinde ich unter geeigneten Umständen charakteristische Tiefenvorstellungen mit den Halbbildern, indem sie je nachdem näher oder ferner als die fixierte Linie zu sein scheinen.

Ich kann ja überdies den eben erwähnten Versuch auch so machen, daß ich die fünf vertikalen Linien des einen Auges rot, die des anderen grün färbe und dann wieder die mittleren Vertikalen fixiere. In diesem Fall läge es jedenfalls viel näher, immer zwei rote oder zwei grüne Linien aufeinander zu beziehen, während bei geeigneten Umständen immer nur eine rote und eine grüne Linie zusammen in die gleiche

¹⁾ So glaubt Helmholtz (a. a. O. S. 787 ff.), daß wir die beiderseitigen Netzhautbilder miteinander vergleichen, ohne daß die Differenzen der Bilder uns indes als solche zum Bewußtsein kommen: nur die Unterschiede der Tiefendimension werden aufgefaßt. In ähnlicher Weise nimmt M. Straub an (Zeitschrift für Psychologie. Bd. 36. 1904. S. 432 u. 438), daß es sich um einen unbewußten Schluß handelt. Vermöge dieses Schlusses wird das Vorhandensein der Doppelbilder in Tiefenunterschiede „übersetzt“, die uns allein zum Bewußtsein kommen, während wir die Doppelbilder als solche gar nicht gewahr werden.

²⁾ R. A. Pfeifer, Wundts Psychologische Studien. Bd. 2. 1907. S. 145 f.

Tiefe verlegt werden. Man muß also annehmen, daß nicht die Beziehung auf das gleiche Objekt Voraussetzung einer entsprechenden Lokalisierung, sondern die gleiche Lokalisierung unter Umständen Ursache der gemeinschaftlichen Beziehung auf ein Objekt ist, sofern nämlich diese gemeinschaftliche Beziehung überhaupt hergestellt wird.

So muß man also jedenfalls auf die Annahme verzichten, daß mit dem Gegebensein zweier durch den gleichen Gegenstand erzeugter Halbbilder auch ein Bewußtsein ihrer Zusammengehörigkeit da ist. Wie soll aber dann die Querdisparation der zusammengehörigen Halbbilder ihre Tiefenlage bewirken? Ein jedes der beiden Halbbilder befindet sich ja nicht nur mit dem anderen entsprechenden Halbbild, sondern zugleich mit allen beliebigen, auf nicht korrespondierenden Längsschnitten der anderen Netzhaut gelegenen Bildpunkten in Querdisparation, und müßte, je nachdem, in ganz verschiedener Tiefenlage erscheinen. Nehmen wir nochmals das Beispiel der beiderseits gebotenen fünf vertikalen Geraden. Sie mögen $a b c d e$ und $a' b' c' d' e'$ genannt sein. Wenn nun $c c'$ fixiert ist, so kommen unter den angenommenen Umständen nicht nur $a a'$ auf disparate Längsschnitte zu liegen, sondern ebenso a und b' , a und c' usw., und je nachdem ich diese oder jene Disparation herausgreife, müßte ich ganz verschiedene Tiefenvorstellungen bilden.

Wir haben diese Konsequenz der Lehre von der lokalisatorischen Funktion der Querdisparation bereits in dem Aufsatz von Henning kennen gelernt. Wenn die Querdisparation als solche bewirkt, daß zwei Halbbilder in einer bestimmten Tiefe erscheinen, dann allerdings steht im Falle des Panum'schen Phänomens nichts im Wege, daß ich die isolierte Linie c (Fig. 1) des einen Auges gleichzeitig auf a und b des anderen Auges beziehe und entsprechend den beiden verschiedenen Disparationen auch zwei verschiedene Tiefenvorstellungen bilde. Ebenso wenig aber stünde etwas im Wege, daß ich jederzeit jeden beliebigen Punkt des einen monokularen Sehfelds mit jedem beliebigen Punkt des anderen in Zusammenhang bringe und ihn gleichzeitig somit in tausend verschiedene Entfernungen verlege.

Befremden muß es, wenn gelegentlich die Straub'schen Stroboskopbilder als Beweis für die lokalisatorische Funktion der Querdisparation, speziell der monokularen Querdisparation rasch aufeinander folgender Eindrücke betrachtet werden ¹⁾ (entsprechend dem

¹⁾ z. B. von St. Witasek, Psychologie der Raumwahrnehmung des Auges. S. 172 und Ch. S. Myers, Text-book of experimental psychology. 2. Aufl. 1. Bd. S. 268.

sonst üblichen Wortgebrauch würde man in diesem Fall besser von Querdifferenz sprechen). Freilich wenn es Sinn hat, der geometrischen Beziehung der Bildpunkte auf den beiden Netzhäuten zueinander als solcher schon die Kraft zuzuschreiben, die entsprechenden Empfindungsinhalte in bestimmte Tiefen zu verlegen, so macht es auch weiter keine Schwierigkeit, sich zu denken, daß ähnliche geometrische Relationen auch innerhalb einer und derselben Netzhaut mit der gleichen Kraft begabt sind. Was aber beweisen die Straubschen Bilder? Ihrem Typus nach sind es Bilder, wie sie zu kinematographischen Projektionen verwendet werden, d. h. eine Abfolge von Bildern, in denen einzelne Elemente von Bild zu Bild in der gleichen Richtung abgeändert werden, so daß sie, im Stroboskop rasch nacheinander gesehen, den Eindruck der Bewegung erzeugen. Dieser Eindruck der Bewegung ist es, der seinerseits wieder die Vorstellung einer bestimmten räumlichen Anordnung nach sich zieht, ähnlich wie bei Seitwärtsbewegungen des Kopfes die dreidimensionale Beschaffenheit eines Gegenstandes durch die parallaktische Verschiebung uns erst recht klar wird. Was aber hat das alles mit der Frage der lokalisatorischen Funktion der Querdissipation als solcher zu tun? Wenn die Querdissipation als solche, d. h. abgesehen von Bewegungsvorstellungen die Kraft hätte, die Gegenstände in bestimmte Entfernungen zu verlegen, so dürften in dem Straubschen Versuch nicht Bildreihen mit fortlaufend in der gleichen Richtung veränderten Linien verwendet werden, also nicht Reihen nach dem Typus $a_1 a_2 a_3 a_4 a_5$ usw., sondern die Tiefenvorstellung müßte sich auch einstellen, wenn lediglich zwei Bilder mit entsprechender Linienverschiebung in einer Reihe alternierend aufeinander folgten, also $a_1 a_2 a_1 a_2$ usw., so daß analoge Bildteile, im Stroboskop nacheinander gesehen, teils auf identische, teils auf querdifferente (querdissipate) Stellen der gleichen Netzhaut fielen. — Man kann die Probe leicht machen, indem man einen Bildstreifen aus je einem Paar enger und einem Paar weiter voneinander stehender vertikaler Linien herstellt; von einem Tiefeneindruck zeigt sich keine Spur¹⁾.

Um es also kurz nochmals zu sagen: es ist sinnlos, in der Querdissipation als solcher das auslösende Moment für unser Tiefensehen zu erblicken: eine geometrische Beziehung kann nie als Glied einer realen Kausalreihe fungieren. Zum mindesten müßte die geometrische Beziehung irgendwie erlebt, also durch einen realen psychischen

¹⁾ Vgl. L. Heine, Archiv für Ophthalmologie. Bd. 51. 1900. S. 166.

Vorgang ersetzt sein, um gleichfalls Reales, nämlich die Tiefenwahrnehmung zu bewirken. Freilich haben wir derlei Erlebnisse tatsächlich nicht, wenn wir dreidimensionale Dinge wahrnehmen: wir sehen die verschiedenen Tiefenlagen der dreidimensionalen Dinge, nicht aber die Disparation ihrer Halbbilder. Dazu kommt, daß diese Annahme, die doch aller wirklichen Erfahrung widerspricht, für sich allein das Zustandekommen der Tiefenwahrnehmung noch in keiner Weise erklärt: ein einzelner Bildpunkt der einen Netzhaut steht immer mit allen Bildpunkten der anderen zugleich (vom korrespondierenden abgesehen) im Verhältnis der Disparation. Es wäre also weiterhin noch nötig, daß unter allen Bildpunkten auf beiden Netzhäuten immer nur zwei ganz bestimmte zueinander in Beziehung gesetzt würden, nämlich immer nur die Bildpunkte, die durch den gleichen Gegenstand erzeugt sind, — was aber wiederum unserer Erfahrung widerspricht: von seltenen Ausnahmen abgesehen, werden wir uns der Zusammengehörigkeit der Doppelbilder nie bewußt.

Dieser letztere Einwand muß auch gegen Herings Theorie des Tiefensehens gemacht werden, wenn im übrigen seine Hypothese es auch vermeidet, sich auf imaginäre psychische Vorgänge zu stützen und es den Tiefenwerten der Netzhautstellen, d. h. irgendwelchen — nicht näher zu bestimmenden — physiologischen Vorgängen überlassen bleibt, rein mechanisch das Bewußtsein der bestimmten Tiefe zu erzeugen: der Mechanismus kann eben doch nur funktionieren, wenn aus allen Bildpunkten der beiden Netzhäute immer nur je zwei bestimmte, nämlich die durch den gleichen Objektpunkt erzeugten Bildpunkte operativ zusammenwirken und also aufeinander bezogen werden. Dem widerspricht aber, wie gesagt, der psychologische Befund, wenn wir in Doppelbildern sehen. Daß der Annahme angeborener retinaler Tiefenwerte im Sinne Herings auch sonst mancherlei Bedenken im Weg stehen, soll hier nicht nochmals betont werden.

Der Einwand, der eben gegen Hering erhoben wurde, bedroht schließlich auch die Hypothese, die das Tiefensehen mit der Erfahrung erklärt, daß nahe Gegenstände diesseits des Fixationspunktes in gekreuzten, ferne Gegenstände jenseits des Fixationspunktes immer in ungekreuzten Doppelbildern erscheinen: also werden ungekreuzte Doppelbilder immer auf ferne, gekreuzte immer auf nahe Gegenstände gedeutet werden müssen ¹⁾.

¹⁾ Als Vertreter dieser Ansicht seien Donders und Helmholtz genannt.

Auch in diesem Fall geht es nicht ohne die rätselhafte Auslese bestimmter Bildpunkte, die zueinander in Beziehung zu setzen sind und je nach der Art der Beziehung, die sich ergibt, d. h. je nachdem diese Beziehung gekreuzte oder ungekreuzte Disparation ist, einen Anhaltspunkt für die Tiefenlage des Objektes abgeben. Daß die Bildpunkte je nach ihrer Herkunft von der linken oder von der rechten Netzhaut verschieden wirken und demnach auch ihre Kombination in gekreuzter oder ungekreuzter Disparation funktionell verschieden wirksam sein kann, wie diese Theorie annimmt, ist prinzipiell ja nicht undenkbar (worüber das Nötige gesagt wurde), ebensowenig aber auch erwiesen.

Andererseits aber muß bedacht werden, daß eine funktionelle Differenzierung zwischen Bildpunkten der beiden Netzhäute, soweit sie wirklich nachweisbar ist, eben im Zusammenhang mit der Tiefenvorstellung hervortritt, um derenwillen die fragliche Theorie ausgedacht ist: bei nicht zu breiten Querabständen werden Halbbilder, die im monokularen Sehfeld nach außen vom Fixationspunkt gelegen sind, weiter rückwärts, solche Halbbilder, die nach innen zu gelegen sind, weiter nach vorne lokalisiert. Was also liegt näher, als auch den mit Doppelbildern verbundenen Tiefeneindruck unmittelbar aus diesem monokularen Eindruck selber abzuleiten, anstatt ihn erst mit Hilfe zweier weiterer Annahmen erklären zu wollen, von denen die eine (Auslese bestimmter Halbbilder) sicher willkürlich, die andere aber (funktionelle Verschiedenheit der gekreuzten und ungekreuzten Disparation), sofern man sie wahrscheinlich finden will, nur mit Hilfe eben dieses monokularen Tiefeneindruckes überhaupt erst zu begründen ist?

Dazu kommt schließlich, daß die Lokalisation der Doppelbilder in Wirklichkeit gar nicht, wie jene Theorie annimmt, nach Maßgabe der Erfahrung vor sich geht. Wir brauchen uns nur des Versuchs mit zwei Nadeln zu erinnern, von denen die hintere fixiert wird, während die vordere in gleichseitige Halbbilder zerfällt. Wäre es richtig, daß die Lokalisation der Doppelbilder immer auf Erfahrung zurückgeht, dann müßten in diesem Fall beide Halbbilder der vorderen Nadel vorn liegen; die Erfahrung müßte uns sagen, daß gekreuzte Halbbilder, gleichgültig, ob sie gleichseitig oder ungleichseitig sind, immer von einem Objekt stammen, das näher als der fixierte Gegenstand liegt: trotz dieser Erfahrung sehen wir das eine Halbbild nicht vor, sondern hinter dem fixierten Gegenstand liegen.

Es bleibt also schließlich nur übrig, die Lokalisation der — verschmolzenen oder unverschmolzenen — Doppelbilder aus der Lokali-

sation der einzelnen Halbbilder, das Tiefensehen mit zwei Augen aus der Tiefenauffassung des Einzelauges zu verstehen.

Darüber soll im nächsten Paragraphen noch einiges gesagt werden.

§ 11. DAS TIEFENSEHEN MIT ZWEI AUGEN AUF GRUND DER MONOKULAREN TIEFENAUFFASSUNG.

Beginnen wir mit dem einfachsten Fall, wo die Halbbilder symmetrisch zum Fixationspunkte liegen.

Man betrachte zu diesem Zweck Fig. 19 mit zunehmender Konvergenz der Sehachsen, bis das in der Mitte befindliche Linienpaar ($b b'$) durch Verschmelzung nur noch als einfache Linie erscheint; das

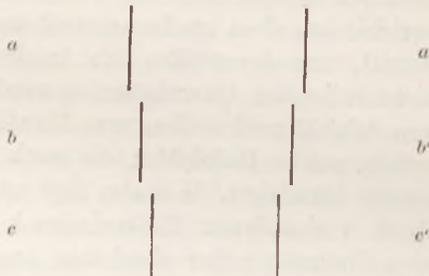


Fig. 19.

obere und untere Linienpaar wird dann gleichzeitig wegen des verschieden großen Querabstandes in Halbbildern gesehen. Die einfach erscheinende Linie $b b'$ zusammen mit dem darüber und darunter liegenden Halbbilderpaar wollen wir als binokulares Sammelbild bezeichnen. Wie man sich nun durch abwechselndes Öffnen und Schließen des einen und des anderen Auges überzeugt, wird zu diesem Sammelbild vom rechten Auge die Reihe der links übereinander gelegenen Geraden ($a b c$), vom linken Auge die rechts liegende Reihe ($a' b' c'$) beigetragen. Für das rechte Auge liegt also dann die obere Gerade (a) links neben der fixierten Geraden (b) und muß somit weiter vorne als diese erscheinen. Andererseits liegt für das linke Auge die obere Gerade (a') rechts von der fixierten Geraden und muß somit gleichfalls vor derselben erscheinen. Also: für beide Augen muß die obere Gerade näher als die darunter befindliche erscheinen. — Umgekehrt sieht in der untersten Reihe das rechte Auge c rechts von b liegen und muß es somit in größerer Ferne als dieses sehen. Das linke Auge andererseits sieht c' links neben b' liegen und muß es deshalb gleich-

falls in größere Ferne verlegen. Wiederum also folgt: beide Augen müssen die untere Linie ($c c'$) in größerer Ferne als die darüber befindliche Linie ($b b'$) sehen.

Oder bilden wir aus den beiden schrägen Linien der Fig. 20 durch zunehmende Konvergenz ein binokulares Sammelbild. In demselben ist dann die linksliegende Linie (a) durch das rechte Auge, die rechts-

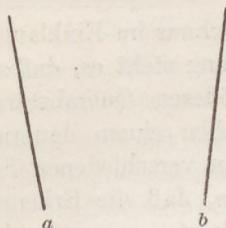


Fig. 20.

liegende (b) durch das linke Auge vertreten. Gleichgültig nun, welchen Teil des Sammelbildes wir fixieren, so muß für das rechte Auge der obere Teil der Linie a , weil mehr links liegend, weiter vorne, der untere Teil, weil mehr rechts liegend, weiter hinten erscheinen. Ebenso muß für das linke Auge die Linie b mit ihrem oberen Teil, weil mehr rechts liegend, in größerer Nähe, mit ihrem unteren Teil, weil mehr links liegend, ferner gelegen sein. Also: für beide Augen muß die Linie mit ihrem oberen Teil näher, mit ihrem unteren ferner gelegen sein.

So scheint also nichts einfacher als über die Tiefenlage der Doppelbilder — zunächst der symmetrisch gelegenen — Aufschluß zu geben: es bedarf dazu nicht der — ganz willkürlichen — Annahme, daß zusammengehörige Doppelbilder sich funktionell zueinander anders als zu anderen Halbbildern verhalten, wir können den Begriff der Querdisparation ganz ausschalten, und der Unterschied gekreuzter und ungekreuzter Disparation bleibt als solcher irrelevant. Wir sehen die Doppelbilder weiter vorne, einfach weil wir die Halbbilder weiter vorn sehen, und sie liegen scheinbar hinten, einfach weil die Halbbilder hinten gelegen sind ¹⁾.

¹⁾ Es muß bemerkt werden, daß eine ähnliche Lösung dem Problem schon von C. Stumpf gegeben worden ist (Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. 1873. S. 235 ff.). Er macht die Annahme, daß ursprünglich, d. h. solange alle speziellen Erfahrungen noch fehlen, die Wahrnehmungsinhalte der einzelnen Augen auf Kugelflächen verlegt werden, die sich in einer durch den Fixationspunkt gehenden Linie gegenseitig durchdringen. Auch nach dieser Ansicht also geht eine monokulare Tiefenauffassung dem binokularen Raumschen voran und bedingt, daß bei symmetrischer Lage der Halbbilder die binokulare

Nur eine Einschränkung muß gemacht werden. Die monokulare Tiefenauffassung erweist sich wirksam, nur soweit die Querabstände der Halbbilder über ein gewisses Maß nicht hinausgehen. Sind die unterscheidbaren Punkte und Linien in den Halbbildern um größere Beträge auseinander gelegen, so kommt jene Tendenz in Wegfall und die Punkte oder Linien sind dann scheinbar in ein und derselben Ebene gelegen oder schwanken in unberechenbarer Willkür vorwärts und rückwärts (vgl. § 5). Durchaus im Einklang mit dieser Beschränkung der monokularen Auffassung steht es, daß auch die Tiefenauffassung der Doppelbilder bei größeren Querabständen aufhört. So konnte von Donders, als er neben einem dauernd gegebenen Fixierpunkt zwei leuchtende Punkte in verschiedenen Entfernungen davon exponierte, konstatiert werden, daß die Erkennung dieser Entfernungen durchgehends leichter erfolgte, wenn die beiden Lichtpunkte dicht bei einander und nicht weit vom Fixierpunkt entfernt lagen¹⁾.

Es möge dies Verhalten der Doppelbilder, das offenbar identisch mit dem früher besprochenen Versagen der monokularen Tendenz ist, an einem Beispiel auch anschaulich gezeigt werden (Fig. 21).

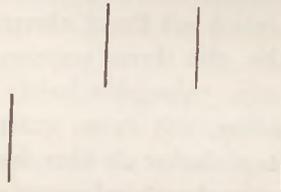


Fig. 21.

Man bilde in Fig. 21 aus dem unteren Linienpaar durch Verschmelzung ein einfach erscheinendes Sammelbild, dann wird das obere Linien-

Auffassung sich als Summation oder als Resultante der monokularen Auffassungen erweist. Freilich gründet sich bei Stumpf diese Ansicht auf Erwägungen vorwiegend theoretischer Art; es ist „offenbar die einfachste Annahme, daß, da das Netzhautbild im allgemeinen hinsichtlich der Form und Größe der gesehenen Objekte maßgebend ist, die Entfernung der einzelnen Punkte in der gesehenen Fläche voneinander bestimmt ist durch die der entsprechenden Netzhautpunkte voneinander, wodurch eine der Netzhaut ähnliche, nahezu kugelförmige Fläche erzeugt wird.“ Auch verweist er auf die Form des Himmelsgewölbes, wo Erfahrungen die Empfindung wenig beeinflussen (S. 235). — Daß im Prinzip Stumpf hiermit Recht hat — von allen Einzelheiten mag abgesehen werden —, dafür dürften die in diesem Aufsatz mitgeteilten Beobachtungen den empirischen Beweis bilden.

¹⁾ Archiv für Ophthalmologie. Bd. 13. 1. Abteilung. 1867. S. 36. Vgl. Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl. S. 869.

paar in der Art ungekreuzter Halbbilder sichtbar und man müßte somit annehmen, daß es weiter hinten als die untere Linie zu liegen scheint. Das ist indes nicht der Fall: zum mindesten ist der Eindruck schwankend und unsicher, meist aber scheinen die Linien sogar weiter vorne als die fixierte Linie zu liegen. (Um den Einfluß der Konvergenzbewegung auszuschließen, empfiehlt es sich, das obere Linienpaar mit einem Papierblatt zu verdecken und erst, wenn das Sammelbild aus den unteren Linien gebildet ist, dasselbe wieder zu entfernen.)

Wir wollen nun weiterhin die Fälle betrachten, die sich bei unsymmetrischer Lage der Halbbilder ergeben.

Selbstverständlich muß es zunächst wiederum erscheinen, daß in korrespondierenden Lagen die Doppelbilder überhaupt keinerlei Tiefeneindruck erzeugen. Wenn die Halbbilder zweier Objektpunkte (a und b , bzw. a' und b') im binokularen Sehfeld sich vollständig decken, so daß das verschmolzene $aa' - bb'$ weder ausschließlich Wahrnehmung des einen, noch Wahrnehmung des anderen Auges ist, so kann auch weder die Auffassung des einen noch die des anderen Auges hervortreten, weder a ($= a'$) kann, wie es nach dem einen Auge müßte, noch b ($= b'$) kann, wie es nach dem anderen Auge müßte, weiter vorne (bzw. weiter hinten) erscheinen: mit den beiden Punkten kann sich kein Tiefeneindruck verbinden¹⁾.

¹⁾ Wie S. 275 ff. gezeigt wurde, ist es falsch, schlechtweg zu sagen, daß alle Punkte, die auf korrespondierenden Netzhautstellen sich abbilden, immer in der gleichen Tiefe wie der fixierte Punkt, d. h. in der Kernfläche erscheinen. Voraussetzung dafür ist, daß der fixierte Punkt von beiden Augen gleichzeitig wahrgenommen wird, daß es sich also nicht nur um korrespondierende Punkte im seitlichen Sehfeld, sondern um korrespondierende Abstände von den Mitten der beiderseitigen Sehfelder handelt.

Dies vorausgesetzt, muß mit Obigem nicht notwendig gesagt sein, daß immer dieselben Punktpaare in beiden Netzhäuten zusammen den Eindruck der Kernfläche erzeugen, daß also eine Stabilität der Raumwerte in beiden Netzhäuten unter allen Umständen angenommen werden muß, wengleich diese Annahme vielleicht die wahrscheinlichste ist. Es bleibt immerhin auch denkbar, daß der tatsächliche Eindruck der Kernfläche bis zu einem bestimmten Grad neben den angegebenen Faktoren auch durch besondere Erfahrungen noch mitbestimmt wird, z. B. durch den Umstand, auf den Liebermann sich beruft (Zeitschrift für Sinnesphysiologie. Bd. 44. S. 437), daß Gegenstände, die faktisch in einer der Frontalebene parallelen Ebene sich befinden, um so kleinere Parallaxen auf den beiden Netzhäuten bilden, je weiter sie vom Auge entfernt sind, so daß möglicherweise, auf Grund einer darauf fußenden Erfahrung, bei verschiedenen Entfernungen des Fixationspunktes andere und andere Punkte in beiden Netzhäuten zusammen den Eindruck der Kernfläche hervorrufen könnten.

Komplizierter wird die Situation, wenn die Halbbilder nicht auf korrespondierenden, sondern auf disparaten Stellen in beiden Netzhäuten liegen. Wir behandeln zunächst die Fälle, wo die Halbbilder weit genug voneinander entfernt sind, um sich getrennt nebeneinander im Sehfeld zu behaupten.

Es werde in Fig. 22 durch vor der Papirebene gekreuzte Sehachsen a und c zur Deckung gebracht. Das Halbbild d erscheint dann beiläufig in der Ebene des Papierblatts oder kaum merklich über derselben, b aber liegt, namentlich im ersten Augenblick des Beobachtens oder bei starrem, „gedankenlosen“ Fixieren, um ein Merkliches hinter dem vereinigten ac . Die Situation ist die gleiche wie bei dem S. 286 ff. erwähnten Nadelversuch. Verändern wir nur im geringsten den Konvergenzgrad, indem wir das Halbbild von b dem



Fig. 22.

Halbbilde d nähern, so tritt freilich b zugleich auch aus seiner Tiefenlage heraus, um in gleicher Entfernung wie d zu erscheinen. Wird schließlich b mit d zu einer einfachen Linie zusammengelegt, so daß a und c als Halbbilder nebeneinander erscheinen, so sieht man, solange die Augenbewegung stillsteht, a deutlich vor dem vereinigten bd liegen. Man sieht also: wenn wir mit unbewegtem Auge beobachten, so ist bei größeren gegenseitigen Abständen der links- und rechts- äugigen Halbbilder der Tiefeneindruck des einzelnen Halbbildes durchaus nach den Regeln der monokularen Tiefenauffassung bestimmt. (Wem es schwer fällt, die beschriebene Beobachtung zu machen, möge auch den Kontrast zu Hilfe nehmen und öfters nacheinander die Linien a und c einerseits, b und d andererseits abwechselnd miteinander verschmelzen und das gegensätzliche Verhalten der Linien b und a dabei beobachten.)

Wir wenden uns dann jenen Fällen zu, wo die entsprechenden Halbbilder nahe genug beieinander liegen, um zu „verschmelzen“, d. h. den Eindruck zu erwecken, daß nur ein einziges Objekt vorliegt.

Wenn bei gleichseitiger Lage der Halbbilder, soweit die Tiefenauffassung des Einzelauges durchdringt, das eine Halbbild vor, das andere immer hinter die Kernfläche verlegt wird, so ist klar, daß im Fall der Verschmelzung die scheinbare Tiefenlage des Objektes nicht gleich-

zeitig von der Tendenz beider Einzelaugen abhängen kann: das Objekt kann nicht zugleich hinter und vor der Kernfläche liegen. Wo tatsächlich das Objekt liegt, ob es im Sinn des einen Auges vor oder im Sinn des anderen hinter dem fixierten Punkt liegt, kann nur die Erfahrung entscheiden. Notwendigerweise aber muß dann die Erfahrung uns dazu führen, es uns zur Regel zu machen, daß bei verschiedenen großen Abständen der gleichseitigen Halbbilder das Objekt tatsächlich immer auf der Seite der Kernfläche liegt, auf welche wir der monokularen Auffassung folgend das Halbbild mit dem größeren Breitenabstand verlegen. Denn tatsächlich ist die wirkliche Lage der Objekte immer nach dieser Regel bestimmt.

Es sei aus den beiden Linienpaaren der Fig. 23 durch Kreuzung der Sehachsen vor der Papierebene ein Sammelbild hergestellt. Das



Fig. 23.

rechte Auge sieht dann $a b$, das linke $a' b'$, d. i.: das Halbbild mit dem größeren Breitenabstand. In demselben muß, da vom linken Auge gesehen, der ursprünglichen Tendenz nach b' in größere Nähe als a' verlegt werden, und diese Tendenz weist zugleich dem „verschmolzenen“ bb' die Richtung: auch $b b'$ muß näher als $a a'$ zu liegen scheinen — nicht, weil die ursprüngliche Tiefenauffassung von $a' b'$ die entschiedenere wäre — im Gegenteil, die Gruppe der enger stehenden Linien $a b$ weist den deutlicheren Tiefencharakter auf —, sondern einfach weil die Erfahrung uns darüber belehrt hat, daß bei gleichseitigen Halbbildern immer das Halbbild mit dem größeren Breitenabstand die wirkliche Lage des Objektes anzeigt.

Daß, bei nicht zu großen Breitenabständen der wahrgenommenen Objekte, ein jedes der beiden Augen dieselben der Tiefe nach immer in verschiedener Weise auffaßt, darf nach den vorausgegangenen Mitteilungen als Tatsache angesehen werden. Daß, gemäß dieser verschiedenen Auffassung, gleichseitige Halbbilder, wenigstens bei unbewegtem Blick, zugleich vor und hinter der Kernfläche erscheinen, darf gleichfalls als erwiesen gelten. Erwiesen ferner ist, daß die wirklichen Objekte immer auf der Seite der Kernfläche sich befinden, auf welche das Halbbild mit dem größeren Breitenabstand der monokularen Tendenz nach hinweist, und ebenso schließlich, daß bei Ver-

schmelzung der gleichseitigen Halbbilder das Objekt tatsächlich immer auf dieser Seite wahrgenommen wird. Was also liegt näher, als einen Zusammenhang zwischen diesen Tatsachen, ein Ineinandergreifen von primitiven Tendenzen und dazu kommenden Erfahrungen zu vermuten?

Daß trotz des nicht unbedeutlichen Querabstandes der Linien a' b' in Fig. 23 die monokulare Tiefenauffassung doch auch in diesem Fall tatsächlich wirksam ist, läßt sich übrigens leicht kontrollieren, wenn man das Panumsche Phänomen herstellt, also etwa a zudeckt und b mit a' oder b' zur Deckung bringt: man sieht b' dann deutlich vor der Papierebene schweben.

Wenn freilich die Linien b und b' noch weiter als in Fig. 23 von a bzw. a' seitwärts entfernt werden, so muß schließlich ein Punkt erreicht werden, wo die monokulare Tendenz aufhört und weder für das linke Auge die links außen, noch für das rechte Auge die rechts außen liegende Linie in größerer Ferne erscheint. Es versagt dann aber auch das stereoskopische Sehen der gleichseitigen Doppelbilder, wenigstens bei

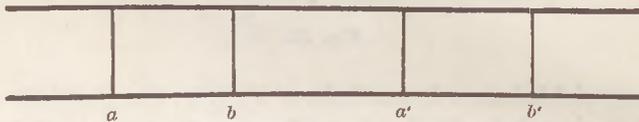


Fig. 24.

unbewegtem Blick. Man kann sich davon mit Hilfe der Fig. 24 überzeugen. Das Maß der Querdisparation ist dasselbe wie in Fig. 23, nur die Entfernungen der Linien b und b' von a und a' sind größer gemacht. Der Eindruck verschiedener Tiefe kommt nur zustande, wenn man abwechselnd in dem Sammelbild $a a'$ und $b b'$ fixiert. Aber dann beruht der Eindruck eben nicht auf der Funktion der unbewegten Netzhaut, sondern auf dem Wechsel der Konvergenz, dessen Bedeutung für das Raumsehen hier aber nicht untersucht wird.

Bekannt ist ja auch, daß stereoskopische Halbbilder bei Ausschluß aller Augenbewegungen — wir dürfen erklärend hinzufügen: bei ausschließlicher Wirksamkeit der monokularen Tendenzen — noch nicht den stärksten Eindruck der raumerfüllenden Wirklichkeit geben, sondern relativ flach, zusammengedrückt scheinen; erst durch den Wechsel der Konvergenz wird der illusionäre Eindruck der wirklichen Raamtiefe erzielt. Von diesen stärkeren Graden der plastischen Wirkung muß man natürlich absehen, soweit das Raumsehen auf Grund der spezifischen monokularen Auffassung in Frage steht. Überhaupt können die monokularen Tendenzen nicht über alle Eigentümlich-

keiten unseres binokularen Raumsehens Aufschluß erteilen; nicht z. B., über die Genauigkeit unseres Raumsehens, nicht über die Frage, warum mit zunehmender Querdisparation, solange die Halbbilder miteinander verschmelzen, auch das Maß der scheinbaren Tiefendifferenz zunimmt: es mag sein, daß neben anderen Erfahrungen auch der Konvergenzwechsel beim Fixieren daran schuld ist, wie ja von einem gewissen Maß der Querdisparation an nur noch durch Konvergenzwechsel ein Tiefeneindruck hervorzubringen ist. Überhaupt muß die ganze Ausbildung unseres Tiefensehvermögens bis zur vollendeten, die Wirklichkeit erfassenden Wahrnehmung anderen Faktoren überlassen bleiben, neben dem Konvergenzwechsel der Erfahrung im weitesten Sinne des Wortes. Die monokulare Auffassung erklärt nur, warum wir überhaupt beim Sehen mit zwei Augen die Gegenstände von vornherein weiter vorn und weiter hinten sehen.

Aber folgender Umstand bedarf noch der Erklärung. Wenn wir in Fig. 23 die verschmolzene Linie aa' fixieren, macht diese Linie zusammen mit $b\ b'$ einen Eindruck der Tiefe, der zweifellos stärker ist, als wenn wir für $a' b'$ das Panumsche Phänomen herstellen und somit dieses Linienpaar monokular auffassen. An dem Unterschied kann, sofern wir fixieren, ein Wechsel der Konvergenz nicht schuld sein. Also muß er durch eine Modifikation der monokularen Auffassung selber bedingt sein.

Nun ist in § 8 gezeigt worden, daß das Panumsche Phänomen nicht auf der Verschmelzung der isolierten Linie mit einer der beiden anderen Linien beruht, daß es vielmehr nur darauf ankommt, daß das Bild der isolierten Linie mit dem Bild der Doppellinie interferiert. Wenn es aber auf die Interferenz, nicht auf die Verschmelzung ankommt, so kann es prinzipiell keinen Unterschied ausmachen, ob, wie beim Panumschen Versuch, nur eine einzige monokular gesehene Linie (b in Fig. 23) oder aber gleichzeitig zwei monokulare Linien (a und b in Fig. 23) sich ins Bild des anderen Auges eindrängen. Ja es muß in diesem Fall die Interferenz stärker, inniger sein. Während die Linie b im günstigsten Fall um den halben Abstand der Strecke $a' b'$ von den Linien a' und b' entfernt bleibt, wenn es am zentralsten zu dieser Liniengruppe liegt, können bei gleichzeitiger Interferenz von a und b diese Linien viel näher an die Linien a' und b' herantreten und somit auch, soweit es auf Interferenz ankommt, eine viel stärkere Tiefenwirkung erzielen.

Schrittweise läßt sich die Wirkung dieser doppelten Interferenz verfolgen, wenn man in Fig. 23 erst die eine, dann die andere Inter-

ferenz einführt und schließlich beide zu gleicher Zeit wirksam werden läßt. Wir wollen zu diesem Zweck die Linien a und a' , sowie b und b' in zwei verschiedenen Zeilen anbringen, außerdem die Linien a und a' über die Zeile hinaus noch verlängern, um in jedem Fall den beiden Halbbildern die gleiche Lage zueinander zu sichern, indem wir immer die verlängerten Linien a und a' miteinander verschmelzen (Fig. 25).

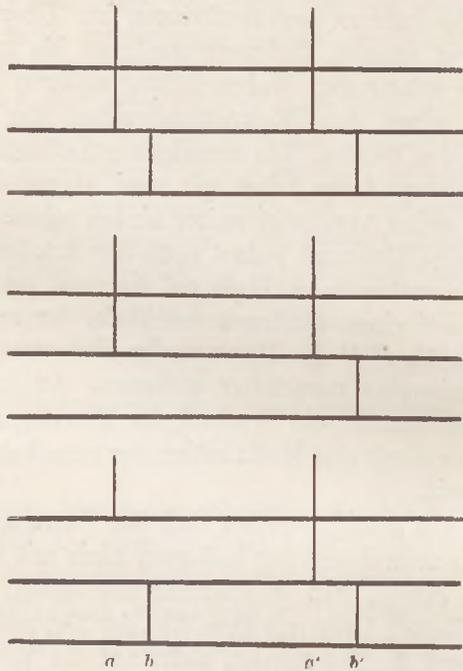
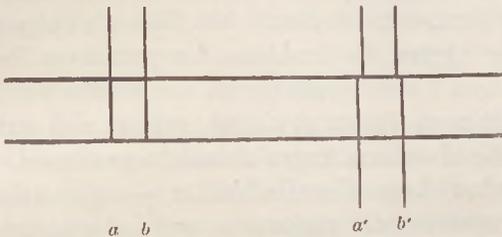


Fig. 25.

Von den drei Kombinationen der Figur zeigt die oberste alle vier Linien der Fig. 23 in zwei Zeilen gezeichnet, in der darunterstehenden ist auf der linken Seite b , in der untersten a weggelassen. — Machen wir zunächst den Versuch mit dieser untersten Anordnung. Sowie wir durch Kreuzung der Sehachsen vor der Papierebene die Kontrolllinien (die Verlängerungen von a und a') aufeinander fallen lassen, wird in dem Sammelbild $a' b'$ vom linken Auge gesehen, b aber fällt in den Raum zwischen a' und b' und läßt durch Interferenz die monokulare linksäugige Auffassung dieser Linien hervortreten. Wiederholen wir dann den Versuch mit der mittleren Kombination und lassen wieder a und a' miteinander verschmelzen, so ist es in diesem

Fall die Linie a , welche mit der Gruppe $a' b'$ interferiert, indem sie mit a zu einer Linie verschmilzt. Der Effekt ist der gleiche wie vorhin: die monokulare linksäugige Auffassung der Gruppe $a' b'$ tritt wieder hervor. Schließlich, wenn wir den Versuch mit der obersten Kombination machen, so wird jetzt a sowohl wie b zu gleicher Zeit wirksam: a verschmilzt mit a' , b fällt in den Raum zwischen a' und b' , wir haben doppelte Interferenz und entsprechend einen verdoppelten Eindruck der Tiefe.

Der Versuch bleibt der gleiche, wenn wir durch entsprechende Änderung der Kontrolllinien nicht a und a' zur Deckung bringen, sondern im Sammelbild die Linie a etwas rechts von a' , b gleichzeitig, wie bisher, links von b' legen, so daß also $a b$ mitten in den Raum von $a' b'$ zu liegen kommt (Fig. 26. Um Raum zu sparen, ist die Wirk-



samkeit der Teilinterferenzen nicht durch getrennte Zeichnungen zur Darstellung gebracht. Man braucht aber nur abwechselnd die Linie a oder b innerhalb der Zeile mit einem weißen Papier zu verdecken, um den Tiefeneffekt in seinen einzelnen Komponenten zu studieren. — Um außerdem das entstehende Sammelbild auch mit dem monokular gesehenen $a' b'$ vergleichen zu können, sind die Linien a' und b' noch unter die Zeile verlängert; man fixiere dabei einen Punkt, der auf der unteren horizontalen Linie in der Mitte zwischen a' und b' gelegen ist!)

Für den Ausfall des Tiefeneindrucks ist es also gleichgültig, ob wir die beiden Halbbilder so aufeinander legen, daß die eine Linie des einen Halbbilds mit der entsprechenden Linie des anderen zu einer einzigen Linie verschmilzt, oder aber so, daß eine Verschmelzung überhaupt nicht eintritt, sondern das Halbbild mit dem kleineren Querabstand mitten in das Halbbild mit dem größeren Querabstand hineinfällt. Wenn wir in ungezwungener Weise wirklich körperhafte Gegenstände aus der Nähe betrachten, werden in der Regel wohl

beide Fälle zugleich sich verwirklicht finden. Zunächst ist es dann der Fixationszwang, der entsprechende Linien in beiden Halbbildern abwechselnd in die Mitte der Sehfelder rückt und ihre gegenseitige Verschmelzung herbeiführt: der in Fig. 25 dargestellte Fall; und wenn dann zwischen zwei Fixationen der Blick nicht auf bestimmte Linien des Gegenstandes sich richtet, sondern in dem Zwischenraum zwischen je zwei Linien ausruht, so muß auch der andere, in Fig. 26 veranschaulichte Fall eintreten, daß das Halbbild mit dem kleineren Gesichtswinkel in den von dem größeren Halbbild überdeckten Raum mitten hineinfällt, wie es bei Fig. 26 der Fall ist. In beiden Fällen aber muß eine doppelte Interferenz — oder vielmehr, da wir es bei wirklich körperlichen Gegenständen meist nicht nur mit zwei, sondern mit vielen gleichzeitig gegebenen Punkten und Linien zu tun haben —, es muß eine vervielfachte Interferenzwirkung eintreten und ein unzweideutiger Eindruck der räumlichen Tiefe die Folge davon sein. —

Im Prinzip dürften die Probleme des primitiven Raumsehens bei unbewegten Augen hiemit geklärt sein: der Schein der Tiefe, den wir beim Sehen mit zwei Augen gewinnen, erklärt sich aus dem Tiefeneindruck, den die einzelnen Augen als solche gewinnen. Wir sehen — bei symmetrischer Lage der Halbbilder — die wahrgenommenen Gegenstände vorwärts oder rückwärts, weil jedes einzelne Auge sie vorwärts oder rückwärts sieht. Wo aber — bei gleichseitiger Lage der Halbbilder — die monokularen Eindrücke einander widerstreiten, macht es uns die Erfahrung zur Regel, daß wir das Objekt immer da sehen, wohin die monokulare Auffassung des Halbbilds mit dem größeren Querabstand hinweist.

Worauf es letzten Endes somit ankommt, ist die monokulare Auffassung. Daß aber bei Ausschluß aller speziellen Erfahrung tatsächlich eine spezifische monokulare Auffassung, eine für das linke und rechte Auge verschiedene Auffassung der Raumtiefe besteht, darf nach den mitgeteilten Versuchen als erwiesen angesehen werden. Freilich, solange nur ein ausschließlich monokularer Sehakt vorliegt, bleibt diese Auffassung in der Regel kaum merklich, um zu größerer Sinnfälligkeit erst dann zu gelangen, wenn Eindrücke des anderen Auges sich störend in das monokulare Bild eindringen und durch ihre Interferenz zum Zeichen realer Tiefenunterschiede werden. Erst die Interferenz läßt die monokulare Auffassung deutlich hervortreten und muß beim Sehen wirklich körperhafter Dinge, wenn die Halbbilder sich in mannigfacher Weise durchdringen, den sinnfälligen, zwingenden Eindruck der realen Raumtiefe herbeiführen.

§ 12. ZUSAMMENFASSUNG.

1. Aus einer Reihe von Beobachtungen und Versuchen geht hervor, daß das rechte und das linke Auge in den Mitten ihrer Sehfelder charakteristisch verschiedene Tendenzen der Tiefenauffassung zeigen. Bietet man dem linken Auge in der Gegend des deutlichsten Sehens zwei in engem Abstand nebeneinander verlaufende senkrechte Linien, so besteht die Neigung, die links gelegene Linie in größerer Ferne zu erblicken, während das rechte Auge, wenn man ihm die Linien in entsprechender Weise bietet, umgekehrt die rechts liegende Linie für die hintere hält.

2. Diese spezifische Auffassungstendenz des Einzelauges besteht nur in den zentralen Gebieten des monokularen Sehfelds. In den peripheren Teilen des horizontalen Durchmessers dagegen scheinen sich die beiden Augen gleich zu verhalten, indem sich eine gewisse Tendenz zeigt, Punkte für um so näher zu halten, je weiter peripherwärts sie im monokularen Sehfeld gelegen sind.

3. Abgesehen von anderen Fällen läßt sich die spezifische Tiefenauffassung des Einzelauges besonders deutlich mit Hilfe des Panum'schen Versuches beobachten. Bietet man dem einen Auge eine senkrechte Linie, dem anderen zwei in engem Abstand senkrecht nebeneinander verlaufende Linien, so richtet sich der Tiefeneindruck des entstehenden Sammelbildes immer nach der spezifischen Auffassungstendenz des Auges, dem die zwei Linien geboten sind: ist es das linke Auge, so liegt die links gelegene Linie scheinbar weiter hinten, ist es das rechte, so entsteht umgekehrt der Eindruck, als ob die rechts gelegene Linie weiter hinten sei.

4. Für das Zustandekommen des Panum'schen Phänomens ist es nicht Voraussetzung, daß das Bild der isolierten Linie des einen Auges mit einer der beiden Linien des anderen Auges verschmilzt. Voraussetzung ist nur, daß es da ist, sich in das Bild des anderen Auges eindringt, gleichgültig, ob es mit der einen oder anderen Linie desselben zusammenfällt, zwischen dieselben zu liegen kommt oder auch in nächster Nähe außerhalb derselben liegt. Das Wesentliche ist immer die Interferenz der isolierten Linie; die spezifische Tiefenauffassung des Einzelauges zeigt sich um so deutlicher, je inniger diese Interferenz ist, am deutlichsten, wenn die isolierte Linie des einen Auges mitten zwischen die beiden Linien des anderen Auges hineinfällt, mit abnehmender Deutlichkeit, je mehr sie seitwärts von ihnen abrückt, am schwächsten, wenn das Bild der isolierten Linie

überhaupt ganz wegfällt und also nur das eine Auge die beiden senkrechten Linien wahrnimmt, während das andere vom Sehakt überhaupt ausgeschlossen bleibt.

5. Auf der spezifischen monokularen Auffassung beruht auch das Tiefensehen mit zwei Augen, soweit ein solches ohne Zuhilfenahme von Augenbewegungen und unter Ausschluß spezieller Erfahrungen besteht. Sind nämlich die Halbbilder symmetrisch zum fixierten Punkte gelegen, so müssen die beiden Augen auf Grund ihrer spezifischen Auffassungstendenzen übereinstimmend den Eindruck des vorn und des hinten Befindlichen gewinnen, wenn für das linke Auge der Eindruck des weiter vorne Befindlichen immer davon abhängt, daß das Halbbild rechts vom fixierten Punkt liegt, für das rechte Auge aber davon, daß es links von ihm gelegen ist, der Eindruck des weiter hinten Befindlichen andererseits für das linke Auge bei Linkslage des Halbbildes, für das rechte bei Rechtslage desselben entsteht.

6. Sind die Halbbilder aber bei verschiedenen großen Querabständen unsymmetrisch zum Fixierpunkt, also gleichseitig gelegen, so tritt dem Typus nach der Fall des Panumschen Phänomens ein, indem das Halbbild mit dem engeren Querabstand die Rolle der isolierten Linie im Panumschen Versuch übernimmt: gleichgültig, ob die beiderseitigen Halbbilder sich teilweise decken oder ob das Halbbild mit dem engeren Querabstand mitten in das Halbbild mit dem weiteren Querabstand hineinfällt, so hat die Interferenz des Halbbildes mit dem engeren Querabstand zur Folge, daß das Halbbild mit dem weiteren Querabstand in der spezifischen monokularen Auffassung deutlich hervortritt und zwar um so deutlicher, als nicht bloß wie im Fall des Panumschen Versuchs eine einzige Linie, sondern bei der Kompliziertheit wirklich körperlicher Gestalten viele Linien hier gleichzeitig durch Interferenz wirksam sind.

ÜBER FEHLER BEI DER REPRODUKTION VON ZAHLEN

VON
HERMANN KLUGMANN.

INHALT.

	Seite
§ 1. Aufgabe dieser Arbeit	327
§ 2. Versuchsanordnung	329
§ 3. Fehlerarten und Fehlerhäufigkeit	331
§ 4. Zahlenwert und Fehlerhäufigkeit	334
§ 5. Stellenwert und Fehlerhäufigkeit	337
§ 6. Fehler, bedingt durch die Hemmung gleicher Elemente und durch natürliche und rückläufige Sequenzen	343
§ 7. Die Hemmung gleicher Elemente	346
§ 8. Natürliche Sequenzen	353
§ 9. Rückläufige Sequenzen	359
§ 10. Zusammenfassung	365

§ 1. AUFGABE DIESER ARBEIT.

Die vorliegende Arbeit stellt sich zur Aufgabe, die Fehler zu untersuchen, welche beim Nachschreiben von vorgeschriebenen Zahlenreihen gemacht werden. Sie schließt sich an die Untersuchung Stolls¹⁾ über die beim Abschreiben von sinnvollen Texten und sinnlosen Lautkombinationen auftretenden Fehler an und prüft, ob und wie sich die Sprachgeläufigkeit und die Ranschburgsche Hemmung gleicher Elemente in den beim Nachschreiben von Zahlenreihen auftretenden Fehlern geltend machen²⁾. Die Sprachgeläufigkeit tritt im Gebiet der Zahlwörter darin zutage, daß die assoziative Verknüpfung

¹⁾ J. Stoll, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 2. 1914. S. 1 ff.

²⁾ P. Ranschburg, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 66. 1913. S. 161 ff. Bd. 67. 1913. S. 22 ff.

zwischen den in der Zahlenreihe zwischen 1 und 9 unmittelbar aufeinanderfolgenden Zahlen stärker ist als die zwischen je zwei anderen Zahlen, daß die in der Zahlenreihe folgende Zahl als bevorzugteste Reaktion auf die vorausgehende auftritt¹⁾. Neben Zahlenreihen, in denen gleiche Zahlen wiederholt vorkamen, wurden solche vorgesprochen, in denen Zahlen unmittelbar aufeinanderfolgten, die auch in der Zählreihe unmittelbar aufeinanderfolgten, ferner solche, in denen Zahlen, die in der Zahlenreihe unmittelbar aufeinanderfolgten, in umgekehrter Reihenfolge vorkamen (also z. B. 5—4, 9—8) und schließlich solche, in denen weder gleiche Zahlen, noch Zahlen in der Folge der Zählreihe oder in umgekehrter Folge vorkamen. Wir werden die Zahlenreihen der letzten Art als normale Zahlenreihen bezeichnen, diejenigen, welche gleiche Zahlen enthalten, als Zahlenreihen mit gleichen Elementen, diejenigen, welche Zahlen in der Folge der Zählreihe enthalten, als Zahlenreihen mit natürlichen Sequenzen und diejenigen, welche Zahlen in der umgekehrten Folge der Zählreihe enthalten, als Zahlenreihen mit rückläufigen Sequenzen.

Zahlenreihen können entweder als eine Vielheit nebeneinander gereihter Einer gelesen und vorgelesen werden oder als eine einzige Zahl, in der die letzte Ziffer die Einerstelle, die vorletzte die Zehnerstelle, die drittletzte die Hunderterstelle usw. angibt. Die Zahl 259 z. B. kann also gelesen werden: „zwei, fünf, neun“ oder „zweihundertneunundfünfzig“. Wir wollen im ersten Fall von „isolierten Zahlenreihen“, im zweiten von „Zahlkomplexen“ oder „Komplexen“ schlechtweg sprechen. Diese Komplexe sind wohl nicht identisch mit dem, was sonst in Reproduktionsversuchen als Komplex bezeichnet wird²⁾, sie haben aber doch mit ihnen das wesentliche Merkmal: den Zusammenschluß der Einzelglieder zu einem einheitlichen Ganzen (der hier wohl durch einen Akt der kollektiven Sukzessivauffassung bedingt wird) gemeinsam. Es ist unlängst gezeigt worden, daß bei der Reproduktion von gelernten Komplexen Fehler ausbleiben können, die bei der Reproduktion von nicht zu Komplexen verbundenen Einzelgliedern auftreten²⁾. Ein Vergleich der Fehlerhäufigkeiten beim Nachschreiben von isolierten Zahlenreihen und von Zahlkomplexen gestattet, auch zu dieser Frage Stellung zu nehmen. Im ganzen soll diese Untersuchung dadurch, daß sie zeigt, daß auch in Fehlleistungen

¹⁾ A. Thumb und K. Marbe, Experimentelle Untersuchungen über die psychologischen Grundlagen der sprachlichen Analogiebildung. Leipzig 1901. S. 34 ff.

²⁾ G. Frings, Archiv für die gesamte Psychologie. Bd. 30. 1914. S. 415 ff.

gewisse Gesetzmäßigkeiten zutage treten, einen neuen Beitrag zum Problem der Gleichförmigkeit des psychischen Geschehens liefern ¹⁾).

§ 2. VERSUCHSANORDNUNG.

Den Versuchspersonen wurden im Massenversuch Reihen mit je 7 einstelligen Zahlen (isolierte Zahlen) und außerdem siebenstellige Zahlen (Zahlkomplexe) diktiert. Das gesamte diktierte Zahlenmaterial wurde in 14 Gruppen eingeteilt, die wir mit den fortlaufenden Nummern I bis XIV bezeichnen wollen. Die Gruppen I mit VII umfassen die isolierten Zahlenreihen, die Gruppen VIII mit XIV die Zahlkomplexe. Jede der ersten sieben Gruppen besteht aus 42 Reihen von je sieben einstelligen Zahlen, jede der letzten sieben Gruppen enthält 42 siebenstellige Zahlen. Die Gruppen I und VIII sind nach dem Prinzip gebaut, daß in einer Reihe weder gleiche Elemente, noch natürliche oder rückläufige Sequenzen auftreten. Wir wollen diese beiden Gruppen von normalen Zahlenreihen und normalen Zahlkomplexen als Normalgruppen bezeichnen. Die Gruppen II und IX enthalten in jeder Reihe zwei, die Gruppen III und X in jeder Reihe drei gleiche Elemente. In den Reihen der Gruppen IV und XI befindet sich eine natürliche, in denen der Gruppen V und XII befinden sich zwei natürliche Sequenzen. Ganz analog weisen die Gruppen VI und XIII, bzw. VII und XIV eine bzw. zwei rückläufige Sequenzen auf. Es korrespondiert also je eine Gruppe der isolierten Zahlenreihen mit je einer Gruppe der siebenstelligen Zahlkomplexe. Bei Konstruktion der Gruppen wurde darauf geachtet, daß die Zahlen von 0 bis 9 möglichst gleichhäufig vorkommen. In den folgenden Beispielen ist von jeder der 14 Gruppen die erste Reihe angegeben.

A. Isolierte Zahlenreihen.

- I. Gruppe (Normalgruppe): 3, 5, 9, 6, 1, 7, 0.
- II. Gruppe (mit zwei gleichen Elementen): 6, 2, 8, 5, 3, 9, 6.
- III. Gruppe (mit drei gleichen Elementen): 5, 0, 3, 5, 1, 9, 5.
- IV. Gruppe (mit einer natürlichen Sequenz): 3, 5, 6, 1, 8, 2, 4.
- V. Gruppe (mit zwei natürlichen Sequenzen): 6, 3, 4, 7, 0, 1, 8.
- VI. Gruppe (mit einer rückläufigen Sequenz): 5, 4, 1, 9, 2, 7, 3.
- VII. Gruppe (mit zwei rückläufigen Sequenzen): 6, 5, 0, 9, 8, 1, 4.

¹⁾ Vgl. K. Marbe, Die Gleichförmigkeit in der Welt. München 1916. S. 27 ff. und die daselbst angegebene Literatur.

B. Zahlkomplexe.

- VIII. Gruppe (Normalgruppe): 6 285 391.
 IX. Gruppe (mit zwei gleichen Elementen): 3 596 075.
 X. Gruppe (mit drei gleichen Elementen): 6 151 817.
 XI. Gruppe (mit einer natürlichen Sequenz): 3 496 251.
 XII. Gruppe (mit zwei natürlichen Sequenzen): 1 294 067.
 XIII. Gruppe (mit einer rückläufigen Sequenz): 7 219 483.
 XIV. Gruppe (mit zwei rückläufigen Sequenzen): 3 297 465.

Als Versuchspersonen dienten 29 Schüler der Präparandenschule Höchberg. Das Alter dieser Schüler schwankt zwischen $12\frac{1}{2}$ und 16 Jahren. Die Versuche wurden, um das Schreiben von Fehlern zu begünstigen, nach dem Mittagessen in der Zeit von $12\frac{3}{4}$ Uhr bis 1 Uhr¹⁾ vorgenommen und nahmen etwa 10 bis 15 Minuten in Anspruch. An jedem Versuchstag wurden — mit einer einzigen Ausnahme — Versuche mit drei Reihen von jeder der 14 Gruppen gemacht. An einem Versuchstag wurden von jeder Gruppe sechs Reihen dargeboten. Die Versuche fanden in der Zeit vom 31. V. 1916 bis zum 19. VI. 1916 statt. Vor dem Beginn jedes Versuchs erhielten die Versuchspersonen die folgende Instruktion: „Ich werde euch Zahlen vorlesen, die ihr nachschreiben sollt. Paßt gut auf und schreibt die Zahlen erst dann auf, wenn ich mit dem Vorlesen fertig bin. Verbesserungen dürfen nicht gemacht werden“. Dann wurde jede Reihe einmal laut und deutlich vorgesprochen, die Reihen mit einstelligen Zahlen mit möglichst gleichstarker Betonung, um die Auffassung und Reproduktion derselben nicht durch Betonungsunterschiede zu erleichtern²⁾.

Auf diese Weise schrieb jede Versuchsperson bei jedem Versuch 21 Reihen mit 7 einstelligen Zahlen d. i. 147 Zahlen und 21 siebenstellige Zahlkomplexe. Im Verlaufe der ganzen Versuchsreihe wurden 294 Reihen zu je 7 einstelligen Zahlen d. i. 2058 einstellige Zahlen und 294 siebenstellige Zahlen vorgesprochen. Von allen Versuchspersonen wurden insgesamt 58 065 einstellige (isolierte) und 8295 siebenstellige Zahlen (Komplexe) geschrieben.

¹⁾ Vgl. A. Stößner, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie und experimentelle Pädagogik. 17. Jahrg. 1916. S. 78.

²⁾ Vgl. E. Meumann, Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik. Bd. I. 2. Aufl. Leipzig 1911. S. 439. — M. Offner, Das Gedächtnis. 3. Aufl. Berlin 1913. S. 103 f. — N. Braunshausen, Die experimentelle Gedächtnisforschung. Langensalza 1914. S. 54 ff.

§ 3. FEHLERARTEN UND FEHLERHÄUFIGKEIT.

Die Abweichungen der geschriebenen Zahlen von den vorgelesenen sind sowohl bei den isoliert dargebotenen als auch bei den als Komplexe gebotenen Zahlen vierfacher Art. Wir sprechen von:

1. Fälschung, wenn an Stelle einer dargebotenen Ziffer eine andere geschrieben wurde.

Statt 8, 4, 5, 2, 7, 3, 1 wurde z. B. geschrieben: 8, 4, 5, 2, 7, 2, 1;
statt 7 593 746; 7 593 546

2. Umstellung, wenn eine Ziffer nicht an der richtigen Stelle erscheint.

Statt 8, 0, 4, 6, 2, 4, 1 wurde z. B. geschrieben: 8, 0, 4, 6, 4, 2, 1;
statt 9 424 084 : 9 424 480.

3. Auslassung, wenn eine dargebotene Ziffer überhaupt nicht geschrieben wurde.

Statt 9, 3, 0, 4, 2, 7, 8 wurde z. B. geschrieben: 9, 3, 4, 2, 7, 8;
statt 6 286 963 : 6 286 93.

4. Zusatz, wenn zum dargebotenen Zahlenmaterial eine Ziffer hinzugefügt wird, die nicht dargeboten war.

Statt 9, 4, 7, 3, 7, 0, 7 wurde z. B. geschrieben: 9, 4, 7, 3, 0, 7, 9, 7;
statt 6 106 368 : 6 0106 368.

Auslassung und Zusatz eines Elements (einer Ziffer) verursachen jedoch keine Umstellung, wenn nach der Stelle des ausgelassenen oder nach dem zugesetzten Element noch mindestens zwei Elemente in der Reihenfolge auftreten, in der sie auch in der vorg gesprochenen Reihe erscheinen. Auch die durch Umstellung eines Elements bedingten Verschiebungen in der Stellung der anderen Elemente wurden nicht als besondere Fehler betrachtet. Lediglich die Umstellung des einen Elements wurde als Fehler angerechnet. Das sei an einigen Beispielen erläutert.

Statt 9, 3, 0, 4, 2, 7, 8 wurde z. B. geschrieben: 9, 3, 4, 2, 7, 8. In der geschriebenen Reihe erscheinen die Elemente 4, 2, 7, 8 durch die Auslassung der Null statt an der 4., 5., 6. und 7. Stelle an der 3., 4., 5. und 6. Stelle. Wollte man alle Verschiebungen in der Stellenzahl der Elemente als Umstellungen betrachten, so hätte man also vier Umstellungen zu verzeichnen. Da jedoch die reproduzierten Elemente alle in derselben Reihenfolge erscheinen wie in der vorg gesprochenen Reihe, so wurde lediglich eine Auslassung (der Null), aber keine Umstellung angerechnet.

Statt 3 039 385 wurde geschrieben: 3 390 385; durch die Um-

stellung der Null treten die Elemente 3 und 9 statt an der 3. und 4. Stelle an der 2. und 3. auf. Da sie aber in derselben Reihenfolge wie in der vorgeschprochenen Reihe erscheinen, wurde lediglich die Null als umgestellt betrachtet.

Statt 4, 0, 8, 9, 6, 1, 5 wurde geschrieben: 4, 0, 1, 8, 9, 6, 5. In diesem Falle treten in der reproduzierten Reihe die Elemente 8, 9, 6 durch Umstellung der 1 anstatt an der 3., 4. und 5. Stelle an der 4., 5. und 6. Stelle, jedoch in derselben Reihenfolge wie in der vorgeschprochenen Reihe auf. Deshalb wurde nur die 1 als umgestellt angerechnet.

Neben diesen vier Fehlerarten kommen noch eine Anzahl Fehler vor, die man als eine Kombination von je zweien der genannten Fehler auffassen kann, nämlich als Umstellung und Fälschung oder als Auslassung und Zusatz. An einem Beispiel sei das näher erklärt. Statt: 0, 3, 1, 1, 6, 4, 1 wurde geschrieben: 0, 3, 1, 6, 4, 0, 1. In der reproduzierten Reihe wurde das Element 1 der dritten oder vierten Stelle der vorgeschprochenen Reihe in die Null der 6. Stelle der reproduzierten Reihe umgewandelt. Man kann dies nun so auffassen, als ob die 1 zunächst an die 6. Stelle gerückt sei und dann in die 0 gefälscht worden wäre; man kann den Fehler jedoch auch so erklären: Die 1 wurde ausgelassen und die 0 hinzugesetzt. Wir haben diese Fehler, an dem Grundsatz festhaltend, daß eine Stelle nur einmal verfehlt, also entweder nur gefälscht oder nur umgestellt oder nur ausgelassen werden kann, ferner mit Rücksicht darauf, daß es uns in dieser Untersuchung weniger auf die Art der Fehler als auf die Zahl derselben ankam, stets als Fälschungen aufgefaßt. In unserem Beispiel wurde demgemäß die eine der vorgeschprochenen Reihe als gefälscht angerechnet.

Die genannten Fehlerarten hat auch J. Stoll¹⁾ bei der Untersuchung der Fehler gefunden, die beim Abschreiben von Texten gemacht wurden. Diese Übereinstimmung erklärt sich ohne weiteres, wenn man bedenkt, daß beim Abschreiben von einer Vorlage und beim Niederschreiben nach Diktat im großen und ganzen dieselben psychischen Tätigkeiten ausgelöst werden, nur daß ihre Reihenfolge in beiden Fällen eine verschiedene ist²⁾.

Über die Häufigkeit der einzelnen Fehler in den isolierten Zahlenreihen und in den Zahlkomplexen gibt folgende Tabelle 1 Aufschluß.

¹⁾ J. Stoll, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 2. 1914. S. 15.

²⁾ E. Meumann, Abriß der experimentellen Pädagogik. Leipzig und Berlin 1914. S. 353 f.

Tabelle 1.

Gruppe	Anzahl der Fälschungen	Anzahl der Umstellungen	Anzahl der Auslassungen	Anzahl der Zusätze	Summe der Fehler	Anzahl der auf eine isolierte Zahlenreihe bzw. Komplexreihe bei einer Versuchsperson durchschnittlich entfallenden Fehler
I—VII (Isolierte Zahlenreihen)	1650	2323	260	89	4322	0,506
VIII—XIV (Zahlkomplexe)	1412	947	103	6	2468	0,289

Ein Blick auf die Tabelle 1 lehrt uns, daß die Gesamtfehleranzahl sowohl als auch die Anzahl der einzelnen Fehlerarten in den isolierten Zahlenreihen wesentlich höher ist als die entsprechenden Zahlen bei den Zahlkomplexen.

Die psychologische Begründung der Tatsache nun, daß die Gesamtfehlersumme in den isolierten Reihen bedeutend höher ist als in den Zahlkomplexen liegt offenbar in folgendem: Sowohl die isolierten Reihen als auch die Komplexe stellen Reihen dar, die je sieben Elemente enthalten. Während aber die isolierten Reihen ungegliedert sind und auch beim Vorsprechen derselben darauf geachtet wurde, ihre Monotonie durch gleichmäßige Betonung der einzelnen Glieder möglichst zu erhalten, ist dies bei den Komplexen keineswegs der Fall. Vielmehr wird die Reihe durch die Art des Vorsprechens (sechs million — zweihundert fünfundachtzigtausend — dreihundert einundneunzig) deutlich dreiteilig gegliedert und der Zahlkomplex dadurch in drei Teilkomplexe zerlegt. Nun haben experimentelle Untersuchungen des Gedächtnisses ergeben, daß durch die Gruppierung des Stoffes Auffassung und Reproduktion desselben bedeutend erleichtert wird (Komplexbildung)¹⁾. Dazu kommt der weitere Umstand, daß mit der Art der Darbietung der Komplexe eine gewisse Betonung einzelner Elemente verbunden ist. Die Komplexreihe wird dadurch rhythmisch gegliedert, eine Tatsache, die ebenfalls zu ihren Gunsten in bezug auf Auffassung und Reproduktion wirksam ist. Endlich darf auch das

¹⁾ G. E. Müller, Zur Analyse der Gedächtnistätigkeit und des Vorstellungsverlaufs. Bd. 1. Leipzig 1911. S. 253 ff.

Argument nicht außer acht gelassen werden, daß eine isolierte Reihe sinnloses Material darbietet, während dem Zahlkomplex ein gewisser Sinn nicht abgesprochen werden kann. Sinnloses Material aber wird in erheblich geringerem Umfange aufgefaßt und weniger leicht reproduziert als sinnvolles, wie dies die experimentelle Forschung exakt nachgewiesen hat ¹⁾.

Auch der Umstand, daß die Komplexe den Angehörigen der verschiedenen Vorstellungstypen ²⁾ durch ihre Gliederung eine bessere Handhabe zu der ihnen gemäßen Einprägung der Zahlen bieten als die isolierten Reihen, dürfte an der verminderten Fehlerhäufigkeit mitbeteiligt sein. Es ist offenbar leichter, eine akustisch deutlich gegliederte Reihe in visuelle Zahlbilder zu übersetzen als eine ungegliederte. Der Akustiker auf der anderen Seite faßt aber den gegliederten Komplex leichter als einheitliches Ganze zusammen als die isolierte Zahlenreihe.

Die gleichen Ursachen dürften auch der Erscheinung zugrunde liegen, daß die einzelnen Fehlerarten bei den isolierten Zahlenreihen zahlreicher vertreten sind als bei den Komplexen.

Wie sich die einzelnen Fehlerarten auf die 14 Gruppen verteilen, darüber wird noch im folgenden (S. 21) zu sprechen sein.

§ 4. ZAHLENWERT UND FEHLERHÄUFIGKEIT.

Wir legten uns die Frage vor, ob die Zahlen von 0 bis 9 durchschnittlich gleichhäufig verfehlt werden oder ob sich etwa eine Bevorzugung der einen oder anderen Zahl feststellen lasse. Eine analoge Erscheinung hat Döring im Gebiete des Rechenunterrichts nachgewiesen ³⁾. Er hat gefunden, daß Rechenaufgaben mit gewissen Zahlen (7, 8, 9, 6) durchschnittlich viel schwerer gelöst werden als Aufgaben, die diese Zahlen nicht enthalten.

Man könnte nun vermuten, daß Zahlen, deren Zahlworte ähnlich klingen, z. B. zwei-drei, vier-sieben, oder Zahlen deren Ziffern

¹⁾ E. Meumann, *Ökonomie und Technik des Gedächtnisses*. 3. Aufl. Leipzig 1912. S. 217 ff. — N. Braunshausen, *Die experimentelle Gedächtnisforschung*. Langensalza 1914. S. 37 f. — A. Pohlmann, *Experimentelle Beiträge zur Lehre vom Gedächtnis*. Berlin 1906. S. 21 ff.

²⁾ Über den Begriff des Vorstellungstypus siehe E. Meumann, *Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik*. Bd. 2. 2. Aufl. Leipzig 1913. S. 535 ff. — A. Feuchtwanger, *Zeitschrift für Psychologie*. Bd. 58. 1911, S. 162 f.

³⁾ M. Döring, *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie und experimentelle Pädagogik*. Jahrg. 13. 1912. S. 163 ff.

ähnliche Formen besitzen, wie z. B. 0—6—9, stärker mit Fehlern belastet sein müßten als Zahlen, bei denen eine solche Ähnlichkeit der Aussprache und der Form nicht vorhanden ist. Man könnte ferner vermuten, daß gewisse Zahlen, etwa die 0 und 5, einen erhöhten Einprägungswert besitzen und deshalb weniger häufig verfehlt werden. Ergäbe die Untersuchung ein klares Resultat, würde also beispielsweise die Zahl 4 durchschnittlich öfter gefälscht als andere Zahlen der ersten Zehnerreihe, so wäre damit eine allgemeine Fehlerursache gefunden und weitere Untersuchungen hätten die psychologischen Gründe für diese Erscheinung klar zu legen. Daß ein solches Ergebnis namentlich für den Rechenunterricht von großen praktischen Konsequenzen wäre, braucht wohl nicht erst hervorgehoben zu werden. Allein, es wurde — wir nehmen damit das Resultat unserer Untersuchungen vorweg — ein positives Ergebnis bei der Prüfung dieses Problems nicht gefunden.

Zu deren Durchführung untersuchten wir, wie oft die Zahlen von 0 bis 9 in sämtlichen 14 Gruppen gefälscht, umgestellt und ausgelassen wurden und stellten dies in zwei Tabellen zusammen, einer für die isolierten Reihen und einer für die Komplexe. Diese beiden Tabellen sind im folgenden wiedergegeben (Tabellen 2 und 3, S. 336). Aus der Tabelle 2 können wir entnehmen, wie oft jede der Zahlen von 1 bis 0 in den isolierten Reihen bei sämtlichen Versuchspersonen insgesamt vorkam (2. senkrechte Kolumne), wie oft sie gefälscht, umgestellt oder ausgelassen wurde (3. bis 5. Kolumne), wie oft sie überhaupt verfehlt wurde (6. Kolumne) und wie oft sie im Durchschnitt verfehlt wurde (letzte Kolumne). Die Tabelle 3 enthält die analogen Werte für die Zahlkomplexe.

Aus der Tabelle 2 (S. 336) ersieht man, daß in den isolierten Zahlenreihen die Zahlen 6 und 8 durchschnittlich am seltensten verfehlt werden, die Zahl 5 aber am häufigsten. Dieses Ergebnis der Gesamtfehler-tabelle trifft jedoch keineswegs für die einzelnen Gruppen zu. So zeigt sich, daß in der ersten Gruppe das Durchschnittsminimum auf die Zahl 9 entfällt, während das Maximum auch hier die Zahl 5 inne hat. Die Ergebnisse der anderen Gruppen der isolierten Zahlenreihen, jede für sich betrachtet, weichen noch erheblicher von der Tabelle 2 ab. So liegt, um nur ein Beispiel noch anzuführen, in der Gruppe II das Minimum bei der Zahl 7, während sich das Maximum die Zahl 0 erringt.

Ähnlich gestalten sich die Verhältnisse bei den Komplexen. So zeigt Tabelle 3 (S. 336), daß die Zahl 6 die geringste durchschnittliche, die Zahl 4 die höchste durchschnittliche Fehlerzahl besitzt, während in der

achten Gruppe, für sich betrachtet, die Zahl 6 zu den am meist gefälschten Zahlen gehört und die Zahl 5 die meist gefälschte ist. So wird ferner in der Gruppe IX die Zahl 8 durchschnittlich am seltensten, die Zahl 7 am häufigsten verfehlt.

Tabelle 2.
Gruppen I mit VII (Isolierte Zahlenreihen).

Die Zahl	kommt in den Gruppen I mit VII bei allen Versuchspersonen insgesamt vor	auf sie entfallen insgesamt			sie wird insgesamt verfehlt	sie wird durchschnittlich verfehlt
		Fälschungen	Umstellungen	Auslassungen		
1	5626 mal	155	219	26	400 mal	0,071 mal
2	5510 „	186	266	26	478 „	0,086 „
3	6032 „	116	274	27	417 „	0,069 „
4	6119 „	225	246	31	502 „	0,082 „
5	6293 „	336	244	39	619 „	0,098 „
6	6148 „	95	195	19	309 „	0,050 „
7	6148 „	131	255	19	405 „	0,065 „
8	6206 „	114	192	24	330 „	0,053 „
9	6206 „	182	198	24	404 „	0,065 „
0	5394 „	111	233	25	369 „	0,068 „

Tabelle 3.
Gruppen VIII mit XIV (Zahlkomplexe).

Die Zahl	kommt in den Gruppen VIII mit XIV bei allen Versuchspersonen insgesamt vor	auf sie entfallen insgesamt			sie wird insgesamt verfehlt	sie wird durchschnittlich verfehlt
		Fälschungen	Umstellungen	Auslassungen		
1	5510 mal	175	74	11	260 mal	0,047 mal
2	5510 „	136	90	8	234 „	0,042 „
3	5800 „	95	97	7	199 „	0,034 „
4	6032 „	222	109	15	346 „	0,057 „
5	6438 „	162	98	6	266 „	0,041 „
6	6438 „	91	96	11	198 „	0,030 „
7	6235 „	196	111	3	310 „	0,049 „
8	6119 „	101	92	9	202 „	0,033 „
9	6119 „	139	89	9	237 „	0,038 „
0	5481 „	95	91	24	210 „	0,038 „

Diese Ausführungen zeigen zur Genüge, daß die eingangs erwähnten Vermutungen sich nicht bestätigen und bestimmte Gesetzmäßigkeiten über die Fälschung von Zahlen nach dieser Richtung aus unseren Untersuchungen nicht gewonnen werden können.

Im Gegensatz zu diesem negativen Resultat steht nun dasjenige, das sich bei der Untersuchung eines anderen Problems ergab, und von dem im folgenden Paragraphen die Rede sein soll.

§ 5. STELLENWERT UND FEHLERHÄUFIGKEIT.

Auf Grund der Ergebnisse von Gedächtnisversuchen, welche zeigten, daß die Anfangs- und Endglieder einer zu lernenden Reihe rascher eingepägt werden als die mittleren Glieder¹⁾, darf man vermuten, daß es auch für die Reproduktion vorgespochener Zahlen nicht gleichgültig ist, ob eine Zahl an erster, zweiter, dritter . . . Stelle der vorgespochenen Reihe steht. Um diese Frage zu prüfen, wurden die sieben Stellen der sämtlichen 14 Gruppen daraufhin untersucht, wie viele Fälschungen, Umstellungen und Auslassungen (Zusätze konnten naturgemäß nicht in Betracht kommen) auf sie entfallen und die Ergebnisse wiederum in einer Reihe von Tabellen zusammengefaßt. Im folgenden seien zunächst die auf die isolierten Zahlenreihen sich beziehenden Tabellen angeführt und erörtert. Tabelle 4 (S. 338) unterrichtet über die Geamthäufigkeit der Fälschungen, Umstellungen und Auslassungen und über die durchschnittliche Häufigkeit aller dieser Fehler zusammen für jede der Stellen I bis VII in den 7 Versuchsgruppen mit isolierten Zahlenreihen. Die Stellenwerte sind in der ersten Kolumne mit römischen Ziffern (I bis VII) bezeichnet.

Eine Betrachtung der Tabelle 4 (S. 338) lehrt, daß die erste Stelle unter allen am seltensten verfehlt wird. Jede folgende bis zur Stelle VI. vereinigt auf sich eine um so höhere durchschnittliche Fehlerzahl, je weiter sie von der ersten Stelle entfernt ist. Die Verstöße an Stelle II. sind also zahlreicher als die an Stelle I., die an Stelle III. wiederum zahlreicher als die an Stelle II. und so fort bis zur sechsten Stelle, auf welche die höchste durchschnittliche Fehlerzahl entfällt. Doch ist die Fehlerzahl der Stelle V. nur um ein Geringes kleiner als die der Stelle VI. An der Stelle VII. fällt dann die durchschnittliche Fehler-

¹⁾ Vgl. H. Ebbinghaus, Grundzüge der Psychologie. Bearbeitet von E. Dürr. Bd. 1. 3. Aufl. Leipzig 1911. S. 653 f. — M. Offner, Das Gedächtnis. 3. Aufl. Berlin 1913. S. 105 ff.

quote zu einem kleinen Werte ab, der ungefähr mit dem der Stelle II. zusammenfällt.

Tabelle 4.
Gruppen I mit VII.

Auf die Stelle	entfallen in den Gruppen I—VII insgesamt				sie wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
	Fälschungen	Umstellungen	Auslassungen	insgesamt Fehler	
I.	20	18	3	41	0,004 mal
II.	74	133	16	223	0,026 „
III.	148	298	23	469	0,055 „
IV.	261	446	70	777	0,091 „
V.	457	718	60	1235	0,144 „
VI.	587	603	55	1245	0,146 „
VII.	103	107	33	243	0,028 „

Sehen wir nun zu, wie sich in dieses Gesamtbild die Einzelbilder (der einzelnen Gruppen) einfügen, so können wir die Tatsache konstatieren, daß dieses Gesamtbild bis auf einzelne Züge in den Einzelbildern wiederkehrt. In Tabelle 5 sind die durchschnittlichen Fehlerzahlen der einzelnen Stellenwerte für jede der sieben Gruppen der isolierten Zahlenreihen angegeben.

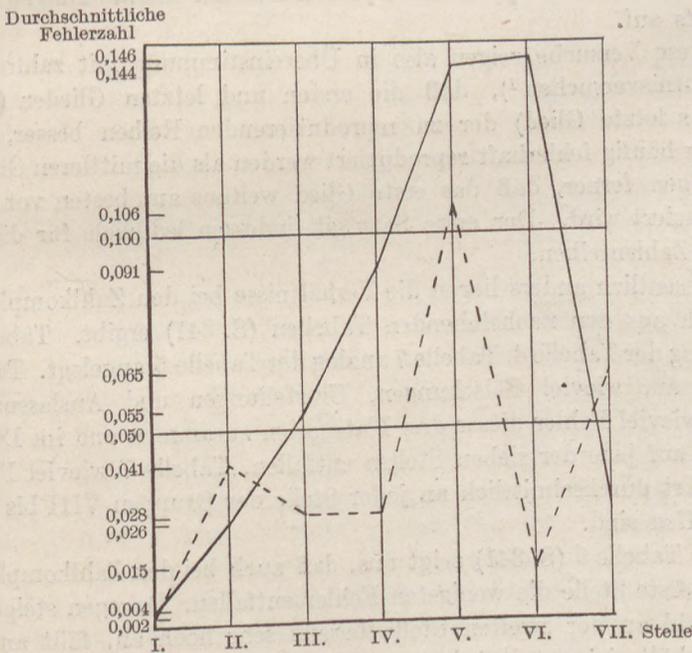
Tabelle 5.

Auf die Stelle	entfallen bei einer Versuchsperson durchschnittlich Fehler in Gruppe						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I.	0,003	0,002	0,009	0,002	0,004	0,001	0,009
II.	0,020	0,024	0,034	0,018	0,022	0,032	0,031
III.	0,038	0,050	0,053	0,043	0,059	0,059	0,080
IV.	0,075	0,094	0,090	0,091	0,073	0,104	0,108
V.	0,128	0,171	0,157	0,134	0,111	0,165	0,145
VI.	0,154	0,165	0,144	0,127	0,127	0,144	0,159
VII.	0,022	0,021	0,042	0,020	0,019	0,022	0,050

Die Tabelle 5 lehrt: In den Gruppen I, V und VII steigt die durchschnittliche Fehlerzahl wie in der Durchschnittsfehler-tabelle der isolierten Zahlenreihen bis zur sechsten Stelle an, erreicht hier ihr Maximum und fällt hierauf zur siebten Stelle sehr rasch ab; in den Gruppen II, III, IV und VI ändert sich dieses allgemeine Bild nur

insofern, als die durchschnittliche Fehlerzahl bereits an Stelle V. ihren Höhepunkt erreicht, zur sechsten Stelle dann ganz langsam und zur siebten sehr rasch abfällt. Hier macht also die fünfte Stelle der sechsten das Maximum streitig. In anschaulicher Weise kommen diese Verhältnisse zum Ausdruck, wenn man sich der graphischen Darstellung bedient und eine Fehlerkurve zeichnet.

Trägt man in einem rechtwinkligen Koordinatensystem auf der Horizontalachse die sieben Stellen als Abszissen auf, indem wir dieselben in regelmäßigen Abständen auf der Achse festlegen, und bringen wir die auf die einzelnen Stellen entfallende durchschnittliche Fehlerzahl durch eine entsprechend lange vertikale Gerade als Koordinate zum Ausdruck, so ergibt die Verbindungslinie der Endpunkte dieser Koordinaten die Fehlerkurve (Figur 1). Die ausgezogene Kurve der Figur 1 ist die durchschnittliche Fehlerkurve der einzelnen Stellenwerte. Von der anderen, gestrichelten Kurve wird im folgenden die Rede sein.



Figur 1.

Man sieht, wie die Kurve zunächst nahe dem Nullpunkt ihren Ursprung nimmt, immer steiler werdend bis zur Stelle V. ansteigt,

um dann zur Stelle VI. sich sanft zu erheben und hierauf zur Stelle VII. sehr steil abzufallen.

Was die einzelnen Fehlerarten in bezug auf die Häufigkeit ihres Vorkommens an den einzelnen Stellen betrifft, so zeigt Tabelle 4, daß die Anzahl der Fälschungen von der ersten bis zur sechsten Stelle zunimmt und auf der siebten Stelle stark sinkt. Dieser Verlauf der Kurve der Fälschungen kehrt in sämtlichen sieben Gruppen mit Ausnahme der Gruppen III und VI, in denen die Kurve nur bis zur fünften Stelle ansteigt, zur sechsten wenig und zur siebten steil abfällt, wieder. Die Kurve der Fälschungen ist also mit der in Figur 1 dargestellten allgemeinen Fehlerkurve im großen und ganzen identisch. Die Kurve der Umstellungen steigt bis zur fünften Stelle, fällt dann zur sechsten Stelle wenig und zur siebten rasch ab. Denselben Verlauf zeigen auch die Kurven der Umstellungen in den einzelnen Gruppen. Die Zahl der Auslassungen nimmt in der allgemeinen Fehlertabelle 4 bis zur vierten Stelle zu und hierauf bis zur siebten Stelle wieder ab. In den einzelnen Gruppen treten jedoch teilweise Schwankungen dieses Verlaufs auf.

Diese Versuche zeigen also in Übereinstimmung mit zahlreichen Gedächtnisversuchen ¹⁾, daß die ersten und letzten Glieder (meist nur das letzte Glied) der zu reproduzierenden Reihen besser, d. h. weniger häufig fehlerhaft reproduziert werden als die mittleren Glieder. Sie zeigen ferner, daß das erste Glied weitaus am besten von allen reproduziert wird. Der erste Satz gilt indessen lediglich für die isolierten Zahlenreihen.

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse bei den Zahlkomplexen, wie sich aus den nachstehenden Tabellen (S. 341) ergibt. Tabelle 6 ist analog der Tabelle 4, Tabelle 7 analog der Tabelle 5 angelegt. Tabelle 6 gibt an, wieviel Fälschungen, Umstellungen und Auslassungen, ferner wieviel Fehler dieser drei Kategorien zusammen und im Durchschnitt auf jede der sieben Stellen entfallen, Tabelle 7 wieviel Fehler dieser Art durchschnittlich an jeder Stelle der Gruppen VIII bis XIV anzutreffen sind.

Die Tabelle 6 (S. 341) zeigt uns, daß auch bei den Zahlkomplexen auf die erste Stelle die wenigsten Fehler entfallen. Dagegen steigt die Fehlerzahl an der zweiten Stelle bereits sehr hoch an, fällt an der dritten, hält sich an der vierten Stelle in gleicher Höhe mit der dritten Stelle, erhebt sich an der fünften Stelle zu beträchtlicher Höhe,

¹⁾ Vgl. M. Offner, Das Gedächtnis. 3. Aufl. Berlin 1913. S. 107.

indem sie die durchschnittliche Fehleranzahl der anderen Stufen übertrifft, sinkt an der sechsten Stelle unter die Fehlerzahl der vierten Stufe, um sich auf der siebten nochmals zu ansehnlicher Höhe emporzuschwingen. Wie die isolierten Zahlenreihen zeigen auch die Zahlkomplexe (Tabelle 7) das Minimum der Fehlerzahl an der ersten Stelle, und eine hohe Fehlerzahl an der fünften Stelle. An allen anderen Stellen bieten aber die Zahlkomplexe ein anderes Bild der Fehlerverteilung als die isolierten Zahlenreihen.

Tabelle 6.

Auf die Stelle	entfallen in den Gruppen VIII—XIV insgesamt				sie wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
	Fälschungen	Umstellungen	Auslassungen	insgesamt Fehler	
I.	21	9	—	30	0,002 mal
II.	176	151	23	350	0,041 „
III.	160	72	10	242	0,028 „
IV.	109	119	16	244	0,028 „
V.	597	287	23	907	0,106 „
VI.	47	71	16	134	0,015 „
VII.	302	238	15	555	0,065 „

Tabelle 7.

Auf die Stelle	entfallen bei einer Versuchsperson durchschnittlich Fehler in Gruppe						
	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
I.	0,002	0,003	0,004	0,001	0,009	0,001	0,000
II.	0,041	0,036	0,041	0,045	0,037	0,047	0,036
III.	0,031	0,023	0,034	0,027	0,030	0,026	0,025
IV.	0,027	0,022	0,036	0,028	0,033	0,028	0,021
V.	0,091	0,065	0,119	0,120	0,117	0,107	0,122
VI.	0,018	0,011	0,021	0,013	0,013	0,014	0,017
VII.	0,053	0,043	0,086	0,070	0,067	0,067	0,067

Von diesem etwas komplizierten Verlauf gibt die in Figur 1 (S. 339) gestrichelt gezeichnete Fehlerkurve ein klares Bild. Sie ist analog der korrespondierenden Kurve für die isolierten Zahlenreihen auf Grund der Werte in Tabelle 6 angelegt. Man sieht wie die Kurve an der ersten Stelle nahe dem Nullpunkt entspringt, zur zweiten Stelle ziemlich steil ansteigt, hierauf zur dritten Stelle langsam abfällt,

sich an der vierten Stelle in derselben Höhe befindet wie auf der dritten Stelle; alsdann steigt die Kurve zur fünften Stelle plötzlich steil an, erreicht an dieser ihr Maximum, fällt noch steiler zur sechsten Stelle herunter und steigt zur siebten Stelle abermals beträchtlich an.

Vergleichen wir mit der Gesamtfehlerkurve die Fehlerverteilung in den einzelnen Gruppen von Versuchen mit Zahlkomplexen, so sehen wir, daß in diesen im allgemeinen der gleiche Verlauf der Fehlerkurve wiederkehrt. Nur der Verlauf von der dritten zur vierten Stelle ist von dem entsprechenden der Gesamtfehlerkurve verschieden. Während nämlich in der Gesamtfehlerkurve die dritte und vierte Stelle eine gleichhohe Fehlerquote besitzen, wird in den Gruppen VIII, IX und XIV die vierte Stelle um ein Geringes weniger häufig verfehlt als die dritte Stelle, während in den übrigen Gruppen (X, XI, XII, XIII) der vierten Stelle eine etwas höhere Fehlerquote eigen ist als der dritten Stelle.

Auch die einzelnen Fehlerarten verteilen sich auf die verschiedenen Stellen im wesentlichen ebenso wie die Durchschnitte aus den Gesamtfehlerzahlen.

Warum bietet nun die gestrichelt gezeichnete Kurve in Figur 1 (S. 339) gegenüber der ausgezeichneten ein so grundverschiedenes Bild? Warum verteilen sich die Fehler beim Nachschreiben von Zahlkomplexen auf die einzelnen Stellen so ganz anders als beim Nachschreiben von isolierten Zahlenreihen? Offenbar deshalb, weil das Vorsprechen von Zahlkomplexen unter völlig anderen Betonungsverhältnissen erfolgt als das Vorsprechen von isolierten Zahlenreihen. Wenn wir die gestrichelt gezeichnete Kurve in Figur 1 betrachten, so finden wir, daß die I., III., IV. und VI. Stelle die geringste Fehlerzahl aufweisen. Nun sind es gerade mit Ausnahme der III. Stelle die an diesen Stellen stehenden Zahlen, welche beim Vorsagen des Komplexes betont wurden. Wir sprachen beispielsweise vor: drei million, vierhundert zwei und sechzig tausend, einhundert neun und vierzig, wobei die gesperrten Zahlwörter stärker betont wurden als die nichtgesperrten. Durch die stärkere Betonung dieser drei Elemente wurde ihr Klangbild aus dem des Zahlkomplexes gewissermaßen herausgehoben und dadurch offenbar deutlicher erfaßt als die Klangbilder der übrigen Elemente. Dieses Hervorheben sicherte ihnen wohl auch eine stärkere Nachwirkung im Bewußtsein, so daß sie einer Verfälschung (im weitesten Sinn) nicht in dem Maße zum Opfer fallen konnten wie die anderen Glieder. Daß die VII. Stelle — ganz im Gegensatz zu den isolierten Zahlenreihen — eine hohe durchschnittliche Fehlerzahl aufweist, dürfte seinen Grund

darin haben, daß sie, obwohl sie als letzte Stelle geschrieben wird, nicht auch als letzte Stelle gesprochen und gehört wird. Sie wird vielmehr als VI. Stelle gesprochen, die VI. Stelle des Schriftbildes aber als VII. Stelle. Zugunsten der VI. Stelle des Schriftbildes wirkt also neben der stärkeren Betonung auch noch der Umstand, daß sie zuletzt gesprochen wird, „Finalbetonung“¹⁾ hat. Beide Momente zusammen dürften an dem großen Unterschied der Fehlerhäufigkeiten der VI. und VII. Stelle unserer Kurve teilhaben. Würde man in ihr Stelle VI. und VII. mit ihren Koordinaten vertauschen, so würde die Kurve in der Tat von der V. Stelle ab einen ähnlichen Verlauf nehmen wie das entsprechende Kurvenstück der ausgezeichneten Kurve.

Zusammenfassend können wir sagen, daß in den Zahlkomplexen die stark betonten Stellen die geringste durchschnittliche Fehlerzahl zu verzeichnen haben.

§ 6. FEHLER, BEDINGT DURCH DIE HEMMUNG GLEICHER ELEMENTE UND DURCH NATÜRLICHE UND RÜCKLÄUFIGE SEQUENZEN.

Es wurde oben (S. 328) ausgeführt, daß in die Versuche mit isolierten Zahlenreihen und Zahlkomplexen Reihen aufgenommen wurden, die zwei oder drei gleiche Zahlen enthielten („gleiche Elemente“), ferner solche, die zwei oder vier in der Zählreihe unmittelbar aufeinanderfolgende Zahlen enthielten („natürliche Sequenzen“) und schließlich solche, die zwei oder vier in der Zählreihe unmittelbar aufeinanderfolgende Zahlen in umgekehrter Reihenfolge („rückläufige Sequenzen“) enthielten. In der folgenden Tabelle 8 ist für jede Versuchsgruppe die Anzahl der Fehler der einzelnen Arten, die Fehlersumme und der Fehlerdurchschnitt angegeben. Dabei umfaßt die Gruppe I „normale“ isolierte Zahlenreihen, d. h. solche, in denen weder gleiche Elemente, noch natürliche oder rückläufige Sequenzen vorkommen, die Gruppe VIII „normale“ Zahlkomplexe. Die Gruppen II und III, IX und X umfassen isolierte Zahlenreihen und Zahlkomplexe mit zwei bzw. drei gleichen Elementen, die Gruppen IV und V, XI und XII isolierte Reihen und Komplexe mit einer bzw. zwei natürlichen Sequenzen, die Gruppen VI und VII, XIII und XIV isolierte Reihen und Komplexe mit einer bzw. zwei rückläufigen Sequenzen.

Wir kehren zum Ausgangspunkt unserer Betrachtungen zurück und besprechen im folgenden nachstehende Tabelle 8, die uns eine

¹⁾ M. Offner, Das Gedächtnis. 3. Aufl. Berlin 1913. S. 105 ff.

Übersicht darüber verschafft, wie die in Tabelle 1 (S. 333) angegebenen Summen sämtlicher Fehler und der einzelnen Fehlerarten sich auf die 14 Gruppen verteilen. Um die Zuverlässigkeit der in der Tabelle angegebenen Resultate zu sichern, wurde das gesamte, der Berechnung zugrunde liegende Material einer Fraktionierung derart unterzogen, daß es in zwei gleiche Teile geteilt wurde. Wir wollen den einen dieser Teile als Material A, den anderen als Material B bezeichnen. Material A umfaßte die Niederschriften derjenigen Versuchspersonen, deren Familiennamen mit dem Buchstaben der ersten Hälfte des Alphabets beginnt, Material B die andere Hälfte der Niederschriften. In jedem dieser beiden Teile des gesamten Materials wurde die durchschnittliche Fehlerzahl der einzelnen Gruppen gesondert berechnet. Die so gewonnenen Zahlen sind in den beiden letzten Kolonnen der Tabelle 8 angegeben.

Tabelle 8.

Gruppe	Anzahl der auf sie entfallenden				Summe aller Fehler	auf eine Reihe durchschnittlich entfallende Fehlerzahl	auf eine Reihe durchschnittlich entfallende Fehlerzahl in Material	
	Fälschungen	Umstellungen	Auslassungen	Zusätze			A	B
I (normal)	183	317	39	11	550	0,451	0,394	0,509
II (2 gleiche Elemente)	239	371	35	16	661	0,542	0,505	0,579
III (3 gleiche Elemente)	328	288	32	23	671	0,550	0,509	0,592
IV (1 natürliche Sequenz)	202	308	23	11	544	0,446	0,393	0,498
V (2 natürliche Sequenzen)	216	254	41	9	520	0,426	0,390	0,463
VI (1 rückläufige Sequenz)	216	383	46	5	650	0,533	0,488	0,578
VII (2 rückläufige Sequenzen)	266	402	44	14	726	0,596	0,530	0,661

Isolierte Zahlenreihen

Gruppe	Anzahl der auf sie entfallenden				Summe aller Fehler	auf eine Reihe durchschnittlich entfallende Fehlerzahl	auf eine Reihe durchschnittlich entfallende Fehlerzahl in Material	
	Fälschungen	Umstellungen	Auslassungen	Zusätze			A	B
VIII (normal)	170	125	29	2	326	0,267	0,178	0,356
IX (2 gleiche Elemente)	153	86	14	—	253	0,207	0,145	0,270
X (3 gleiche Elemente)	228	179	13	2	422	0,346	0,330	0,362
XI (1 natürliche Sequenz)	213	145	18	—	376	0,308	0,300	0,316
XII (2 natürliche Sequenzen)	209	155	13	1	378	0,310	0,261	0,358
XIII (1 rückläufige Sequenz)	213	135	10	—	358	0,293	0,282	0,305
XIV (2 rückläufige Sequenzen)	226	122	6	1	355	0,291	0,268	0,314

Zahlkomplexe

Was sich aus dieser Tabelle für die Frage nach dem Einfluß der gleichen Elemente und der natürlichen und rückläufigen Sequenzen auf die Fehlerhäufigkeit der Reproduktion ergibt, soll in den folgenden Paragraphen (§ 7 bis § 9) besprochen werden. Hier sei nur auf ein formales Ergebnis aus dem Vergleich zwischen den Fehlerdurchschnitten des gesamten Materials und den der beiden Fraktionen hingewiesen. Der gesamte Fehlerdurchschnitt der Gruppe II ist größer, der der Gruppe III noch größer als der der Gruppe I. Die durchschnittlichen Fehlerzahlen der beiden Fraktionen A und B sind beide, wie die Tabelle lehrt, für die Gruppe II größer als für Gruppe I, für die Gruppe III noch größer. Vergleicht man die Fehlerzahlen der Gesamtdurchschnitte und der einzelnen Fraktionen für die Gruppen VI und VII mit den in Tabelle 8 angegebenen analogen Werten für die Gruppe I, ferner für die Gruppe II und für die Gruppe III, die Gruppe IV und

schließlich die Fehlerzahlen der Gruppen VI und VII untereinander, so zeigen sich auch hier für die Fraktionen gleichsinnige Änderungstendenzen wie für die Fehlerzahl der Gesamtdurchschnitte. Wird also z. B. diese Gesamtdurchschnitts-Fehlerzahl von Gruppe III zu Gruppe V kleiner, so werden es auch die durchschnittlichen Fehlerzahlen der Fraktionen A und B. Dasselbe zeigt sich bei einem Vergleich der Gruppe III mit den Gruppen I und II, der Gruppe IV mit den Gruppen II und III, der Gruppe IX mit VIII, der Gruppe X mit VIII und IX, der Gruppe XI mit IX und X, der Gruppe XII mit VIII, IX und X, der Gruppe XIII mit den Gruppen IX bis XI, der Gruppe XIV mit den Gruppen IX bis XI. Geringfügige Ausnahmen von der gleichsinnigen Änderungstendenz der Fehlerzahlen des Gesamtdurchschnitts und der beiden Fraktionen finden sich bei einem Vergleich der Gruppe XI mit Gruppe VIII, der Gruppe XII mit Gruppe XI, der Gruppe XIII mit Gruppe VIII, der Gruppe XIII mit Gruppe XII und der Gruppe XIV mit den Gruppen VIII, XII und XIII. Von diesen sieben Ausnahmen fallen vier auf den Vergleich der Reihen XI bis XIV untereinander, von denen, wie die Tabelle 8 zeigt, die Gruppen XI und XII bzw. XIII und XIV überhaupt keine deutlich voneinander verschiedene Werte der durchschnittlichen Gesamtfehlerzahlen liefern. Wir dürfen also sagen, daß die Übereinstimmung zwischen den Fehlerdurchschnitten der beiden Fraktionen und dem Fehlerdurchschnitt des gesamten Materials im allgemeinen eine recht gute ist.

§ 7. DIE HEMMUNG GLEICHER ELEMENTE.

Vergleichen wir in Tabelle 8 zunächst die Fehlerzahlen der Gruppen II und III, von denen die erstere zwei gleiche Elemente enthält, die letztere deren drei, mit der Fehlerzahl der Gruppe I (Normalgruppe), so sehen wir, daß die Gruppe II eine höhere durchschnittliche Fehlerzahl besitzt als die Normalgruppe I, und daß die Fehlerzahl in der Gruppe III, verglichen mit I, noch eine weitere Steigerung erfährt. Wir finden also, daß Reihen mit zwei gleichen Elementen stärker mit Fehlern belastet sind als die Normalreihen, und daß in den Reihen mit drei gleichen Elementen die Fehler noch zahlreicher sind. Diese Tatsache ist auf die unter dem Namen „Ranschburgsche Hemmung“ längst bekannte Erscheinung zurückzuführen, die durch unsere Versuche neuerdings bestätigt wird¹⁾. Ransch-

¹⁾ P. Ranschburg, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 66. 1913. S. 161 ff. und Bd. 67. 1913. S. 22 ff. — J. Stoll, Fortschritte der Psychologie und ihrer Anwendungen. Bd. 2. 1914. S. 61 ff.

burg¹⁾ hat zunächst festgestellt, daß gleichzeitig einwirkende gleichstarke Reize besser aufgefaßt werden, wenn sie heterogener Natur sind, während sie aufeinander hemmend wirken, wenn sie gleichartiger Natur sind. Eine ähnliche Erscheinung hat Ranschburg²⁾ auch beim Erlernen von sinnlosen Silben konstatiert. Danach gestaltet sich das Behalten „homogener“ Reihen ungünstiger als das heterogener Reihen. Weitere Untersuchungen Ranschburgs³⁾ haben den für Reihen aus verschiedenem Material und für simultane sowohl als sukzessive Darbietung derselben gültigen Nachweis erbracht, daß gleiche Elemente bei der Auffassung und Reproduktion einer Reihe sich derart geltend machen, daß sie sich gegenseitig hemmen und miteinander verschmelzen, so daß leicht eines derselben aus der Reihe herausfällt oder durch ein anderes ersetzt wird. Es ist dann auch einleuchtend (wenn auch keineswegs notwendig), daß die reproduzierte Reihe mehr Fehler aufweisen wird, wenn sie drei gleiche Elemente enthält, als dies beim Vorhandensein von nur zwei solchen Elementen der Fall ist.

Wie können nun weiter fragen, ob die durch die Hemmung gleicher Elemente bedingten Fehler häufiger auf die gleichen Elemente selbst als auf die ungleichen Elemente der Reihe fallen. Nach den Ausführungen Ranschburgs ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß die gleichen Elemente selbst der Verfälschung zum Opfer fallen. Ranschburg meint⁴⁾: „Das gleiche sucht sich zu vereinigen, das Verschiedene strebt auseinander, hebt sich vom gleichen und untereinander dem Grade seiner Verschiedenheit entsprechend ab“. Und an anderer Stelle⁵⁾: „Die beiden homogenen Elemente verschmelzen ineinander“. Auf unsere Frage antwortet nun Tabelle 9 (S. 348). Sie gibt an, wie viele Fälschungs-, Umstellungs- und Auslassungsfehler auf die gleichen und ungleichen Elemente der Gruppen II und III entfallen. Die Fehler durch Zusätze konnten nicht mit eingerechnet werden, weil sich natürlich nicht entscheiden läßt, ob die Einschlebung eines nicht in die Reihe gehörigen Elements durch ein ungleiches oder ein gleiches Element der Reihe bedingt ist.

1) P. Ranschburg, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 30. 1902. S. 66.

2) P. Ranschburg, Journal für Psychologie und Neurologie. Bd. 5. 1905. S. 119.

3) P. Ranschburg, Bericht über den 4. Kongreß für experimentelle Psychologie in Innsbruck 1910. Leipzig. 1911. S. 113 ff.

4) P. Ranschburg, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 66. 1913. S. 165.

5) P. Ranschburg, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 67. 1913. S. 205.

Tabelle 9.

Gruppe	Anzahl der gleichen Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Voneiner Versuchsperson wird ein gleiches Element durchschnittlich verfehlt	Anzahl der ungleichen Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Voneiner Versuchsperson wird ein ungleiches Element durchschnittlich verfehlt
II (2 gleiche Elemente)	84	201	0,082 mal	210	444	0,072 mal
III (3 gleiche Elemente)	126	282	0,077 mal	168	366	0,075 mal

Man sieht aus der Tabelle, daß sowohl in der Gruppe II als auch in der Gruppe III auf die gleichen Elemente eine höhere durchschnittliche Fehlerquote entfällt als auf die nichtgleichen Glieder derselben Reihen. Es handelt sich dabei jedoch um Durchschnittswerte, aus denen keineswegs geschlossen werden darf, daß in jeder einzelnen Reihe die gleichen Elemente mehr Reproduktionsfehler aufweisen als die ungleichen Elemente.

Auch die Frage, ob die gleichen Elemente in den Gruppen II und III in bezug auf ihre Fehlerhäufigkeit an den einzelnen Stellen derselben Gesetzmäßigkeit unterliegen, wie wir sie hinsichtlich der Fehlerhäufigkeit der einzelnen Stellen bei den isolierten Zahlenreihen überhaupt gefunden haben (s. § 5), wurde einer Untersuchung unterzogen. Über das Ergebnis gibt die folgende Tabelle 10 (S. 349) Aufschluß, in welcher die erste Kolumne die Stellenwerte (in römischen Ziffern), die zweite Kolumne die Zahl der gleichen Elemente an der betreffenden Stelle angibt, die dritte Kolumne die auf sie entfallende Fehlersumme und die vierte Kolumne die durchschnittliche Fehlerzahl bei einer Versuchsperson enthält.

Man sieht aus Tabelle 10 (S. 349), daß in den beiden Gruppen II und III die Fehlerquote bis zur V. Stelle ansteigt, dann zur VI. Stelle langsam und zur VII. Stelle rasch abfällt. Die diesbezüglichen Fehlerkurven zeigen also denselben Verlauf wie die Durchschnittsfehlerkurve der Gruppen II und III, die sich aus Tabelle 5 konstruieren läßt, und weichen von der allgemeinen Fehlerkurve der isolierten Zahlenreihen in Figur 1 insofern ab, als diese ihr Maximum erst auf der VI. Stelle erreicht.

Tabelle 10.

Gleiche Elemente kommen vor an Stelle	Gruppe II (2 gleiche Elemente)			Gruppe III (3 gleiche Elemente)		
	Anzahl der Fälle	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein gleiches Element wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt	Anzahl der Fälle	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein gleiches Element wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
I.	16	1	0,002 mal	17	3	0,006 mal
II.	10	8	0,027 „	17	25	0,050 „
III.	15	33	0,075 „	12	23	0,066 „
IV.	7	21	0,099 „	23	54	0,080 „
V.	11	64	0,200 „	15	90	0,207 „
VI.	11	62	0,194 „	13	53	0,141 „
VII.	14	12	0,034 „	29	34	0,040 „

Ich habe auch geprüft, ob der Abstand der gleichen Elemente in der Reihe von Einfluß auf die Häufigkeit ihrer Verfälschung ist, ohne indessen ein positives Ergebnis erzielt zu haben.

Wir betrachten nun die in der Tabelle 8 (S. 344 f.) verzeichneten Werte der Gruppen IX und X (Komplexe), die mit den eben besprochenen Gruppen II und III der isolierten Reihen insofern korrespondieren, als sie in ihren Reihen zwei bzw. drei gleiche Elemente enthalten. Wir können zunächst nun die Tatsache konstatieren, daß Gruppe IX eine geringere durchschnittliche Fehlerzahl aufweist als die Normalgruppe VIII, während der Gruppe X in Übereinstimmung mit dem bisher Gesagten eine höhere Fehlerquote zukommt als der Normalreihe. Bei der Reproduktion von Zahlkomplexen, die zwei gleiche Elemente haben, treten also weniger Fehler auf als bei der Reproduktion von Zahlkomplexen, die lediglich aus ungleichen Elementen bestehen. Enthalten aber die Zahlkomplexe drei gleiche Elemente, dann tritt bei der Reproduktion eine größere Fehlerzahl zutage als bei Reihen mit nur ungleichen Elementen. Es wurde schon am Beginn dieser Arbeit (s. S. 328) darauf hingewiesen, daß auch Frings feststellen konnte, daß die Hemmungserscheinungen bei der Reproduktion zurücktreten, wenn es bei der Einprägung zu einer Komplexbildung kommt. Die Komplexe, um die es sich in seinen Versuchen handelt, sind freilich ganz anderer Art als die Zahlkomplexe unserer Versuche. Auch wir finden aber in Übereinstimmung mit seinem Ergebnis, daß in unseren Komplexen bei zwei gleichen Elementen keine Hemmung

auftritt. Es tritt vielmehr gerade das Gegenteil, eine Förderung der Reproduktion, auf, die sich in einer geringeren durchschnittlichen Fehlerzahl bemerkbar macht. Bei drei gleichen Elementen tritt hingegen wiederum die Hemmung hervor.

Woher mögen diese eigentümlichen Tatsachen rühren? Zunächst sei darauf hingewiesen, daß beim Vorsprechen von Zahlkomplexen mit gleichen Elementen die gleichen Elemente in der Regel nicht die gleiche Betonungsintensität aufweisen. Wenn wir beispielsweise die Zahl 2 685 294 vorsprechen, so gehört das eine der gleichen Elemente, die erste 2, zu den stärker betonten, während das andere keine besondere Hervorhebung aus dem Komplex erfährt. Die beiden Glieder bilden infolgedessen keineswegs Reize von gleicher „Intensität“, die, wie Ranschburg ¹⁾ ausführt, eine Grundbedingung für das Auftreten der Hemmungserscheinung bildet. Damit fällt die Voraussetzung für die hemmende *Wirksamkeit* gleicher Elemente weg. Dies wird nun in allen den Reihen der Fall sein, in welchen die beiden Elemente auf *verschieden* betonten Stellen stehen, nämlich in 16 unter 42 Fällen. Wir glauben jedoch behaupten zu dürfen, daß auch in den übrigen 26 Fällen die Betonung der gleichen Elemente — auf welcher Stelle sie sich auch befinden — keineswegs eine so gleichmäßige sein konnte wie bei der Darbietung der isolierten Zahlenreihen. Für den rein visuellen Vorstellungstypus freilich, der das ganze Ziffernbild des vorgesprochenen Komplexes deutlich vor sich sieht, sind die eben angeführten Argumente ohne Bedeutung. Allein, die Erfahrung hat gezeigt, daß reine Vorstellungstypen außerordentlich selten sind ²⁾. Zudem haben dem Versuchsleiter eine Anzahl von Versuchspersonen, die vermutlich dem visuellen Vorstellungstypus angehören, und die behaupteten, das Ziffernbild vor sich zu sehen, auf Befragen erklärt, daß sie niemals das vollständige Ziffernbild gesehen hätten. Während, um nur ein paar Aussagen anzuführen, Versuchsperson F. behauptet, daß sie den ganzen Komplex deutlich in drei Teile gegliedert erblicke, nicht aber die einzelnen Ziffern sehe, erkennt Versuchsperson K. vom Ziffernkomplex nur die mittlere Gruppe (II., III. und IV. Stelle) deutlich und Versuchsperson M. sieht nur die ersten vier Ziffern klar.

Was nun die Gruppe X betrifft, so gelten die eben gemachten Ausführungen in erweitertem Maße auch für sie; hier befinden sich die

¹⁾ P. Ranschburg, Zeitschrift für Psychologie. Bd. 30. 1902. S. 66.

²⁾ Vgl. E. Meumann, Vorlesungen zur Einführung in die experimentelle Pädagogik. Bd. 2. 2. Aufl. Leipzig 1911. S. 541.

gleichen Elemente in 32 unter 42 Fällen an verschiedenen betonten Stellen. Man müßte also erwarten, daß auch hier in der Mehrheit der Fälle keine Hemmung der gleichen Elemente eintritt. In Wirklichkeit tritt sie aber, wie wir sahen, mit voller Deutlichkeit auf. Offenbar rührt dies daher: Wenn auch in der Mehrheit der Fälle die drei gleichen Elemente zum Teil auf betonte, zum Teil auf unbetonte Stellen fallen, so wird es hier doch häufiger als in Gruppe IX geschehen, daß wenigstens zwei von den drei gleichen Elementen auf Stellen von einigermaßen ähnlicher Betonungsintensität fallen und dadurch die Hemmung gleicher Elemente wirksam werden kann.

Wie erklärt es sich aber, daß zwei gleiche Elemente innerhalb des Zahlkomplexes eine durchschnittlich geringere Fehlerzahl ergeben als wir sie im Zahlkomplex ohne gleiche Elemente fanden? Und daß wir dennoch bei drei gleichen Elementen eine größere durchschnittliche Fehlerzahl fanden als in Komplexen ohne gleiche Elemente? Massenversuche, wie es die von mir angestellten sind, die notwendigerweise der Selbstbeobachtung entbehren, sind nicht geeignet, um auf diese Fragen eine sichere experimentelle Antwort zu geben. Ich würde vermuten, daß es sich hier um Phänomene handelt, die mit der Komplexbildung im Bewußtsein der Versuchsperson zusammenhängen. Der ganze Zahlkomplex, der beim Vorsprechen der Zahl: 5 million 7 hundert 13 tausend 7 hundert 27 (5 713 727) aufgefaßt wird, zerfällt, wie hier durch die Schreibung angedeutet, in fünf Teilkomplexe, welche durch die im Ziffernbild nicht wiederzugebenden Stellenwertbezeichnungen voneinander getrennt sind und die überdies, wie oben (S. 350) ausgeführt, durch eine verschieden starke Betonung der in ihnen enthaltenen Ziffernamen nicht gleichwertig sind. Ich würde nun vermuten, daß es bei dem deutlich in Teilkomplexe gegliederten Zahlkomplex bestimmte Stellen gibt, an denen sich dort vorhandene gleiche Elemente bei der Reproduktion nicht hemmen, sondern fördern, so etwa wie die Gleichheit der Endlaute beim Reim oder die Gleichheit der Anfangslaute beim Stabreim reproduktionsfördernd wirken. Gleiche Elemente an anderen Stellen mögen dann, wie in den Versuchen mit isolierten Zahlenreihen überall, hemmend wirken. Wenn nun in einer Reihe von Komplexen mit zwei gleichen Elementen die gleichen Elemente an allen möglichen Stellen des Komplexes vorkommen, wie das bei unseren Versuchen der Fall war, dann müssen natürlich auch gleiche Elemente auf diejenigen Stellen fallen, auf denen sie reproduktionsfördernd wirken. Ist dann die reproduktionsfördernde Wirkung groß genug, jedenfalls aber größer

als die reproduktionshemmende von gleichen Elementen an anderen Stellen, so wird sich in der Gesamtheit der Zahlkomplexe mit gleichen Elementen eine geringere durchschnittliche Fehlerzahl ergeben müssen als in der Gesamtheit der Zahlkomplexe ohne gleiche Elemente.

Sind nun drei gleiche Elemente in einem Komplex, so wird es — wenn es überhaupt drei Stellen gibt, an denen gleiche Elemente reproduktionsfördernd wirken — nur in einer sehr kleinen Zahl von Fällen vorkommen, daß alle gleichen Elemente auf die betreffenden Stellen fallen. Häufiger dagegen wird es vorkommen, daß zwei gleiche Elemente auf reproduktionsfördernde Stellen fallen, eines auf eine Stelle zwischen ihnen oder außerhalb von ihnen. Es könnte nun aber sein, daß ein solches gleiches Element zwischen zwei Stellen, an denen gleiche Elemente reproduktionsfördernd wirken, die Wirksamkeit dieser beiden Stellen empfindlich stört und sogar ins Gegenteil umkehrt. So halte ich es, um bei unserem Beispiel von vorhin zu bleiben, nicht für unwahrscheinlich, daß ein Reimwort, zwischen die beiden Versenden in den Vers eingeschoben oder schon im ersten Vers vor Versschluß angebracht, die Reproduktion der beiden Verse stärker hemmt als sie durch die beiden gleichen Versenden gefördert wird. Ist dies aber der Fall, dann wird es verständlich, warum die Komplexe mit drei gleichen Elementen eine größere durchschnittliche Fehlerhäufigkeit aufweisen als die mit zwei gleichen Elementen und die mit nur ungleichen Elementen.

Schließlich wurde noch die Frage untersucht, ob die Fehlerhäufigkeit der gleichen Elemente an den verschiedenen Stellen des Komplexes in den Gruppen IX und X dem gleichen Gesetz folgt, das wir bei der Untersuchung der diesbezüglichen Frage für die Zahlkomplexe im allgemeinen gefunden haben. Über das Ergebnis gibt die folgende Tabelle 11 (S. 353) Aufschluß, die analog der Tabelle 10 angelegt ist.

Man sieht aus der Tabelle 11 (S. 353), daß die den angegebenen Zahlen entsprechenden Fehlerkurven der Gruppen IX und X keineswegs mit der allgemeinen gestrichelten Fehlerkurve in Figur 1 übereinstimmen. Die Kurve in Gruppe IX steigt von der I. bis zur VII. Stelle und auch die Kurve der Gruppe X zeigt beträchtliche Abweichungen von der Kurve in Figur 1. Die gleichen Elemente der Gruppen IX und X unterliegen also hinsichtlich ihrer Fehlerhäufigkeit an den einzelnen Stellen nicht der für die übrigen Elemente dieser Gruppen geltenden Gesetzmäßigkeit, was wohl mit der von uns oben (S. 351) hypothetisch angenommenen verschiedenen Wirkung der gleichen Elemente an verschiedenen Stellen auf die Förderung oder Hemmung der Reproduktion zusammenhängen könnte.

Tabelle 11.

Gleiche Elemente kommen vor an Stelle	Gruppe IX (2 gleiche Elemente)			Gruppe X (3 gleiche Elemente)		
	Anzahl der Fälle	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein gleiches Element wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt	Anzahl der Fälle	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein gleiches Element wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
I.	19	2	0,003 mal	30	4	0,004 mal
II.	19	9	0,016 „	12	17	0,048 „
III.	4	3	0,025 „	5	12	0,082 „
IV.	4	6	0,051 „	32	36	0,038 „
V.	24	36	0,051 „	10	12	0,041 „
VI.	—	—	—	17	18	0,036 „
VII.	14	24	0,059 „	20	50	0,086 „

§ 8. NATÜRLICHE SEQUENZEN.

Wir wenden uns in weiterer Besprechung der Tabelle 8 (S. 344 f.) den Ergebnissen zu, welche die Untersuchung der Gruppen IV und V bzw. XI und XII zeitigt hat. Die Reihen dieser Gruppen enthalten eine bzw. zwei „natürliche“, d. h. der Zählreihe entsprechende Zahlfolgen (Sequenzen). Die zwei Sequenzen in den Reihen der Gruppen V und XII waren so angeordnet, daß sie getrennt auftraten und zu ihrer Darstellung vier Elemente benötigt wurden, z. B. 6347819; es kam nie vor, daß beide Zahlfolgen durch drei aufeinanderfolgende Zahlen ausgedrückt wurden, wie dies z. B. in der Reihe 7123580 der Fall wäre. Ein Blick auf die Tabelle 8 zeigt nun zunächst, daß die Gruppe IV eine geringere durchschnittliche Fehlerzahl aufweist als die Normalgruppe (I) und daß die Fehlerzahl in der Gruppe V noch weiter sinkt. Isolierte Zahlenreihen mit einer natürlichen Sequenz werden also weniger oft verfehlt als Normalreihen, und Reihen mit zwei natürlichen Sequenzen seltener als Reihen mit bloß einer natürlichen Sequenz und daher um so seltener als Normalreihen. Warum die Reihen mit natürlichen Sequenzen weniger Fehler haben als Reihen ohne dieselben, ist ja leicht zu verstehen. Die natürlichen Sequenzen sind alte, gefestigte Assoziationen. Die Zahl der Assoziationen zwischen den Reihengliedern, die durch das Vorsprechen erst gestiftet werden, ist also in Reihen, in denen natürliche Sequenzen vorkommen, eine geringere als in den Reihen, in denen diese Sequenzen fehlen. Die Reihen mit

einer geringeren Anzahl von erst zu stiftenden Assoziationen werden aber, wie nicht anders zu erwarten ist, leichter reproduziert als die Reihen mit einer größeren Anzahl.

Es liegt nun die Ansicht nahe, daß die Elemente der natürlichen Sequenzen durchschnittlich seltener gefälscht werden müßten als die übrigen Elemente derselben Reihe. Inwieweit sich diese Ansicht bestätigt, darüber gibt folgende Tabelle 12 Aufschluß. Wie für die Tabelle 9 wurden auch für die Berechnung der Tabelle 12 die durch Zusätze entstandenen Fehler aus den dort angegebenen Gründen ausgeschaltet.

Tabelle 12.

Gruppe	Anzahl der in natürlichen Sequenzen vorkommenden Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Von einer Versuchsperson wird ein Element der natürlichen Sequenz durchschnittlich verfehlt	Anzahl der nicht in natürlichen Sequenzen vorkommenden Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein solches Element wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
IV (1 natürliche Sequenz)	84	140	0,057 mal	210	393	0,064 mal
V (2 natürliche Sequenzen)	168	303	0,062 mal	126	208	0,056 mal

Man sieht, daß nur in Gruppe IV auf die Elemente der natürlichen Sequenzen durchschnittlich weniger Fehler entfallen als auf die anderen Elemente derselben Reihe, während in Gruppe V die Verhältnisse gerade umgekehrt liegen. Wenn die oben gegebene Erklärung für die Verminderung der Fehlerzahl beim Vorkommen natürlicher Sequenzen richtig ist, dann versteht man auch, warum diese Verminderung weder ausschließlich noch auch hauptsächlich auf Kosten der Elemente der natürlichen Sequenzen erfolgt, wie es die Tabelle 12 zeigt. Dadurch, daß natürliche Sequenzen vorkommen, so sagten wir, verringert sich die Zahl der Assoziationen, die in der Reihe erst neu gestiftet werden müssen und die Reihe als Ganzes — nicht bloß die natürliche Sequenz in ihr — wird so leichter reproduzierbar.

Betrachten wir nun in Tabelle 8 (S. 344 f.) die Werte der mit den eben besprochenen Gruppen isolierter Zahlenreihen korrespondierenden

Gruppen von Zahlkomplexen (XI und XII), so sehen wir, daß 1. auf beide Gruppen eine fast gleich große Fehlerquote entfällt, und daß 2. diese — im Gegensatz zu den entsprechenden Gruppen isolierter Zahlenreihen — die Fehlerquote der Normalgruppe übersteigt. Komplexe mit ein oder zwei natürlichen Sequenzen sind also stärker mit Fehlern belastet als Normalreihen.

Zur Begründung der Tatsache, daß Komplexe mit natürlichen Sequenzen keine geringere Fehlerzahl aufweisen als die Komplexe ohne natürliche Sequenzen, sei darauf hingewiesen, daß sich der Wirksamkeit der natürlichen Sequenz im Zahlkomplex ähnliche Schwierigkeiten entgegenstellen wie der Wirksamkeit gleicher Elemente im Komplex. Die natürlichen Sequenzen, die der Versuchsperson aus der Zählreihe geläufig sind, lauten in Worten: „eins, zwei, drei, vier“, sie lauten nicht: „drei Millionen vierhunderttausend“ oder „zweitausend dreihundert“. Sie kommen aber im Zahlkomplex niemals in der ersteren, reinen, der Versuchsperson geläufigen Form vor, sondern nur in der zweiten Form, in welcher der Ziffernbezeichnung immer die Stellenwertbezeichnung angehängt wird. Es sind also gar keine echten natürlichen Sequenzen, die in den Zahlkomplexen vorgeschprochen werden, und man darf deshalb auch nicht erwarten, daß sie als solche wirken. Dazu kommt noch manches Andere. So kommt es in vielen Fällen vor, daß die Glieder der natürlichen Sequenz in umgekehrter Folge vorgeschprochen werden, wie das beispielsweise in dem Komplex 2 603 945 der Fall ist, dessen Endziffern nicht als „vier, fünf“, sondern als „fünfund vierzig“ gesprochen werden. Wir haben auch hier ferner zu beachten, daß die zwei oder vier Elemente natürlicher Sequenzen auf Stellen von verschiedener Betonungsintensität fallen, während in der Zählreihe zwischen 0 und 9 solche Betonungsunterschiede wohl überhaupt nicht vorkommen. — Möglicherweise wird gelegentlich eine Versuchsperson, insbesondere eine solche vom visuellen Vorstellungstypus, sich den vorgeschprochenen Zahlkomplex beim Anhören oder unmittelbar nachher in das visuelle Bild des zu schreibenden Komplexes transponieren. Es ist jedoch sehr zweifelhaft, ob dies beim Reproduzieren eines bloß einmal vorgeschprochenen, also nicht erst zu lernenden Komplexes und bei Versuchspersonen, welche im Operieren mit vorgeschprochenen Zahlen einen gewissen Übungsgrad besitzen müssen, mehr als ausnahmsweise vorkommt. Zudem besteht die Möglichkeit, daß eine solche Transponierung, welche Zeit und Aufmerksamkeit konsumiert, die fehlerlose Reproduktion der Reihe eher hemmt als fördert. Es ist also nicht zu

erwarten, daß durch solche Hilfen das Gesamtergebnis merklich beeinflusst wird.

Das Gesagte erklärt, wie wir glauben, zur Genüge die Frage, warum die Komplexe mit natürlichen Sequenzen nicht weniger Fehler haben als die ohne natürliche Sequenzen. Es erklärt uns aber nicht die auffallende Tatsache, warum die Komplexe mit natürlichen Sequenzen im Durchschnitt mehr Fehler aufweisen als die Normalgruppen von Zahlkomplexen. Sichere Anhaltspunkte zur Erklärung dieser Tatsache liegen unseres Erachtens in dem hier verarbeiteten Material nicht vor.

Im Anschluß an diese Untersuchungen wurde auch die Frage aufgeworfen, ob sich etwa unter den natürlichen Sequenzen irgend eine Gesetzmäßigkeit von der Art feststellen läßt, daß die eine oder andere besonders häufig oder besonders selten gefälscht wird. Die Prüfung dieser Frage wurde in ähnlicher Weise durchgeführt wie die in § 4 behandelte analoge Frage nach der auf die einzelnen Zahlen zwischen 0 und 9 entfallende Fehlerhäufigkeit. Ebenso wie dort ist auch hier kein positives Ergebnis erzielt worden. Die Fehlerhäufigkeiten für die natürlichen Sequenzen 1—2, 2—3, 3—4 usw. zeigen also weder bedeutende Differenzen noch eine allgemeine Gesetzmäßigkeit ihrer Zu- und Abnahme.

Auch die Frage, ob es auf die Fehlerhäufigkeit von Einfluß ist, wenn die natürlichen Sequenzen an der ersten und zweiten, zweiten und dritten usw. Stelle der Reihe stehen, wurde im Anschluß an die analoge Untersuchung, die sich auf die einzelnen Zahlen zwischen 0 und 9 bezog (s. § 5), einer Prüfung unterzogen. Die Ergebnisse, sofern sie sich auf die isolierten Reihen beziehen, sind in Tabelle 13 zusammengestellt.

Tabelle 13.

An den Stellen	kommen in den isolierten Zahlenreihen (Gruppen IV und V) natürliche Sequenzen vor	und diese weisen folgende Fehlerzahl auf	Eine Sequenz wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
I.—II.	28 mal	14	0,017 mal
II.—III.	29 „	69	0,082 „
III.—IV.	16 „	73	0,157 „
IV.—V.	12 „	72	0,206 „
V.—VI.	13 „	115	0,305 „
VI.—VII.	28 „	100	0,123 „

Die Tabelle zeigt, daß die durchschnittliche Fehlerzahl von den Stellen I.—II. bis zu den Stellen V.—VI. beständig zunimmt, hier ihren Höhepunkt erreicht und an den Stellen VI.—VII. wieder stark abfällt. Würden wir die Fehlerhäufigkeit wiederum als Kurve auftragen, deren Abszissen die Paare von Stellenwerten (I.—II., II.—III., III.—IV. usw.) bilden, so würde die Kurve den gleichen Verlauf zeigen wie die in Figur 1 angegebene ausgezogene Kurve. Sie würde bis zu den Stellen V.—VI ansteigen, dann fallen. Auch natürliche Sequenzen werden also in isolierten Zahlreihen mit der gleichen Abhängigkeit von der Stelle, an der sie stehen, verfehlt wie die einzelnen Ziffern der Reihe.

Über die auf die einzelnen Stellen der Stellenpaare der Komplexe entfallenden Fehlerhäufigkeiten gibt die Tabelle 14 Auskunft, die analog der Tabelle 13 angelegt ist.

Tabelle 14.

An den Stellen	kommen in den Komplexen (Gruppen XI und XII) natürliche Sequenzen vor	und diese weisen folgende Fehlerzahl auf	Eine Sequenz wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
I.—II.	27 mal	28	0,035 mal
II.—III.	27 „	81	0,103 „
III.—IV.	16 „	19	0,040 „
IV.—V.	5 „	20	0,137 „
V.—VI.	17 „	87	0,176 „
VI.—VII.	34 „	75	0,076 „

Die durchschnittliche Fehlerhäufigkeit steigt, wie die Tabelle lehrt, vom Stellenpaar I.—II. zu den Stellen II.—III., fällt hierauf an den Stellen III.—IV. wiederum bis nahe zur Höhe des Ausgangspunktes, steigt bei IV.—V. rapid und erhebt sich an den Stellen V.—VI. zu ihrem Maximum, von dem sie an dem Stellenpaar VI.—VII. wieder rasch abfällt. Würden wir auch hier die Ergebnisse in Form einer Kurve auftragen, so hätte diese einen ganz ähnlichen Verlauf wie die in Figur 1 angegebene gestrichelte Kurve, die sich auf die Fehlerhäufigkeiten der einzelnen Stellenwerte in allen Zahlkomplexen bezieht. Die gestrichelte Kurve in Figur 1 steigt von der Stelle I. zur Stelle II., die aus Tabelle 14 abgeleitete würde vom ersten Stellenpaar (I.—II.) zum zweiten (II.—III.) ansteigen. Die Kurve der Figur 1 fällt dann, um von der Stelle IV. zur Stelle V. als dem Maximum der Fehler-

häufigkeit anzusteigen. Auch die aus Tabelle 14 gewonnene Kurve fällt zunächst stark ab, um dann vom Stellenpaar III.—IV. zum Stellenpaar IV.—V. sehr steil, von da ab zum Stellenpaar V.—VI. als ihrem Maximum langsam zu steigen. Nach Erreichung des Maximums fallen beide Kurven sehr steil ab. Die in Figur 1 angegebene Kurve erhebt sich dann noch einmal von der Stelle VI. zur Stelle VII., die aus Tabelle 14 abgeleitete hingegen endet mit der tiefen Senkung beim Stellenpaare VI.—VII. Diese letztere Abweichung der aus Stellenpaaren gewonnenen Kurve von der aus den einzelnen Stellen selbst gewonnenen (Figur 1) läßt sich leicht aus der Verschiedenheit der Voraussetzungen beider Kurven erklären. Eine natürliche Sequenz, die sich auf zwei Stellen erstreckt, erscheint bei der Reproduktion verfehlt, wenn bloß eines ihrer Glieder verfehlt wird. Betrachten wir etwa die auf die Stellen I.—II. fallende Sequenz, so kann diese fehlerhaft reproduziert werden, indem das auf die Stelle I. fallende Glied verfehlt wird, oder indem das auf die Stelle II. fallende Glied verfehlt wird, oder endlich indem beide Glieder verfehlt werden. Man wird deshalb die auf das Stellenpaar I.—II. fallende Fehlerhäufigkeit als die Summe der auf die Stelle I. und die Stelle II. einzeln entfallenden Fehlerhäufigkeiten ansehen dürfen. Berechnen wir nun aus Tabelle 6 (S. 341), welche die durchschnittliche Fehlerhäufigkeit der einzelnen Stellen für alle Gruppen von Zahlkomplexen angibt, die Summe der Fehlerhäufigkeiten für die aufeinanderfolgenden Stellenpaare und stellen ihnen die durchschnittlichen Fehlerhäufigkeiten aus Tabelle 14 gegenüber, so gelangen wir zu Tabelle 15.

Tabelle 15.

Stellenpaar		I.—II.	II.—III.	III.—IV.	IV.—V.	V.—VI.	VI.—VII.
Durchschnittliche Fehlerzahl aus	Tabelle 6	0,043	0,069	0,056	0,134	0,121	0,080
	Tabelle 14	0,035	0,103	0,040	0,137	0,176	0,076

Würden wir aus den beiden Zahlenreihen der Tabelle 15 zwei Kurven konstruieren, so würden die beiden wohl im einzelnen manche Unterschiede zeigen. Beide Kurven würden aber übereinstimmend nach der Erreichung ihres Höhepunktes nur mehr eine fallende Tendenz aufweisen. Der neuerliche Anstieg am Schluß, den die gestrichelte Kurve der Figur 1 zeigt, verschwindet also, wenn wir bloß die Summe je zweier Stellenwerte der Tabelle 6 mit den Werten der Tabelle 15 vergleichen.

Wir können also zusammenfassend sagen, daß es für die Abhängigkeit der Fehlerhäufigkeit von der Stelle in isolierten Zahlenreihen und Zahlkomplexen im großen und ganzen gleichgültig ist, ob die verfehlten Zahlen Glieder einer natürlichen Sequenz sind oder nicht.

§ 9. RÜCKLÄUFIGE SEQUENZEN.

Zum Schlusse unserer Betrachtungen wenden wir uns noch der Besprechung derjenigen Reihen zu, die rückschreitende Zahlfolgen („rückläufige Sequenzen“, z. B. 4—3 oder 9—8) enthalten. Aus solchen Reihen bestehen die isolierten Gruppen VI und VII und die Komplex-Gruppen XIII und XIV. In den Reihen der Gruppen VI und XIII finden wir je eine, in denen der beiden anderen Gruppen je zwei rückläufige Sequenzen.

Die natürliche Sequenz haben wir als eine Zahlverbindung kennen gelernt, deren Glieder durch alte, längst gefestigte Assoziationen miteinander verknüpft sind, wodurch, wie wir hörten, die Reproduktion von isolierten Zahlenreihen begünstigt wird. In den rückläufigen Sequenzen haben wir es nun zweifellos auch mit längst gestifteten assoziativen Verknüpfungen zu tun. Es ist ja wiederholt festgestellt worden, daß bei Stiftung einer Assoziation zwischen aufeinanderfolgenden Bewußtseinsinhalten zugleich eine schwächere Assoziation in der der Aufeinanderfolge entgegengesetzten Richtung gestiftet wird. Die Tatsache, daß wir, wenn auch langsamer als vorwärts, rückwärts zählen können, ist nur ein besonderer Fall dieser rückläufigen Assoziation¹⁾. Das Bestehen der rückläufigen Assoziation würde zunächst erwarten lassen, daß Reihen mit rückläufigen Sequenzen weniger häufig verfehlt werden als solche, die weder natürliche noch rückläufige Sequenzen aufweisen. Weil aber die rückläufigen Assoziationen schwächer sind als die in entgegengesetzter Richtung verlaufenden, wird man weiterhin erwarten müssen, daß die Reihen mit rückläufigen Sequenzen mehr Fehler aufweisen als die Reihen mit natürlichen Sequenzen. Die folgenden Erörterungen werden zeigen, daß nur die zweite der genannten Erwartungen sich bestätigt.

Ein Blick auf die Tabelle 8 (S. 344 f.) zeigt, daß die Reihen mit rückläufigen Sequenzen eine höhere durchschnittliche Fehlerzahl aufweisen als die Normalreihen. Gruppe VI (isolierte Reihen mit einer rückläufigen Sequenz) überragt mit ihrer Fehlerquote die Normal-

¹⁾ Vgl. M. Offner, Das Gedächtnis. 3. Aufl. Berlin 1913. S. 39 ff.

gruppe I, Gruppe VII (isolierte Reihen mit zwei rückläufigen Sequenzen) hat eine höhere Fehlerzahl als die Gruppe VI mit bloß einer rückläufigen Sequenz.

Merkwürdig ist nun, daß auf die rückläufigen Sequenzen selbst, trotzdem die Reihen, in denen sie vorkommen, häufiger verfehlt werden als andere Reihen, im Durchschnitt nicht mehr, sondern sogar etwas weniger Fehler entfallen als auf die anderen Elemente derselben Reihen. Das zeigt uns Tabelle 16.

Tabelle 16.

Gruppe	Anzahl der in rückläufigen Sequenzen vorkommenden Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein Element der rückläufigen Sequenz wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt	Anzahl der nicht in rückläufiger Sequenz vorkommenden Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein solches Element wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
VI	84	153	0,062 mal	210	492	0,080 mal
VII	168	382	0,078 „	126	330	0,090 „

Wir sehen aus Tabelle 16, daß in beiden Gruppen die durchschnittliche Fehlerzahl der Sequenzelemente geringer ist als die Fehlerzahl der übrigen Elemente. Daraus müssen wir schließen, daß die durch rückläufige Sequenzen bedingte Störung der Reproduktion nicht etwa ausschließlich an der Stelle wirksam wird, die das störende Moment (die rückläufige Sequenz) innehat, daß sich die Störung vielmehr auf die ganze vorgespochene Reihe erstreckt.

Vergleicht man die in den Tabellen 8 und 16 angegebenen Fehlerhäufigkeiten bei rückläufigen Sequenzen mit den entsprechenden Werten bei natürlichen Sequenzen (Tabellen 8 und 12), so sieht man, daß die durchschnittliche Fehlerzahl der Reihen mit einer rückläufigen Sequenz deutlich höher ist als die entsprechende Fehlerzahl in den Reihen mit einer natürlichen Sequenz und daß der Abstand zwischen beiden Fehlerquoten sich in den Reihen mit zwei Sequenzen noch erhöht. Die isolierten Reihen mit rückläufigen Sequenzen haben also mehr Fehler als die analogen Reihen mit natürlichen Sequenzen, zudem aber auch mehr Fehler als die analogen Normalreihen, die Reihen also, die weder gleiche Elemente, noch natürliche oder rückläufige Sequenzen enthalten.

Gehen wir zur Betrachtung der Fehlerzahlen der Komplexe mit rückläufigen Sequenzen über, so fallen uns vor allem drei Momente ins Auge. Wir sehen aus Tabelle 8 (S. 344 f.), daß 1. die durchschnittliche

Fehlerzahl der beiden Gruppen XIII und XIV, von denen die eine Komplexe mit einer rückläufigen Sequenz enthält, die andere solche mit zwei rückläufigen Sequenzen, fast die gleiche ist, 2. die durchschnittliche Fehlerzahl der Reihen mit rückläufigen Sequenzen die Fehlerquote der Normalgruppe wesentlich übertrifft und 3. den beiden Gruppen mit rückläufigen Sequenzen eine geringere Fehlerzahl zukommt als den beiden Gruppen XI und XII mit natürlichen Sequenzen.

Ein Teil dieser Ergebnisse ist für uns keineswegs befremdend, sondern ergibt sich auf Grund unserer Ausführungen über die natürlichen Sequenzen in Komplexen von selbst. Ebenso wie die natürlichen Sequenzen in Komplexen keine echten natürlichen Sequenzen sind (s. S. 355 f.), sind auch die rückläufigen Sequenzen in Komplexen keine eigentlichen rückläufigen Sequenzen. Wie die ersteren vielfach gar nicht als natürliche Sequenzen sondern vielmehr als rückläufige vorgespochen werden (s. S. 355), so werden die letzteren manchmal als (nicht echte) natürliche Sequenzen vorgespochen. Es ist also nicht zu erwarten, daß die Komplexe mit rückläufigen Sequenzen wesentlich andere Fehlerzahlen ergeben als die mit natürlichen Sequenzen. Dies steht allerdings mit dem unter 3. angeführten Moment in Widerspruch und wir vermögen für diese eigentümliche Tatsache keine zureichende Erklärung zu geben.

Da die rückläufige Sequenz beim Vorsprechen gar nicht rein zum Ausdruck kommt, ist es jedoch nicht weiter verwunderlich, daß die Reihen mit zwei rückläufigen Sequenzen (Gruppe XIV) im Durchschnitt dieselbe Fehlerzahl aufweisen wie die Reihen mit bloß einer rückläufigen Sequenz (Gruppe XIII).

Daß aber die Komplexe mit rückläufigen Sequenzen mehr Fehler aufweisen als die Komplexe ohne gleiche Elemente und natürliche und rückläufige Sequenzen, ist eine Tatsache, die sich — ebenso wie die analoge bei Besprechung der Komplexe mit natürlichen Sequenzen hervorgehobene — m. E. nicht auf Grund dieses Versuchsmaterials erklären läßt.

Auf Grund dieser Ausführungen werden wir auch nicht annehmen dürfen, daß die Elemente der rückläufigen Sequenzen durchschnittlich häufiger verfehlt werden als die übrigen Elemente derselben Reihen. Tatsächlich zeigt denn auch die nachfolgende Tabelle 17 (S. 362), daß in der Gruppe XIII (eine rückläufige Sequenz) die Fehlerquote der Sequenzelemente nahezu mit der der übrigen Elemente zusammenfällt, während in der Gruppe XIV die zwei rückläufigen Sequenzen sogar noch seltener verfehlt werden als die übrigen Elemente derselben Reihe.

Tabelle 17.

Gruppe	Anzahl der in rückläufigen Sequenzen vorkommenden Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein Element der rückläufigen Sequenz wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt	Anzahl der nicht in rückläufigen Sequenzen vorkommenden Elemente	Anzahl der auf sie entfallenden Fehler	Ein solches Element wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
XIII	84	97	0,039 mal	210	261	0,042 mal
XIV	168	167	0,034 „	126	187	0,051 „

In welcher Weise die Verfehlung der rückläufigen Sequenzen in den isolierten Reihen mit ihrem Auftreten an den sieben verschiedenen Stellen der Reihe zusammenhängt, zeigt die folgende Tabelle 18.

Tabelle 18.

An den Stellen	kommen in den isolierten Reihen (Gruppen VI und VII) rückläufige Sequenzen vor	und diese weisen folgende Fehlerzahl auf	Eine rückläufige Sequenz wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
I.—II.	41 mal	43	0,036 mal
II.—III.	24 „	55	0,079 „
III.—IV.	6 „	30	0,172 „
IV.—V.	18 „	150	0,285 „
V.—VI.	15 „	117	0,268 „
VI.—VII.	22 „	140	0,219 „

Würde man aus den Durchschnittswerten der Tabelle wiederum eine Kurve konstruieren, deren Abszissen die Stellenpaare I.—II., II.—III. usw. bilden, so böte die Kurve nahezu dasselbe Bild wie die in Figur 1 ausgezogene Kurve, die sich auf die Durchschnittsfehlerquote der Einzelemente in den isolierten Reihen bezieht. Dasselbe gilt auch für die Kurven, die man einzeln für die Gruppen VI und VII konstruiert (und deren Zahlenwerte hier nicht angegeben werden). Je näher also die rückläufige Sequenz von der ersten und zweiten Stelle der V. und VI. kommt, desto häufiger wird sie verfehlt. Und erst an den letzten beiden Stellen nimmt die Fehlerhäufigkeit wieder ab.

Auch die Verteilung der Fehler in Komplexen mit rückläufigen Sequenzen stimmt, wie man sich aus der folgenden Tabelle 19 (S. 363)

überzeugen kann, mit der in Tabelle 14 angegebenen Verteilung der Fehlerhäufigkeiten in Komplexen mit natürlichen Sequenzen ziemlich gut überein. Nur liegt hier das Maximum der Fehlerzahl an den Stellen IV.—V., während es dort bei V.—VI. liegt.

Tabelle 19.

An den Stellen	kommen in den Komplexen (Gruppen XIII und XIV) rückläufige Sequenzen vor	und diese weisen folgende Fehlerzahl auf	Eine rückläufige Sequenz wird von einer Versuchsperson durchschnittlich verfehlt
I.—II.	37 mal	41	0,038 mal
II.—III.	16 „	28	0,060 „
III.—IV.	13 „	21	0,055 „
IV.—V.	17 „	56	0,113 „
V.—VI.	7 „	22	0,108 „
VI.—VII.	36 „	96	0,091 „

Völlig gleichsinnigen Verlauf zeigen die Kurven, die man einerseits aus den Durchschnittswerten der vorstehenden Tabelle 19, andererseits aus den Summen je zweier aufeinanderfolgender Durchschnittswerte der einzelnen Stellen bei den Komplexen in Tabelle 6 konstruieren kann und die in folgender Tabelle 20 zusammengestellt sind. Tabelle 20 ist analog Tabelle 15 angelegt.

Tabelle 20.

Stellenpaar		I.—II.	II.—III.	III.—IV.	IV.—V.	V.—VI.	VI.—VII.
Durchschnittliche Fehlerzahl aus	Tabelle 6	0,043	0,069	0,056	0,134	0,121	0,080
	Tabelle 19	0,038	0,060	0,055	0,113	0,108	0,091

Im folgenden untersuchen wir auch noch die Frage, ob die Fehler, die in isolierten Reihen und in Komplexen mit natürlichen und rückläufigen Sequenzen vorkommen, diese Reihen und Komplexe ihrer natürlichen und rückläufigen Sequenzen berauben oder ob in ihnen an die Stelle der verfehlten Sequenzen andere treten. Die folgenden Tabellen 21 und 22 (S. 364) sind das zahlenmäßige Ergebnis dieser Untersuchung, in der festgestellt wurde, wie viele der auf die Elemente der natürlichen und rückläufigen Sequenzen, sowie auf die andern Elemente

entfallenden Fehler in den Gruppen IV, V, VI, VII bzw. XI, XII, XIII und XIV dadurch verursacht wurden, daß anstatt der vorgesprochenen natürlichen und rückläufigen Sequenzen andere natürliche und rückläufige gesetzt, bzw. an Stelle anderer Zahlfolgen fälschlich natürliche und rückläufige Sequenzen geschrieben wurden.

Tabelle 21.

In der Gruppe	entfallen auf die natürlichen Sequenzen Fehler	Davon sind Vertauschungen durch		entfallen auf die anderen Elemente der Gruppe Fehler	Davon sind falsche	
		andere natürliche Sequenzen	rückläufige Sequenzen		natürliche Sequenzen	rückläufige Sequenzen
IV	140	13 = 9,28 %	52 = 37,14 %	393	72 = 18,34 %	61 = 16,03 %
V	303	25 = 8,25 %	117 = 38,61 %	208	29 = 13,94 %	27 = 12,98 %
XI	101	10 = 9,90 %	31 = 30,69 %	275	23 = 8,36 %	30 = 10,90 %
XII	209	18 = 8,61 %	71 = 33,97 %	168	17 = 10,11 %	13 = 7,73 %

Tabelle 22.

In der Gruppe	entfallen auf die rückläufigen Sequenzen Fehler	Davon sind Vertauschungen durch		entfallen auf die anderen Elemente der Gruppe Fehler	Davon sind falsche	
		andere rückläufige Sequenzen	natürliche Sequenzen		natürliche Sequenzen	rückläufige Sequenzen
VI	153	9 = 5,88 %	53 = 34,64 %	492	114 = 23,17 %	56 = 11,38 %
VII	382	25 = 6,54 %	170 = 44,51 %	330	61 = 18,48 %	48 = 14,54 %
XIII	97	10 = 10,30 %	30 = 30,90 %	261	22 = 8,42 %	38 = 14,55 %
XIV	167	12 = 7,18 %	43 = 25,74 %	187	23 = 12,29 %	23 = 12,29 %

Aus Tabelle 21 sieht man, daß von den auf die natürlichen Sequenzen in den Gruppen IV, V, XI und XII entfallenden Fehlern tatsächlich ein Teil, der sich zwischen 8,25% und 9,90% bewegt, dadurch begangen wurde, daß an Stelle der verlangten natürlichen Sequenz eine andere natürliche Sequenz geschrieben wurde. Zugleich aber bemerkt man, daß ein weit höherer Prozentsatz von Fehlern der Tendenz, anstatt der natürlichen Sequenz eine rückläufige zu setzen, zuzuschreiben ist. Eher umgekehrt liegen die Verhältnisse bei den Fehlern, die auf die andern Elemente in diesen Gruppen entfallen. Hier ist die Tendenz, eine natürliche Sequenz zu schreiben, in allen

Gruppen ziemlich gleich stark oder im allgemeinen sogar ein wenig stärker als die entgegengesetzte Tendenz.

Die umgekehrte Tendenz: das Bestreben, eine natürliche Sequenz anstatt einer rückläufigen zu setzen, kommt in den Gruppen VI, VII, XIII und XIV zum Ausdruck, die in ihren Reihen eine bzw. zwei rückläufige Sequenzen enthalten. Tabelle 22 zeigt, daß von den auf die Elemente der rückläufigen Sequenzen entfallenden Fehlern in den genannten Gruppen ebenfalls ein Teil, der sich in den Grenzen 5,88% bis 10,30% bewegt, dadurch verursacht wurde, daß für die rückläufige Sequenz, eine andere geschrieben wurde, daß aber ein erheblich höherer Prozentsatz — zwischen 25,74% und 44,51% — von diesen Fehlern dadurch bedingt ist, daß an Stelle der rückläufigen Sequenz eine natürliche Sequenz erscheint. Auch von den Fehlern, welche auf die anderen (Nichtsequenzen-) Elemente der Reihen in den Gruppen VI und VII kommen, ist ein höherer Prozentsatz der Tendenz, eine natürliche Sequenz zu setzen, zuzuschreiben als dem Bestreben, eine rückläufige Sequenz zu setzen.

Die Tabellen 21 und 22 zeigen also, daß dort, wo eine natürliche oder rückläufige Sequenz verfehlt wird, in etwa einem Drittel der Fälle an ihrer Stelle eine gegensinnige Sequenz (eine rückläufige statt einer natürlichen und eine natürliche statt einer rückläufigen) auftaucht. Wesentlich seltener tritt an die Stelle der vorgedachten Sequenz eine andere gleichsinnige (also eine andere natürliche oder eine andere rückläufige). Aber auch die anderen Elemente der Reihen und Komplexe mit natürlichen und rückläufigen Sequenzen zeigen häufig Fehler, welche die Reihen und Komplexe um eine neue natürliche oder rückläufige Sequenz bereichern. Unter allen Fehlern, die auf diese anderen Elemente fallen, führen in den verschiedenen Gruppen ein Fünftel bis ein Drittel zu einer solchen Neubildung von Sequenzen, wobei die Neubildung von natürlichen Sequenzen im allgemeinen wohl ein wenig gegenüber der von rückläufigen Sequenzen bevorzugt ist.

§ 10. ZUSAMMENFASSUNG.

Wir fassen die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Arbeit kurz in folgende Sätze zusammen:

1. Die Fehler, die man in vorgedachten und schriftlich reproduzierten isolierten Zahlenreihen und Zahlkomplexen feststellen kann, sind Fälschungen, Umstellungen, Auslassungen und Zusätze.

2. Die isolierten Zahlenreihen weisen wesentlich mehr Fehler auf als die Zahlkomplexe.

3. Eine Gesetzmäßigkeit von der Art, daß einzelne Ziffern der Reihe von 0 bis 9 häufiger beim Reproduzieren verfehlt werden als andere, läßt sich nicht mit Sicherheit feststellen.

4. Die Fehlerhäufigkeit nimmt in den siebenstelligen isolierten Zahlenreihen mit steigender Stellenzahl zu, erreicht an der sechsten Stelle ihr Maximum und nimmt an der siebten Stelle wieder stark ab.

5. In den Zahlkomplexen weisen die beim Sprechen am stärksten betonten Stellen die geringsten Fehlerzahlen auf. Auf die erste und sechste Stelle entfallen am wenigsten, auf die fünfte Stelle die meisten Fehler.

6. Isolierte Zahlenreihen mit zwei gleichen Elementen weisen mehr Fehler auf als die Normalreihen, isolierte Zahlenreihen mit drei gleichen Elementen eine noch höhere durchschnittliche Fehlerzahl als Reihen mit zwei gleichen Elementen.

7. In den Zahlkomplexen mit zwei gleichen Elementen finden sich weniger, in solchen mit drei gleichen Elementen mehr Fehler als in den Normalreihen (Komplexen ohne gleiche Elemente).

8. Isolierte Zahlenreihen mit einer natürlichen Sequenz (z. B. 3—4, 7—8) werden seltener verfälscht als Normalreihen, solche mit zwei natürlichen Sequenzen noch seltener als solche mit einer natürlichen Sequenz.

9. Komplexe mit einer und zwei natürlichen Sequenzen werden — im Gegensatz zu den analogen isolierten Reihen — häufiger verfehlt als die Normalkomplexe. Die Fehlerhäufigkeit ist in Komplexen mit einer natürlichen Sequenz ungefähr die gleiche wie in den Komplexen mit zwei natürlichen Sequenzen.

10. Isolierte Reihen mit einer rückläufigen Sequenz (z. B. 4—3, 8—7) weisen mehr Fehler auf als die Normalreihen und demgemäß auch mehr Fehler als die Reihen mit natürlichen Sequenzen. In den isolierten Zahlenreihen mit zwei rückläufigen Sequenzen ist die Fehlerzahl noch größer als in denjenigen mit einer rückläufigen Sequenz.

11. Zahlkomplexe mit einer rückläufigen Sequenz und mit zwei rückläufigen Sequenzen weisen fast die gleiche Fehlerzahl auf. Diese ist niedriger als die der Zahlkomplexe mit natürlichen Sequenzen und höher als die Fehlerzahl der Normalreihen.

12. Die Fehler, die auf gleiche Elemente und die einzelnen Glieder der natürlichen und rückläufigen Sequenzen in isolierten Reihen fallen, ordnen sich nach ihrer Häufigkeit an den einzelnen Stellen der sieben-

stelligen Reihe in eine Kurve, die ungefähr denselben Verlauf zeigt wie die oben unter 4 beschriebene Kurve der gesamten Fehlerhäufigkeit.

13. Bei den in Zahlkomplexen auf die Glieder der natürlichen und rückläufigen Sequenzen fallenden Fehlern zeigt sich eine ähnliche Abhängigkeit von der Stellenzahl in dem siebenstelligen Komplex wie bei der gesamten Fehlerhäufigkeit (siehe 5). Die Fehler, die auf gleiche Elemente in Komplexen fallen, weichen jedoch in ihrer Häufigkeit von dieser Kurve der gesamten Fehlerhäufigkeit ab.

14. Es kommt in den Reihen mit natürlichen Sequenzen (isolierten Reihen und Komplexen) viel häufiger vor, daß an Stelle einer vorgeschprochenen natürlichen Sequenz fälschlich eine rückläufige Sequenz geschrieben wird, als daß an Stelle der vorgeschprochenen natürlichen Sequenz eine andere natürliche Sequenz geschrieben wird. Analog kommt es in den Reihen mit rückläufigen Sequenzen häufiger vor, daß an Stelle der vorgeschprochenen rückläufigen Sequenz eine natürliche Sequenz fälschlich geschrieben wird als eine andere rückläufige Sequenz.



