

Neue Versuche über den Zeitsinn.

Von

Volkmar Estel.

Die von J. Kollert¹⁾ im Jahre 1880 angestellten Versuche über den Zeitsinn, welche zur Richtigestellung und Ergänzung der Vierordt'schen Resultate²⁾ dienen sollten, erstreckten sich aus verschiedenen Ursachen leider nur auf die Intervalle von 0,4 bis 1,5 Sekunden Dauer; es erschien aber wünschenswerth, nach derselben Methode und unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen den mittleren Schätzungsfehler auch für Intervalle von längerer Dauer festzustellen. Auf Wunsch und unter Leitung des Herrn Professor Wundt unternahm daher der Verfasser diese Weiterführung in den Jahren 1881 und 1882; die Methode und die Resultate dieser Versuche sollen im folgenden mitgetheilt werden. Die Versuche selbst zerfallen in zwei große Gruppen, die sich durch etwas veränderte Anordnung und andere Beobachter unterscheiden, und deren Resultate getrennt gegeben werden sollen, da eine unmittelbare Zusammenstellung derselben unausführbar erschien. Was unsere Beobachtungen zur Entscheidung der Frage beitragen, ob das psychophysische Grundgesetz für den Zeitsinn Geltung hat, soll zum Schlusse gesondert zusammengestellt werden.

¹⁾ Untersuchungen über den Zeitsinn. Philos. Studien, I, 1, S. 78 ff.

²⁾ Der Zeitsinn nach Versuchen von K. Vierordt, Tübingen 1868.

1. Versuche mit drei Intervallen.

Da die von Kollert benutzten Metronome größere Zeiten als 1,5 Sekunden nicht schlugen, machte sich die Herstellung neuer Apparate nothwendig. Die letzteren bestanden in der Hauptsache aus einem senkrecht stehenden Kymographion *K* (Fig. 1) und einer Anzahl kleinerer Apparate $e_1 e_2 \dots$ (Fig. 1 u. 2), die auf einem unter-

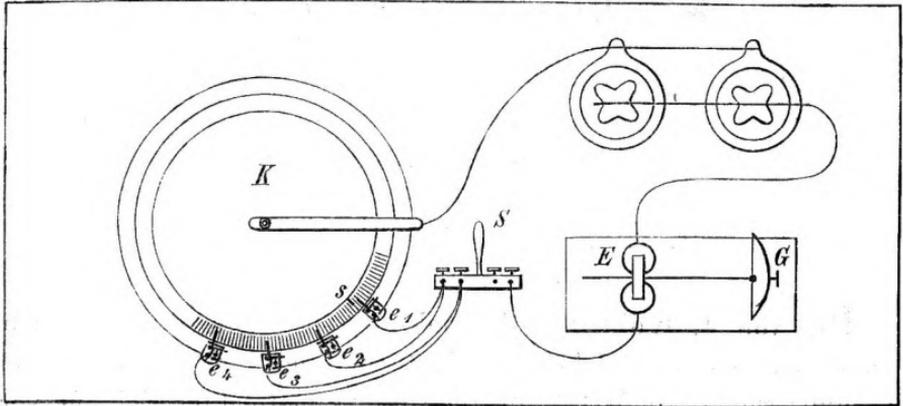


Fig. 1.

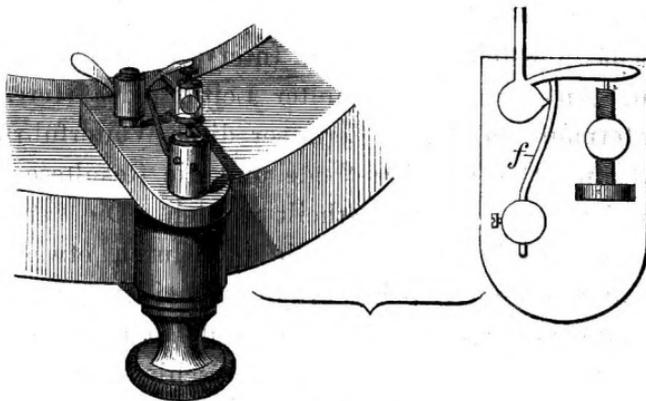


Fig. 2. ..

halb der Trommel des Kymographions angebrachten, in 360 Grade getheilten Kreise beliebig befestigt werden konnten. Der Strom von zwei, zu einem einzigen vereinigten Daniellschen Elementen ging zunächst um einen Elektromagneten *E*, dessen Anker beim Schlusse

des Stromes eine Glocke G zum Tönen brachte, und dann in einen Schlüssel S ; hier theilte sich der Strom in vier Zweige, die zu den vier kleinen Apparaten $e_1 e_2 e_3 e_4$ führten. Der andere Pol des Doppellelementes war mit der Trommel des Kymographions verbunden. Wurde nun die letztere durch ein Laufgewicht in Umdrehung versetzt, so wurde in dem Augenblicke, wo ein an der Trommel befestigter Stift s den Hebel eines der vier kleinen Apparate e berührte, der Strom geschlossen; die Glocke G ertönte aber nur kurz, denn sofort nach der Berührung des Hebels warf die Feder f den letzteren bei Seite, so dass der Strom unterbrochen und erst bei der Berührung des nächsten Apparates wieder momentan geschlossen wurde. Das Uhrwerk wurde mittelst der mit demselben verbundenen Windflügel meist so regulirt, dass die Umdrehungszeit nahezu 36 Sekunden betrug; dann entsprach der Bewegung der Trommel um einen Grad des Theilkreises eine Zeit von 0,1 Sekunden; ein Abstand von je $10n$ Graden zwischen den Hebeln der vier Apparate e brachte daher drei Intervalle von je n Sekunden Dauer hervor. Während einer Versuchsreihe blieben die ersten drei Apparate unverrückt stehen, nur der vierte wurde um ganze oder halbe Grade entfernt oder genähert. Das von den Apparaten e_1 und e_2 angegebene Intervall war die unveränderte Hauptzeit t ; zwischen e_2 und e_3 lag die ebenfalls unveränderliche und der Hauptzeit gleiche Zwischenzeit δ ; e_3 und e_4 endlich bestimmten die veränderliche Vergleichszeit t' .

Die Versuche wurden nach der Methode der Minimaländerungen angestellt, welche neuerdings erst von Herrn Prof. Wundt so eingehend begründet worden ist¹⁾, dass ich mich hier mit einer Andeutung des Verfahrens begnügen kann. Dasselbe war folgendes. Der den Apparat Bedienende stellte die vier kleinen Apparate $e_1 \dots e_4$ zunächst so, dass $t = \delta = t'$ war, und setzte die Trommel in Bewegung. Hatte der Stift s alle vier Hebel passirt, so wurden dieselben zurückgestellt und, während die Trommel sich weiter bewegte, die Stellung von e_4 verändert; über die Richtung der Ver-

¹⁾ Ueber die Methode der Minimaländerungen. Philosophische Studien, I, 4, S. 556 ff. Vergl. hierzu auch Fechner, Revision der Hauptpunkte der Psychophysik, S. 127—130.

änderung (ob $t' > t$ oder $< t$ gemacht werde) wurden die Beobachter in Kenntniss gesetzt. Mit der Veränderung von t' (also etwa mit der Verkleinerung) wurde so lange fortgefahren, bis allen Beobachtern die Vergleichszeit t' deutlich kleiner erschien als die Hauptzeit t . Dann wurde die Richtung der Veränderung gewechselt und e_4 so lange von e_3 gradweise entfernt, bis die Vergrößerung von t' gegen t allen deutlich war; von da an wurde t' wieder verkleinert, bis $t' = t$ erschien. Damit war eine Versuchsreihe beendet, und ich notirte mir, bei welchen Werthen von t' dies einem jeden Beobachter der Hauptzeit gegenüber eben kleiner (t'_u), eben wieder gleich (t''_u), eben größer (t'_o) und eben wieder gleich (t''_o) erschienen war. Aus diesen Größen wurden die Mittel

$$t_u = \frac{t'_u + t''_u}{2}, \quad t_o = \frac{t'_o + t''_o}{2}$$

gebildet; die Zeiten

$$t_o - t = d_o \quad t_u - t = d_u$$

sind die Zuwüchse, welche man t ertheilen muss, damit dies dem betreffenden Beobachter eben merklich größer resp. kleiner erscheine. Aus den Werthen t_o und t_u erhält man wieder als Mittel diejenige Zeit

$$T = \frac{t_o + t_u}{2},$$

welche in unserm Bewusstsein der Hauptzeit t entspricht, und demnach

$$A = T - t$$

als mittleren Schätzungsfehler oder Schätzungsdifferenz.

Bei der Berechnung der Versuche ergab sich ebenso wie bei den Kollert'schen, dass ein geringer Theil derselben von den andern Versuchen abweicht. Die Vertheilung dieser Versuche, welche Kollert anomale nannte, erhellt aus folgender Tabelle I.

Tab. I.

Hauptzeit t	1.80	2.00	2.70	2.75	2.85	3.00	3.70	4.00	5.50	6.00	8.00	Summa
Anzahl d. Normalvers.	8	6	2	7	2	8	8	6	3	13	6	69
Anz. d. anom. Vers.	5	9	—	—	—	3	2	4	—	3	1	27
Gesamtanzahl d. Vers.	13	15	2	7	2	11	10	10	3	16	7	96

Es zeigt sich also auch hier, dass die verhältnissmäßig kleinsten Hauptzeiten die größte Anzahl anomaler Versuche liefern; die Gesamtzahl der letzteren bildet einen größern Bruchtheil aller Versuche, als es bei Kollert der Fall war.

Die größere Anzahl der folgenden Versuche wurde im Sommer-Semester 1881 angestellt und nahm an denselben regelmäßig nur Herr Wendel (*We.*) Theil; weniger regelmäßig beteiligten sich Herr Professor Wundt (*W.*) und Herr Dr. Schmerler (*S.*). Als ich die Versuche im Winter-Semester 1881/82 wieder aufnahm, stellten sich mir die Herren Professor Wundt, Dr. Trautscholdt (*Tr.*) und Dr. Papperitz (*P.*) als Beobachter freundlichst zur Verfügung.

a) Normalversuche.

Die nachfolgenden Tabellen geben zunächst die Resultate der Normalversuche für die einzelnen Beobachter in den Mittelwerthen aus mehreren einzelnen Versuchen; die Bezeichnungen t , d_o , d_u sind bereits erklärt; n bezeichnet die Anzahl der Versuche, $\delta \Delta$ die Abweichung des persönlichen Mittels vom allgemeinen Mittel Δ_m (Tabelle VIII.)

Tab. II.

S.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n	$\delta \Delta$
1.80	0.0458	0.2178	0.0860	2	— 0.0019
2.75	0.0803	0.4814	0.2006	2	+ 0.0241
3.70	0.0688	0.5731	0.2522	2	+ 0.0117
5.50	0.1834	0.6878	0.2522	1	— 0.1605
6.00	0.1000	0.8000	0.3500	1	— 0.0638
8.00	0.2000	1.3500	0.5750	1	— 0.0238

9

Tab. III.

W.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n	$\delta \Delta$
1.80	0.0458	0.2522	0.1032	1	+ 0.0153
2.70	0.1554	0.3996	0.1221	1	+ 0.0111
2.75	0.1261	0.4814	0.1777	2	+ 0.0022
3.70	0.2292	0.6867	0.2288	1	— 0.0117
5.50	— 0.0459	1.0546	0.5503	1	+ 0.1376
6.00	0.0889	0.9682	0.4396	3	+ 0.0258

9

Tab. IV.

We.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n	$\delta \Delta$
1.80	0.0000	0.2063	0.1032	1	+ 0.0153
2.00	0.1500	0.3000	0.0750	1	- 0.0042
2.75	0.0344	0.3009	0.1333	2	- 0.0422
2.85	0.1652	0.4953	0.1651	1	- 0.0478
3.00	0.1000	0.4500	0.1750	1	- 0.0437
3.70	0.1528	0.5957	0.2214	3	- 0.0191
6.00	0.2278	1.0682	0.4202	3	+ 0.0064
8.00	0.2050	1.5993	0.6972	3	+ 0.0984

15

Tab. V.

E.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n	$\delta \Delta$
1.80	0.0500	0.3000	0.1250	1	+ 0.0371
2.00	0.1500	0.2500	0.0500	1	- 0.0292
2.70	0.1110	0.3108	0.0999	1	- 0.0111
2.75	0.0458	0.4585	0.2064	1	+ 0.0309
2.85	0.0472	0.5684	0.2606	1	+ 0.0477
3.00	0.0833	0.5166	0.2166	3	- 0.0021
3.70	0.1375	0.6643	0.2634	2	+ 0.0229
4.00	0.2000	0.4500	0.1250	1	- 0.1458
5.50	0.0459	0.9170	0.4356	1	+ 0.0229
6.00	0.0531	0.8909	0.4189	4	+ 0.0051
8.00	0.2000	1.0750	0.4375	2	- 0.1613

18

Tab. VI.

Tr.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n	$\delta \Delta$
2.00	0.0250	0.2250	0.1000	2	+ 0.0208
3.00	0.0750	0.5500	0.2375	2	+ 0.0188
4.00	0.1170	0.7000	0.2916	3	+ 0.0208
6.00	0.1000	0.8750	0.3875	2	- 0.0263

9

Tab. VII.

P.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n	$\delta \Delta$
1.80	0.1333	0.2666	0.0666	3	- 0.0213
2.00	0.1250	0.2750	0.0750	2	- 0.0042
3.00	0.0750	0.5250	0.2250	2	+ 0.0063
4.00	0.0500	0.6750	0.3125	2	+ 0.0417

9

Diejenigen Abweichungen $\delta \mathcal{A}$ vom Mittelwerthe \mathcal{A}_m , welche größer als 0'1 sind, kommen nur bei solchen Zeiten vor, für welche von dem betreffenden Beobachter nur sehr wenige Versuche vorliegen; eine größere Anzahl der letzteren würde voraussichtlich diese allzugroßen Werthe von $\delta \mathcal{A}$ vermindern.

Aus den vorstehenden persönlichen Mitteln ergeben sich mit Berücksichtigung der Anzahl der Versuche, aus denen jene erhalten wurden, die in Tabelle VIII angeführten d_{o_m} d_{u_m} \mathcal{A}_m .

Tab. VIII.

t	$d_{o_m} +$	$d_{u_m} -$	$\mathcal{A}_m -$
1.80	0.0734	0.2492	0.0879
2.00	0.1000	0.2583	0.0792
2.70	0.1332	0.3552	0.1110
2.75	0.0753	0.4263	0.1755
2.85	0.1062	0.5319	0.2129
3.00	0.0813	0.5188	0.2187
3.70	0.1375	0.6186	0.2405
4.00	0.1083	0.6500	0.2708
5.50	0.0611	0.8865	0.4127
6.00	0.1125	0.9402	0.4138
8.00	0.2164	1.4140	0.5988

Diese Resultate sind nun mit den Kollert'schen zunächst nicht vergleichbar; denn die vorliegenden Versuche sind an andern Personen angestellt, und außerdem sind die Versuchsbedingungen selbst insofern verschieden, als bei jenen die Intervalle durch den kurzen, klanglosen Schlag der Metronome, bei den vorliegenden dagegen durch den oft lange nachklingenden Ton der Glocke begrenzt wurden. Allein beide Versuchsreihen zeigen, dass die individuellen Schwankungen im Ganzen nicht allzugroß sind und mit zunehmender Zahl der Versuche sich immer mehr verringern; da nun die Herren Professor Wundt und Dr. Schmerler, die an beiderlei Versuchen theilnahmen, bei den vorliegenden nicht größere Abweichungen vom allgemeinen Mittel zeigen als bei den Kollert'schen Versuchen, so ist anzunehmen, dass auch die andern oben angegebenen Beobachter für die kleineren Zeiten von 0,4 bis 1,5 Sekunden Dauer ähnliche Werthe von \mathcal{A} , wie die von Kollert gefundenen, geliefert haben würden. Es dürfte daher die Verschiedenheit der Beobachter nicht als Hinderniss erscheinen, die vorliegenden

Resultate mit den Kollert'schen zusammenzustellen. Dagegen war nach Vierordt's, durch Beobachtungen allerdings nicht belegter Ansicht ¹⁾ zu erwarten, dass die Verschiedenheit der benutzten Gehörseindrücke auch eine Verschiedenheit des mittleren Schätzungsfehlers bedingen würde. Um hierüber Klarheit zu erlangen, wurden mit zwei Beobachtern (*E.* und *P.*) je zwei Versuche mit einer und derselben, im übrigen variirenden Zeit in der Art ausgeführt, dass das eine mal die Glocke frei tönte, während beim zweiten Versuche ihr Rand so mit Wachs beschwert wurde, dass das Nachklingen ganz wegfiel und der erzeugte Ton dem Schläge der Metronome ganz ähnlich war. Das Ergebniss dieser Versuche war, dass gegen die Erwartung die Verkürzungen in beiden Fällen gleich groß ausfielen, so dass ein störender Einfluss der veränderten Versuchsbedingungen auch in dieser Richtung nicht nachgewiesen werden konnte. Sonach halte ich es für berechtigt, die vorliegenden Resultate mit den Kollert'schen in directe Verbindung zu bringen.

Um jedoch eine Curve des mittleren Schätzungsfehlers construiren zu können, wurde es nöthig, den Werth von Δ für die Zeit 1,5 Secunden noch einmal zu bestimmen, da in den Kollert'schen Versuchen diese Zeit nicht genau hergestellt worden war. Es wurden deshalb die beiden Metronome nochmals genau graduirt und 10 Versuche angestellt, die im Mittel die Werthe

Tab. IX.

t	d_o	d_u	Δ
1.50	+ 0.0610	— 0.2455	— 0.0922

lieferten.

Trägt man nun die von Kollert angegebenen Werthe von Δ , ausgenommen den für $t = 1''5$, wofür der in Tabelle IX angeführte zu setzen ist, und die in Tabelle VIII zusammengestellten Werthe der Δ_m als Ordinaten in ein System ein, dessen Abscissen die Zeiten t darstellen, und nimmt man der Deutlichkeit halber die Einheit der Ordinaten zehnmal so groß als die der Abscissen, so erhält man die

¹⁾ a. a. O. S. 32.

Curve Fig. 3, in der die beobachteten Werthe durch Kreuzung gekennzeichnet sind. Die Form derselben hat zunächst etwas befremdendes, man erwartet, dass die von Kollert a. a. O. Seite 84 gegebene Curve in eine gerade Linie übergehen werde, wofür schon eins der Vierordt'schen Resultate spricht¹⁾, welches als Curve des mittleren Schätzungsfehlers in Procenten der Hauptzeit eine Gerade ergibt, die im Indifferenzpunkte die Abscissenachse schneidet. Allein Vierordt stützt sich dabei auf eine Versuchsreihe, die eine verhältnissmäßig geringe Anzahl von Einzelversuchen enthält, während die auf sehr zahlreiche Versuche gegründete Tabelle *H* auf

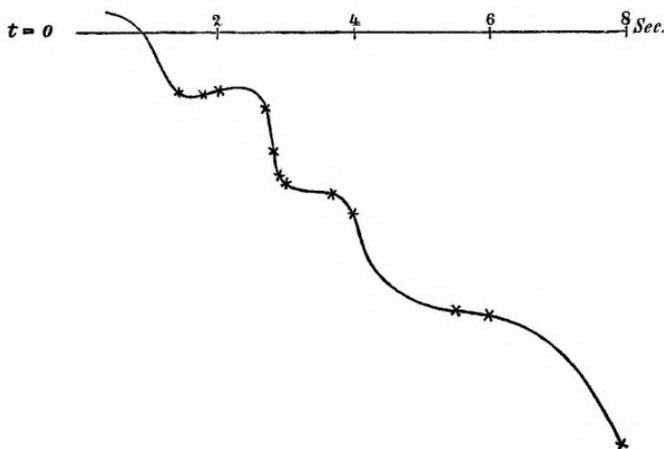


Fig. 3.

Seite 52 einen Verlauf des mittleren rohen Fehlers in Procenten der Hauptzeit zeigt, der dem von \mathcal{A} in Figur 3 etwa entspricht. Außerdem ist es klar, dass die Kollert'sche Curve in ihrer Steilheit und nach dem aufgestellten Gesetze nicht weiter verlaufen kann, da sonst bei einer Hauptzeit von 5 bis 6 Secunden der mittlere Schätzungsfehler bereits größer als t selbst würde, was selbstverständlich unmöglich ist; es müsste also diese Curve einen Wendepunkt, wenn nicht gar eine Spitze erhalten. Aber dabei würde es nicht einmal sein Bewenden haben, da \mathcal{A}_m für $t = 2''00$ kleiner ist als für $t = 1''80$ und $1''50$; die Curve des mittleren Schätzungsfehlers erhält also mindestens einen Bogen, und dann ist es wahrschein-

¹⁾ a. a. O. S. 114.

licher, dass sich an denselben mehrere andere flacher werdende anschließen, als dass nach jenem Bogen die Curve sofort in eine Gerade übergeht. Bemerkenswerth ist übrigens die außerordentlich genaue Symmetrie, die die Curve innerhalb der Zeiten $t = 0^{\text{s}}4$ bis $t = 4^{\text{s}}00$ gegen eine Gerade zeigt, die die Curve ungefähr bei $t = 2^{\text{s}}5$ und die Abscissenachse bei etwa $t = 3^{\text{s}}3$ schneidet.

b) Die anomalen Versuche.

Für die Größen d_o , d_u , Δ und $\delta\Delta$ ergeben sich folgende Werthe:

Tab. X.

Beob.	t	$d_o +$	$d_u -$	Δ	n	$\delta\Delta$
<i>We.</i>	6.00	0.2910	0.5160	- 0.1125	1	- 0.0252
<i>Tr.</i>	1.80	0.1500	0.1500	0.0000	1	- 0.0121
	2.00	0.2166	0.2000	+ 0.0083	3	+ 0.0108
	3.00	0.2000	0.2500	- 0.0250	1	- 0.0250
<i>S.</i>	3.70	0.1376	0.3209	- 0.0916	1	+ 0.0114
	2.00	0.1500	0.1750	- 0.0125	2	+ 0.0100
<i>P.</i>	3.00	0.2500	0.4000	- 0.0750	1	+ 0.0250
	4.00	0.4500	0.5500	- 0.0500	1	+ 0.0062
	1.80	0.1469	0.1834	- 0.0182	4	+ 0.0061
<i>E.</i>	2.00	0.2000	0.2000	0.0000	4	- 0.0025
	3.00	0.2000	0.3000	- 0.0500	1	0.0000
	3.70	0.2293	0.3668	- 0.0688	1	- 0.0114
	4.00	0.2666	0.3500	- 0.0417	3	- 0.0021
	6.00	0.1860	0.4865	- 0.1503	2	+ 0.0126
	8.00	0.0430	0.5590	- 0.2580	1	0.0000

und aus diesen die folgende Mittelwerthe d_{om} , d_{um} , Δ_m :

Tab. XI.

t	d_{om}	d_{um}	Δ_m
1.80	+ 0.1646	- 0.1889	- 0.0121
2.00	+ 0.1900	- 0.1950	- 0.0025
3.00	+ 0.2170	- 0.3170	- 0.0500
3.70	+ 0.1834	- 0.3438	- 0.0802
4.00	+ 0.3125	- 0.4000	- 0.0438
6.00	+ 0.2210	- 0.4963	- 0.1377
8.00	+ 0.0430	- 0.5590	- 0.2580

Der Verlauf von Δ_m lässt sich in gleicher Weise wie bei den Normalversuchen versinnlichen und gibt die Curve Figur 4, die mit

Fig. 3 im Großen und Ganzen übereinstimmt, aber ohne dass sich daraus auf einen Grund der anomalen Versuche schließen ließe.

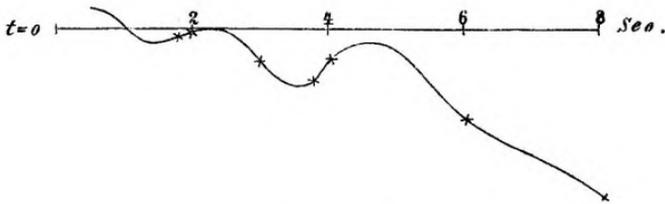


Fig. 4.

Es erübrigt noch, einige Beobachtungen mitzutheilen, die bei den Versuchen gemacht wurden.

Wie schon auf Seite 40 angegeben, bestand das Verfahren bei unsern Versuchen darin, dass von einer Vergleichszeit $t' = t$ ausgegangen und t' so lange verändert wurde, bis der Unterschied deutlich merkbar war; darauf wurde dieser deutlich merkbare Unterschied $t' - t$ so lange verringert, bis er eben unmerklich war. Dies liefert zwei Unterschiedsschwellenwerthe, d. h. zwei Werthe für denjenigen Unterschied $t' - t$, welcher eben merklich wird. Man könnte nun von vorn herein annehmen, dass diese beiden Werthe gleich sind oder dass, falls sie verschieden sein sollten, ihre Verschiedenheit innerhalb der Schwankungen des Urtheils liege; wäre diese Annahme berechtigt, so würde die eingeschlagene Methode nur unnöthig Zeit und Aufmerksamkeit zur Bestimmung des zweiten Unterschiedsschwellenwerthes in Anspruch nehmen. Allein unsere Versuche zeigen, dass dem nicht so ist. Es war nämlich der auf dem ersten Wege, d. h. durch Vergrößerung der Differenz $t' - t$ von Null an gewonnene Unterschiedsschwellenwerth in den weitaus meisten Fällen größer als der durch Verkleinerung von $t' - t$ erhaltene Werth. Auch Vierordt hat diese Beobachtung gemacht, wie aus Seite 23 hervorgeht: »der Punkt der Ebenmerklichkeit darf übrigens nicht ausschließlich in der Art bestimmt werden, dass man vom Nichtunterscheidbaren ausgeht, sondern man hat auch in umgekehrter Richtung zu verfahren, indem man mit leicht merklichen Unterschieden anfängt und wiederum mit der Feststellung des Ebenmerklichen endet; dieser zweite, das Urtheil offenbar mehr erleichternde Weg ergibt in der Regel etwas günstigere Werthe für die

Unterschiedsempfindlichkeit als der erstgenannte«. Dieses Beobachtungsergebnis widerspricht geradezu dem von G. E. Müller¹⁾ ausgerechneten, ist aber von vornherein zu erwarten. Denn wenn wir von einem Unterschiede $D = 0$ ausgehend D vergrößern, so schätzen wir erst mehreremal die beiden Eindrücke t und t' gleich groß und unser Bewusstsein ist gewissermaßen in einen Trägheitszustand gerathen, in welchem es geneigt ist, t' und t weiter gleich zu schätzen; diese Trägheit muss durch den Unterschied D mit überwunden werden, ehe es uns gelingt, denselben überhaupt zu bemerken, so dass der so erhaltene eben merkliche Unterschied größer ausfällt, als der wahre Unterschiedsschwellenwerth S , oder mit andern Worten, wir »schleichen uns über die Grenze S hinweg«. ²⁾ Umgekehrt besteht beim Bestimmen des eben unmerklichen Unterschieds eine Neigung des Bewusstseins, t' und t als verschieden aufzufassen auch dann noch, wenn D den Unterschiedsschwellenwerth erreicht hat oder sogar schon unter denselben gesunken ist, so dass der eben unmerkliche Unterschied kleiner als S ausfällt. Da es sich hier um kleine Differenzen handelt, können wir annehmen, dass der Betrag, um welchen der eben merkliche Unterschied größer ist als S , ungefähr gleich ist dem Betrage, um welchen S den eben unmerklichen Unterschied übersteigt, so dass wir einen annähernd genauen Werth für S erhalten werden, wenn wir aus den beiden gemessenen Werthen des eben merklichen und des eben unmerklichen Unterschieds das Mittel nehmen. Bei dieser Betrachtung ist keine Rücksicht darauf genommen worden, dass bei Zeitschätzungen der gefundene Unterschiedsschwellenwerth d_o oder d_u von dem zugehörigen Werthe von Δ abhängt und in Rücksicht auf diese Abhängigkeit berichtigt werden muss, um den wahren Unterschiedsschwellenwerth zu erhalten. Es ändert dies jedoch nichts, da wir uns die Beobachtung gerade für den Indifferenzpunkt angestellt denken können, für welchen d_o und d_u den wahren Unterschiedsschwellenwerth darstellen.

Verschiedene Beobachter, besonders aber *Tr.* beklagten sich oft darüber, dass ihnen die der Hauptzeit t gleich sein sollende Zwi-

1) Zur Grundlegung der Psychophysik, § 21.

2) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmungen, S. 43.

schenzeit δ größer als t erschiene, während beide in Wirklichkeit völlig gleich waren. Es ist diese Erscheinung leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dass die Hauptzeit t in der Reproduction verkürzt ist, die jener gleiche Zeit δ also größer erscheinen muss. Diese scheinbare Vergrößerung von δ wird bei allen denjenigen Beobachtern, die sie regelmäßig bemerkten, eine Vergrößerung des Werthes von \mathcal{A} bewirkt haben; denn die Zeit δ vereinigt sich mit der Hauptzeit t zu einer Zeit, deren scheinbarer Werth zwischen δ und t und zwar näher an δ als an t liegt; die Werthe von \mathcal{A} entsprechen daher bei jenen Beobachtern nicht der Hauptzeit t , sondern einer etwas größeren Zeit $t + dt$, werden also im allgemeinen etwas größer sein als bei den übrigen Beobachtern, was sich in der That auch aus der Vergleichung der Werthe von \mathcal{A} für $Tr.$ mit denen der andern Beobachter ergibt. Dass die übrigen Beobachter von dieser anscheinenden Vergrößerung von δ wenigstens bei kleineren Zeiten nichts bemerkten (bei etwa 4 Secunden trat sie bei allen auf), glaube ich mit Vierordt¹⁾ folgendermaßen erklären zu können. Bei einer gewissen mittleren Größe der Intervalle fassen wir eine Reihe derselben nicht gleichmäßig auf, sondern wenden unsre Aufmerksamkeit vorzugsweise den ungeraden Intervallen zu; die geraden überspringen wir und verwenden die Zeit ihres Vorübergangs zur Verarbeitung des vorher erhaltenen Eindrucks; diese geringere Aufmerksamkeit lässt die geraden Intervalle etwas kürzer erscheinen, als wenn sie mit voller Aufmerksamkeit verfolgt würden; es kann daher der Unterschied zwischen dem Intervall δ und dem ihm objectiv zwar gleichen, in der Reproduction aber verkürzten Intervall t nicht so stark hervortreten, beide scheinen gleich zu sein. Werden aber die Intervalle größer, so sind wir im stande, ein jedes einzeln aufzufassen und zu verarbeiten, so dass hier die Verlängerung von δ gegen t fast allgemein beobachtet wird. Auch durch willkürliche Spannung der Aufmerksamkeit auf die geraden Intervalle kann man diese Erscheinung stärker hervortreten lassen, und in diesem Falle scheint sich $Tr.$ meist befunden zu haben.

Als das größte Intervall, welches man noch als einheitliches Ganze auffassen kann, ergab sich aus vielen mit andern, in psycho-

¹⁾ a. a. O. S. 141 und 142.

physischen und physikalischen Untersuchungen wohlgeübten Beobachtern, die sich aber an Zeitschätzungen noch nicht betheilig hatten, angestellten Versuchen die Zeit von 5 bis 6 Secunden. An einzelnen Tagen gelang es manchen Beobachtern, bis zu 8 Secunden noch zu schätzen, doch war hierbei die Ermüdung so stark, dass selten eine Versuchsreihe durchgeführt werden konnte. Größere Intervalle zu vergleichen ist nur durch Eintheilen derselben möglich, und der erhaltene Schätzungsfehler gilt also nicht für jene Hauptzeit, sondern für den einzelnen Theil derselben, so dass alle Versuche, die größere Intervalle zu Grunde legen, so gut wie werthlos sind. Zur Bestimmung jenes Maximalwerthes musste ich Beobachter benutzen, die vorher an Zeitschätzungen noch nicht Theil genommen hatten, weil es sich herausstellte, dass das Maximum in gewissem Zusammenhange steht mit dem Minimum, welches der Beobachter zu schätzen hatte. Ich wurde darauf durch eine Mittheilung des Herrn Kollert aufmerksam gemacht. Bei dessen Versuchen hatten nämlich einige Beobachter das Intervall 1,2 Secunde für schwer schätzbar erklärt, und die Schätzung der (nicht genau bestimmten) Zeit 1,5 Secunde hatte allen Beobachtern Schwierigkeiten bereitet; dem entgegen erklärten meine Beobachter 2 Secunden für ein angenehmes, sehr leicht zu schätzendes Intervall. Und Mauritius¹⁾ endlich fand die »Grenze der Beurtheilungsmöglichkeit« bei 4,5 Secunden. Um diese so verschiedenen Werthe zu erklären, hat man nur die Annahme zu machen, dass unsre Zeitempfindungen, wie alle anderen, durch vorausgegangene analoge Empfindungen wesentlich bestimmt werden; lassen wir daher auf eine Reihe verhältnissmäßig kurzer Intervalle längere folgen, so müssen diese nach jener Annahme auffallend lang erscheinen, es wird also das Maximum der noch schätzbaren Zeit bei den verschiedenen Versuchen infolge einer Contrastwirkung²⁾ abhängen von der Größe des kleinsten Intervalls, welches überhaupt beobachtet wurde. Es zeigen nun die oben angeführten Versuchsreihen, dass das Maximum im Durch-

¹⁾ Bemerkungen zur Psychologie der Raumvorstellungen und zum Fechner'schen Gesetze der logarithmischen Perception. Programm des Gymnas. Casimir. zu Coburg, Ostern 1870. S. 27.

²⁾ Deren genauer Nachweis sich auf S. 53 findet.

schnitt viermal so groß sein darf als das Minimum: Kollert begann mit 0,4 Secunde und erreichte das Maximum bei 1,5 Secunden, Mauritius begann mit 1 Secunde und endete mit 4,5 Secunden; bei uns betrug das kleinste Intervall 1,8 Secunde, das größte (6—) 8 Secunden.

2. Versuche mit zwei Intervallen.

Da die im vorstehenden beschriebenen Versuche nicht zahlreich genug erschienen, um den Verlauf des mittleren Schätzungsfehlers mit voller Sicherheit festzustellen, begann ich Ostern 1882 eine neue Reihe von Versuchen, ebenfalls nach der Methode der Minimaländerungen, aber mit theilweise neuen Apparaten und veränderter Anordnung der alten. Da der Ton der Glocke nicht immer deutlich genug erschienen war, construirte ich einen elektromagnetischen Apparat, in welchem bei Schluss des Stromes ein an langem Hebelarm befestigter, ziemlich schwerer Stahlhammer auf einen in Holz fest eingedrehten Eisenkern aufschlug; dies gab ohne jedes Nachtönen einen im ganzen Zimmer deutlich vernehmbaren, harten, kurzen Schlag, der dem der Metronome glich. Ferner wurde, um die auf Seite 49 berührte Störung zu vermeiden, das Zwischenintervall δ ganz weggelassen, sodass der zweite Schlag der Hauptzeit t zugleich als erster Schlag der Vergleichszeit t' galt. Dies hatte den großen Vortheil, dass bei einem Umlaufe der Trommel zwei Versuche gemacht werden konnten, indem auf jedem Halbkreise drei der kleinen Apparate e so aufgestellt waren, dass die zwischen je zwei Versuchen liegenden Zeiten gleich waren; damit wurde eine bedeutende Zeitersparniss erzielt und eine zu große Ermüdung durch die Versuche vermieden. Im Uebrigen erfolgten die Versuche genau in der auf Seite 39 beschriebenen Weise.

Als Beobachter dienten mir hauptsächlich die Herren Dr. Hansen (*H.*) aus Christiania, Dr. Tischer (*T.*), Dr. Trautscholdt (*Tr.*). Weniger zahlreiche Versuche liegen vor von Herrn Prof. Wundt (*W.*), Dr. Friedrich, Dr. Kraepelin. Allen diesen Herren sage ich für ihre Theilnahme an meinen für den Beobachtenden nicht interessanten und dabei sehr ermüdenden Versuchen auch an dieser Stelle meinen besten Dank. — Ich selbst betheiligte mich als Beobachter gar nicht, sondern bediente nur den Apparat.

Als ich die Resultate dieser Versuche wie die der vorhergehenden in normale und anomale theilen wollte, fand ich zu meinem Erstaunen, dass ich dann zwei Arten von anomalen Versuchen annehmen müsste, von denen die einen alle ein kleineres, die anderen alle ein größeres Δ lieferten, als die zwischen ihnen liegenden Normalversuche. Da nun außerdem die Anzahl der anomalen Versuche einen außerordentlich großen Prozentsatz der Gesamtzahl betrug, suchte ich nach einem Grunde dieser Erscheinung und fand ihn im folgenden. Es stellte sich heraus, dass die Normalversuche alle den ersten Versuch eines Versuchstags bildeten, die anomalen die nachfolgenden. Dies legte die Vermuthung nahe, dass die bisher so genannten anomalen Versuche nur durch den Contrast der vorhergehenden bedingt seien, eine Vermuthung, die durch die Rechnung bestätigt wurde. Es ergaben sich nämlich aus den ersten Versuchen eines jeden Tages folgende Werthe:

Tab. XII.

H.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n
1.50	0.083	0.158	0.0375	4
2.00	0.105	0.215	0.055	10
2.25	0.100	0.183	0.042	3
2.50	0.075	0.275	0.100	2
3.00	0.100	0.300	0.100	1
3.50	0.200	0.600	0.200	1
4.00	0.120	0.480	0.180	5
4.50	0.100	0.475	0.188	2
5.00	0.075	0.700	0.312	2

30

Tab. XIII.

Tr.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n
1.50	0.096	0.212	0.058	4
2.00	0.100	0.236	0.068	7
2.50	0.192	0.350	0.079	6
3.00	0.237	0.500	0.131	4
3.50	0.210	0.560	0.175	5
3.75	0.300	0.575	0.137	2
4.00	0.192	0.565	0.187	6
5.00	0.050	0.775	0.362	2

36

Tab. XIV.

T.

t	$d_o +$	$d_u -$	$\Delta -$	n
1.50	0.092	0.189	0.049	3
2.00	0.138	0.276	0.069	9
2.25	0.150	0.275	0.063	2
2.50	0.175	0.350	0.088	2
3.00	0.225	0.425	0.100	2
3.50	0.100	0.467	0.183	3
3.75	0.260	0.600	0.170	5
4.00	0.225	0.625	0.200	8
5.00	0.475	1.050	0.287	2

36

Stellte ich dagegen die jenen nachfolgenden Versuche zusammen, so ergaben sich folgende Tabellen, in denen als Contrastzeit t_c die der betreffenden Hauptzeit vorangegangene kleinste resp. größte Zeit angeführt worden ist.

Tab. XV.

H.

t	t_c	$d_o +$	$d_u -$	Δ_c	n	$\Delta_c - \Delta$
2.00	[1.50	0.073	0.166	-0.047	4	+0.008]
	4.00	0.125	0.200	-0.037 ₅	2	+0.017]
	4.50	0.050	0.100	-0.025	1	+0.030]
2.25	1.50	0.086	0.266	-0.090	3	-0.048]
	4.50	0.116	0.183	-0.033	3	+0.009]
2.50	2.00	0.100	0.300	-0.100	4	0.000]
	4.00	0.104	0.241	-0.068	4	+0.032]
3.00	2.00	0.136	0.364	-0.114	11	-0.014]
	4.50	0.075	0.275	-0.100	4	0.000]
3.50	[2.50	0.081	0.444	-0.182	8	+0.018]
	4.50	0.113	0.440	-0.163	4	+0.037]
4.00	2.00	0.100	0.536	-0.218	7	-0.038]
	5.00	0.150	0.450	-0.150	4	+0.030]
4.50	2.50	0.150	0.700	-0.275	1	-0.087]
	4.00	0.050	0.550	-0.250	1	-0.062]
5.00	[5.00	0.025	0.525	-0.250	2	-0.062]
	[2.00	0.300	0.700	-0.200	1	+0.112]
	4.00	0.100	0.450	-0.175	1	+0.137]

65

Tab. XVI.

Tr.

t	t_c	d_o	d_u	Δ_c	n	$\Delta_c - \Delta$
1.50	3.00	+ 0.066	- 0.166	- 0.050	1	+ 0.008
2.00	1.50	+ 0.125	- 0.309	- 0.092	2	- 0.024
	3.00	+ 0.228	- 0.183	+ 0.023	3	+ 0.091
	4.00	+ 0.200	- 0.225	- 0.013	2	+ 0.055
2.50	1.50	+ 0.141	- 0.367	- 0.113	6	- 0.034
	3.50	+ 0.181	- 0.264	- 0.042	7	+ 0.037
3.00	2.00	+ 0.132	- 0.488	- 0.178	9	- 0.047
	4.00	+ 0.250	- 0.283	- 0.012	5	+ 0.119
3.50	2.00	+ 0.117	- 0.542	- 0.213	6	- 0.038
	4.50	+ 0.217	- 0.550	- 0.166	4	+ 0.009
4.00	2.00	+ 0.108	- 0.675	- 0.283	5	- 0.096
	[4.50	+ 0.200	- 0.600	- 0.200	1	- 0.013]
5.00	5.00	+ 0.325	- 0.650	- 0.163	2	+ 0.024
	[4.00	+ 0.050	- 0.700	- 0.325	1	+ 0.037]

54

Tab. XVII.

T.

t	t_c	d_o	d_u	Δ_c	n	$\Delta_c - \Delta$
2.00	1.50	+ 0.133	- 0.300	- 0.083	1	- 0.014
	4.00	+ 0.183	- 0.266	- 0.041	3	+ 0.028
2.25	2.00	+ 0.120	- 0.390	- 0.135	5	- 0.072
	4.00	+ 0.230	- 0.220	+ 0.005	5	+ 0.068
2.50	1.50	+ 0.150	- 0.350	- 0.100	1	- 0.012
	2.00	+ 0.125	- 0.400	- 0.137	4	- 0.049
	3.50	+ 0.166	- 0.300	- 0.067	3	+ 0.021
	4.00	+ 0.200	- 0.325	- 0.062	2	+ 0.026
3.00	1.50	+ 0.125	- 0.425	- 0.150	2	- 0.050
	2.00	+ 0.162	- 0.462	- 0.150	4	- 0.050
	3.50	+ 0.150	- 0.300	- 0.075	1	+ 0.025
	4.00	+ 0.150	- 0.325	- 0.087	2	+ 0.013
3.50	1.50	+ 0.200	- 0.600	- 0.200	1	- 0.017
	2.00	+ 0.083	- 0.483	- 0.200	3	- 0.017
	2.50	+ 0.134	- 0.500	- 0.183	3	0.000
	[4.00	+ 0.175	- 0.675	- 0.250	2	- 0.067]
4.00	5.00	+ 0.300	- 0.550	- 0.125	1	+ 0.058
	2.50	+ 0.188	- 0.663	- 0.238	4	- 0.038
5.00	5.00	+ 0.275	- 0.400	- 0.062	2	+ 0.138
	4.00	+ 0.100	- 0.700	- 0.300	1	- 0.013

50

Sonach ergeben diese Tabellen, in denen nahe aneinanderliegende Contrastzeiten meist zu einer mittleren zusammengefasst sind, mit Ausnahme der wenigen in eckiger Klammer angeführten Ver-

suche ¹⁾, das wichtige Resultat, dass unsere Zeitvorstellungen, ähnlich wie andre Empfindungen und Vorstellungen, durch vorangegangene, dem gleichen Sinnesgebiete angehörige Eindrücke wesentlich bedingt sind, und zwar lässt eine kurze Zeit die nachfolgende noch länger erscheinen; eine lange verkürzt die nachfolgende kürzere noch mehr. Numerisch lässt sich, wenigstens aus den vorliegenden Versuchen, die Größe dieses Contrasteinflusses nicht bestimmen, doch ergibt sich soviel, dass dieselbe im allgemeinen abhängt von der Größe der Differenz der contrastirenden Zeiten, und dass die nachfolgende längere nicht in dem Maße von der vorangehenden kürzeren beeinflusst wird als umgekehrt. Von den bis jetzt bekannten Contrastwirkungen unterscheidet sich die vorstehend constatirte dadurch, dass sie offenbar eine rein psychische ist, indem bei ihr physiologische Hypothesen, wie sie z. B. zur Erklärung des Farbencontrastes ersonnen wurden, ausgeschlossen sind.

Von den Versuchen der andern auf Seite 51 genannten Beobachter, die ich wegen ihrer zu geringen Zahl oben nicht berücksichtigt habe, sollen nur die des Herrn Prof. Wundt noch angeführt werden, weil sie trotzdem eine deutliche Bestätigung der Contrastwirkung bilden.

Tab. XVIII.

W. ohne Contrast.

<i>t</i>	<i>d_o</i>	<i>d_u</i>	Δ	<i>n</i>
2.00	+ 0.112	— 0.312	— 0.100	4
3.00	+ 0.150	— 0.500	— 0.175	1
4.00	+ 0.040	— 0.700	— 0.330	4

9

Tab. XIX.

W. mit Contrast.

<i>t</i>	<i>t_c</i>	<i>d_o</i>	<i>d_u</i>	Δ_c	<i>n</i>	$\Delta_c - \Delta$
2.00	3.50	+ 0.212	— 0.237	— 0.012	4	+ 0.088
3.00	2.00	+ 0.100	— 0.500	— 0.200	6	— 0.025
	4.00	+ 0.166	— 0.333	— 0.083	3	+ 0.092

13

¹⁾ Die weniger gute Uebereinstimmung bei *H.* hat augenscheinlich ihren Grund darin, dass von diesem Beobachter weniger contrastfreie Versuche vorliegen, als von den andern.

Construirt man aus den oben angegebenen Tabellen XII, XIII, XIV der contrastfreien Versuche den Verlauf von Δ für $H.$, $Tr.$, $T.$, so erhält man die folgenden drei Curven Fig. 5, in denen wie in Fig. 3 u. 4 (Seite 45 und 47) die Einheit der Ordinaten der Deutlichkeit halber zehnmal so groß genommen worden ist als die der

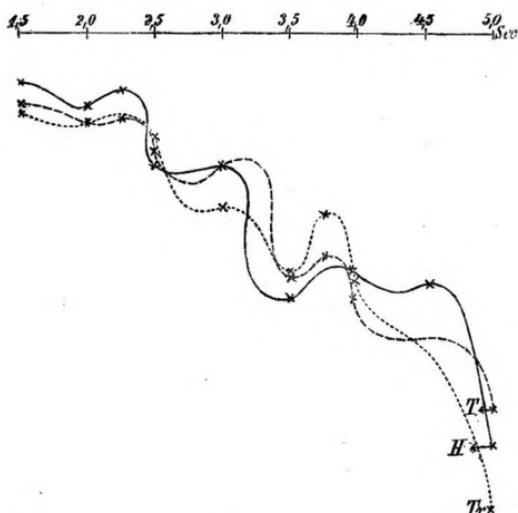


Fig. 5.

Abscissen. Dabei sind die Werthe von Δ für diejenigen Hauptzeiten, für welche keine contrastfreien Versuche vorliegen, in der Weise gewonnen, dass aus den einander am nächsten liegenden Werthen der Contrastversuche das Mittel gezogen wurde mit Rücksicht auf diejenigen Factors, welche nach Seite 55 die Größe der Contrastwirkung bestimmen. Wie der Augenschein lehrt, weichen alle diese Curven in der Form nicht allzusehr von einander ab, wohl aber in Bezug auf die Lage der einzelnen Bogen; es liegen nämlich die Minima von Δ , also die höchsten Punkte der Bogen

für $H.$ bei ungefähr 1.50; 2.25; 3.00; 3.75; 4.50 Secunden

» $T.$ » » 1.55; 2.30; 3.10; 3.80; 4.60 «

» $Tr.$ » » 1.50; 2.20; 3.00; 3.70; 4.40 «

Diese Zahlen sind aber fast genaue Multipla von den Zahlen

$H.:$ 0.75; $T.:$ 0.77; $Tr.:$ 0.74;

und diese sind die Indifferenzwerthe für die betreffenden Beobach-

ter. ¹⁾ Es ist also die Zeitschätzung nicht nur am eigentlichen Indifferenzpunkte am genauesten, sondern erreicht auch bei den Vielfachen desselben relative Maxima der Genauigkeit. Dies ist ein Resultat, das auf die rhythmische Gliederung des zeitlichen Verlaufs unsrer Vorstellungen hinweist und in Verbindung mit dem Resultate von Trautscholdt²⁾ die Annahme nahe legt, dass die oben als Indifferenzwerth bezeichnete Zeit von durchschnittlich 0,727 Secunden Dauer für unser Bewusstsein die Zeiteinheit darstellt. Ob dieselbe nun, wie man vermuthet hat ³⁾, bedingt ist durch physiologische Einflüsse, nämlich die mittlere Schrittdauer beim Gehen, oder ob umgekehrt die ursprünglich in uns liegende Zeiteinheit den Rhythmus jener willkürlichen Bewegungen bestimmt, ist noch fraglich. Um hierüber eine sichere Entscheidung gewinnen zu können, müsste man mit Gelähmten, die nie oder doch nur in ihrer frühesten Jugend haben gehen können, Zeitversuche anstellen; ergäben diese einen durchschnittlichen Indifferenzwerth, der dem oben angegebenen nahe liegt, so dürfte damit wohl die zweite Annahme erwiesen sein.

Das von Kollert aufgestellte Gesetz

$$A = a - be,$$

welches sich bereits auf Seite 45 für weitere Zeitgrenzen als ungültig erwiesen hat, durch ein andres ähnlich einfaches Gesetz zu ersetzen, welches dieselbe Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung gestattet wie jenes, ist bei der Unregelmäßigkeit des Verlaufs von A bei den contrastfreien Versuchen, wie er durch die Fig. 5 dargestellt wird, ziemlich aussichtslos. Der allgemeine Gang von A würde sich aber am einfachsten durch folgendes Gesetz darstellen lassen:

$$A = -a(t - \vartheta) - b\left(1 - \cos \frac{2\pi t}{\vartheta}\right),$$

worin ϑ den Indifferenzwerth von t bezeichnet.

¹⁾ Für $H.$ und $T.$ besonders von mir bestimmt; für $Tr.$ aus Wundt, Physiologische Psychologie, II, S. 286.

²⁾ Experimentelle Untersuchungen über die Association der Vorstellungen. Philosophische Studien, I, 2, S. 249.

³⁾ Wundt, Physiologische Psychologie, B. II, Seite 286. Trautscholdt, a. a. O. Seite 250.

In den vorstehenden Versuchsergebnissen machte sich die Angabe anomaler Versuche nicht nöthig, weil es sich herausstellte, dass die abweichenden fast alle nur Contrasterscheinungen, also völlig normale Versuche seien. Damit soll nicht gesagt sein, dass eigentlich anomale Versuche, abgesehen von den durch mangelnde Aufmerksamkeit oder äußere Störungen bedingten, gar nicht vorgekommen seien. Dieselben sind jedoch ihrer Anzahl nach so gering und erklären sich auf so einfache Weise, dass ihre ziffermäßige Angabe zwecklos erschien. Wenn nämlich die erste Hauptzeit einer Versuchsreihe drei Secunden überstieg, so dienten bei allen Beobachtern die ersten Versuche nur zur Gewöhnung an das Intervall, es war daher eine bedeutend stärkere Aenderung der Vergleichszeit nöthig, um ihren Unterschied gegen die Hauptzeit deutlich zu erkennen, als beim weitem Verlaufe des Versuches, wo jene Gewöhnung bereits eingetreten war und eine geringe Veränderung von t' schon merkbar wurde. Je nachdem also t' gegen t zuerst vergrößert oder verkleinert wurde, musste der absolute Werth von Δ verringert oder vermehrt werden. Ich gebrauchte daher später die Vorsicht, größere Zeiten erst mehrere mal ohne Veränderung von t' schlagen zu lassen, bis alle Beobachter erklärten, das Intervall vollständig zu beherrschen. Wie viele von den anomalen Versuchen bei Kollert und unter meinen Versuchen mit drei Intervallen auf Rechnung der Contrastwirkung und wie viele auf Rechnung der mangelnden Beherrschung größerer Intervalle kommen, lässt sich nicht entscheiden, da ich bei meinen Versuchen die Aufeinanderfolge der Hauptzeiten nicht notirte und Kollert, wie aus den mir freundlichst zur Verfügung gestellten Versuchsprotocollen hervorgeht, mit Ausnahme eines einzigen Tages die Hauptzeiten immer in derselben Reihenfolge aufeinanderfolgen ließ, so dass eine Contrastwirkung mit Sicherheit nicht nachgewiesen werden konnte. Doch ist bei den relativ kleinsten Hauptzeiten wahrscheinlich ausschließlich die Contrastwirkung, bei den relativ größten vorwiegend die mangelnde Beherrschung derselben die Ursache der anomalen Versuche gewesen.

In der eben erwähnten Gewöhnung liegt ebenso wie in der unentbehrlichen Aufklärung der Beobachter über den Gang der Ver-

änderung von t' ¹⁾ ein scheinbarer Nachtheil der von uns angewandten Methode, der sich aber leicht als ein nothwendiger und die Resultate durchaus nicht entwerthender darstellen lässt. Nimmt man einmal die Methode der Minimaländerungen an, so ist man auch zur Anwendung der beiden Hand in Hand gehenden Vorsichtsmaßregeln gezwungen. Vergewärtigt man sich den Gang einer Versuchsreihe unter der Annahme, die Beobachter seien über den Gang der Vergleichszeit t' nicht in Kenntniss gesetzt, so wird man leicht einsehen, dass der Werth t'_0 , wenn wir annehmen, t' werde zuerst vergrößert, von t''_0 viel mehr abweichen muss, als der Werth t'_u von t''_u abweicht. Denn bei der Bestimmung von t'_u und t''_u ist beide male in gleicher Weise bekannt, dass t' erst verkleinert und, nachdem die Verkleinerung von t' gegen t deutlich merkbar geworden ist, wieder vergrößert wird, bis $t' = t$ erscheint. Dagegen würden dann die Bestimmungen von t'_0 und t''_0 unter verschiedenen Versuchsbedingungen geschehen; bei der von t''_0 weiß der Beobachter, dass man von einem deutlich größern t' ausgehend dies verkleinert, bei der vorhergehenden Bestimmung von t'_0 ist er aber über den Gang von t' nicht orientirt. Hier hat der Beobachter also nicht nur die Aufgabe, überhaupt einen Unterschied in feststehender oder bekannt gegebener Richtung zu bemerken, sondern auch die Richtung dieses Unterschiedes zu bestimmen. Diese Erschwerung wird bei kleinen, leicht schätzbaren Zeiten von keinem merklichen Einflusse sein, sie kann dagegen bei größeren Zeiten den Beobachter vollständig verwirren, und jedenfalls wird dann der Unterschied $t' - t$ größer werden müssen, bevor er gemerkt wird, als wenn jene Erschwerung wegfällt. Aus dem gleichen Grunde, gleiche Versuchsbedingungen für alle vier Theile einer Versuchsreihe zu gewinnen, muss bei größeren Zeiten der Beobachter erst an diese gewöhnt werden, da eine Gewöhnung im Laufe des Versuchs als thatsächlich vorhanden anerkannt werden muss. Damit sind aber auch alle nöthigen Vorsichtsmaßregeln getroffen, um völlig gleiche Versuchsbedingungen für alle vier Theile eines Einzelversuchs herbeizuführen; denn eine Reihe von Versuchen zeigte, dass Δ gleich groß ausfiel, mochte ich t' zuerst vergrößern oder zuerst verkleinern. Gewiss werden nun die Mittelwerthe t_0 und t_u kleiner

1) Vergleiche Seite 40.

sein als die, welche man erhält bei Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle und unter Einschlebung von Vexirversuchen zur Constatirung der völligen Parteilosigkeit des Beobachters. Aber sind sie deshalb auch weniger werthvoll? Schwerlich. Es handelt sich bei allen derartigen Versuchen doch nur darum, den Gang dieser Werthe oder des aus ihnen erhaltenen mittleren Schätzungsfehlers Δ zu finden, durchaus aber nicht darum, diese Werthe absolut festzustellen. Das letztere Unternehmen dürfte wenigstens bei der mangelnden Constanz unsres Bewusstseins aussichtslos sein. Mögen also t_0 und t_u in der That durch die von uns angewandten Urtheilerleichterungen in demselben Verhältnisse oder um dieselbe absolute Größe kleiner erhalten werden, als sie ohne dieselbe ausfallen würden, immer wird der aus ihnen erhaltene Indifferenzwerth und der Gang von Δ der richtige sein.

Fallen damit die Einwände, welche neuerdings Vierordt gegen die Methode der Minimaländerungen und die von uns angewandte specielle Versuchstechnik erhoben hat¹⁾, so fragt es sich doch noch, ob nicht die Methode der richtigen und falschen Fälle; deren sich Vierordt bediente, schon der Zeitersparniss wegen der unsrigen vorzuziehen sei. Allein, abgesehen davon, dass man die Methode der richtigen und falschen Fälle durchaus nicht mehr für so einwurfsfrei und sicher begründet halten darf, als dies Vierordt zu thun scheint, während gegen die Methode der Minimaländerungen außer den oben zurückgewiesenen Vierordt'schen principiellen Einwendungen noch nicht erhoben worden sind, spricht gegen die Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle die besondere Natur unsres Zeitsinns. Es hängt nämlich fast in keinem andern Sinnesgebiete die Genauigkeit unsrer Schätzungen so sehr vom augenblicklichen Zustande unsres Bewusstseins ab, als gerade in dem des Zeitsinns; dagegen ist der mittlere Schätzungsfehler bei unbeeinflussten Zeitschätzungen ziemlich constant, wenn man ihn, wie wir gethan haben, aus Werthen von t_0 und t_u berechnet, die bei gleichem Bewusstseinszustande gewonnen wurden. Denn dabei heben sich die Einflüsse der verschiedengradigen Aufmerksamkeit, der mehr oder

¹⁾ Psychophysische Bemerkungen. Separatabdruck aus der Zeitschrift für Biologie. Seite 5 u. ff.

weniger vorhandenen geistigen Frische, geringer äußerer Störungen auf. Dies ist jedoch nicht mehr der Fall, wenn man, wie Vierordt, Δ bestimmt als den Unterschied des arithmetischen Mittels aller Fehlzeiten gegen die Hauptzeit, und da alle eben erwähnten, die Genauigkeit der Schätzungen beeinträchtigenden Störungen, die von den Beobachtern selbst in den wenigsten Fällen gefühlt, sondern meist erst aus den Resultaten erkannt werden, die Abweichung der Fehlzeit von der Hauptzeit vergrößern, so muss der Werth von Δ bei Vierordt im allgemeinen zu groß ausgefallen sein, ohne dass man irgend welche Möglichkeit hat, den wahren Werth von Δ mit einiger Wahrscheinlichkeit zu berechnen. Dieser Umstand lässt die Methode der richtigen und falschen Fälle als ungeeignet erscheinen zu Untersuchungen im Gebiet des Zeitsinns, und damit gelangt man von selbst zur Anwendung der Methode der Minimaländerungen.

Es erübrigt schließlich noch, den Unterschied in dem Indifferenzwerthe zu erklären. Bei denjenigen Versuchen Vierordt's, die den unsrigen am meisten entsprechen, lag nämlich der Indifferenzpunkt bei 2,5 Secunden und stieg bei Einschiebung eines Zwischenintervalls bis auf $3\frac{1}{4}$ Secunden¹⁾, während bei allen von Kollert und mir untersuchten Beobachtern jener Werth unter 1 Secunde blieb. Dieses Erhöhen des Indifferenzwerthes kann einmal durch die mit der Methode der richtigen und falschen Fälle verbundene Ungenauigkeit von Δ verursacht worden sein, wenn auch nur zu einem kleinen Theile; eine andere Ursache liegt wahrscheinlich in der Hereinziehung von Willensbewegungen bei Vierordt. Denn die letztere bildet eine Erschwerung der Versuche, indem sie die Aufmerksamkeit des Beobachters vertheilt auf die Schätzung und die Registrirung, sodass entweder die Schätzung ungenau wird oder die Ausführung der Willensbewegung eine bedeutend längere Zeit erfordert, als wenn auf sie die volle Aufmerksamkeit verwendet wird; eine ähnliche Erschwerung bildet das Einschieben eines Intervalls zwischen die Haupt- und die Vergleichszeit. Nun haben sowohl Vierordt's eigene, als auch von mir im Jahre 1881 angestellte Versuche mit variirendem Zwischenintervall ergeben, dass durch diese Einschiebung der Indifferenzwerth erhöht wird; es ist also wahrschein-

¹⁾ Vierordt, Zeitsinn, S. 36 und 38; Psychoph. Bemerkungen S. 1 und 2.

lich, dass auch die in der Hereinziehung von Willensbewegungen liegende Versucherschwermung eine Erhöhung des Indifferenzwerthes bedingt. Schließlich hat aber darauf den größten Einfluss die Contrastwirkung ausgeübt, deren Vorhandensein Vierordt verborgen bleiben musste; dieselbe allein würde zur Hervorrufung eines noch größeren Unterschiedes in den Indifferenzwerthen ausreichende Ursache sein, falls Vierordt bei seinen Versuchen immer von größeren zu kleineren Hauptzeiten übergegangen sein sollte, und vielleicht lässt sich dies aus den Versuchsprotocollen nachträglich noch constatiren.

3. Die Gültigkeit des psychophysischen Grundgesetzes im Gebiete des Zeitsinns.

Ohne auf die Frage einzugehen, ob die Uebertragung des psychophysischen Grundgesetzes auf das Gebiet des Zeitsinns berechtigt sei oder nicht¹⁾, soll hier nur untersucht werden, ob die bis jetzt vorliegenden Versuchsergebnisse die Gültigkeit desselben für den Zeitsinn beweisen. Von den Versuchen in dieser Richtung seien zuerst die von Mauritius²⁾ erwähnt. Dieselben sind nach der Methode des eben merklichen Unterschiedes angestellt und unterscheiden sich von den unsrigen nur dadurch, dass Mauritius sich mit der Feststellung von t_0 begnügt, t_u dagegen ganz unbeachtet lässt; sie sollen die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes für den Zeitsinn nachweisen, aber ohne dass dieser Nachweis gelungen wäre. Denn einmal zeigen trotz des geringen Umfangs, innerhalb dessen sich die Versuche bewegen (von 1 bis 2,14 Sekunden in der einzigen ausführlichen Tabelle Seite 28), die erhaltenen procentigen Unterschiedsschwellenwerthe, welche Mauritius direct als ein Maß für die Unterschiedsempfindlichkeit betrachtet, in den einzelnen Reihen so bedeutende Abweichungen (der größte dieser Werthe ist meist doppelt so groß als der kleinste), dass man damit die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes schwerlich beweisen kann; andererseits geben aber die angeführten procentigen Unterschiedsschwellenwerthe gar kein Maß für die Unterschiedsempfindlichkeit,

¹⁾ Müller, Zur Grundlegung der Psychoph. S. 813. Fechner, Revision der Psychoph. S. 146—147.

²⁾ a. a. O. siehe S. 50, Anm. 1.

da, wie wir später sehen werden, bei der Berechnung der letzteren Größe und Richtung des constanten Fehlers in Betracht kommt, dessen Vorhandensein durch die Vierordt'schen Versuche hinreichend festgestellt ist und demnach auch Mauritius bekannt sein konnte. Andere Nachweise¹⁾ stützen sich auf Versuche von Mach und Vierordt; es ergab sich aber dabei, dass, trotzdem zur Ausgleichung der nicht unbeträchtlichen zufälligen Schwankungen des procentualen reinen Mittelfehlers ε Mittelzahlen für mehrere t hintereinander herbeigezogen wurden, ε für kleine Hauptzeiten eine starke untere Abweichung vom Gesetze zeigte und erst für größere Hauptzeiten einen einigermaßen constanten Werth annahm. Diese Constanz tritt aber erst bei Zeiten ein, die einer directen Schätzung nicht mehr zugänglich sind, für die vorliegende Frage also auch nicht als ausschlaggebend betrachtet werden können.²⁾ Sonach bleiben zum Nachweis des Weber'schen Gesetzes nur die Kollert'schen und die vorstehenden Versuche übrig.

Nennen wir v_o und v_u die obere resp. untere Verhältnisschwelle, wo also

$$v_o = \frac{t_o}{t} = \frac{t + d_o}{t} \quad v_u = \frac{t}{t_u} = \frac{t}{t + d_u}$$

ist, so fordert das Weber'sche Gesetz, dass abgesehen von zufälligen und constanten Fehlern nicht nur die obere der untern Verhältnisschwelle bei derselben Hauptzeit gleich sei

$$v_o = v_u = v,$$

sondern auch die Verhältnisschwellen für alle beobachteten Hauptzeiten einen und denselben Werth besitzen. Existirt nun aber ein constanter Fehler, so kann die erste Forderung nicht erfüllt werden, es wird vielmehr jedes der beiden Verhältnisse v_o und v_u in gewisser Weise verändert, und zwar darf man annehmen, dass das eine in demselben Maße erhöht wird, als sich das andere erniedrigt; es seien also die beobachteten Verhältnisse

$$v_o = pv \quad v_u = \frac{1}{p} v.$$

¹⁾ Fechner, »In Sachen«, S. 177.

²⁾ Vergl. S. 50.

Hieraus erhält man sofort

$$v^2 = v_o v_u$$

$$v = \sqrt{v_o v_u} = \sqrt{t_o : t_u} = \text{num } \frac{1}{2} \{ \lg t_o - \lg t_u \}. ^1)$$

Durch Subtraction von 1 erhält man die relative Unterschiedschwelle ($v - 1$), die also, wenn das Weber'sche Gesetz für den Zeitsinn gelten soll, für alle Hauptzeiten denselben Werth haben muss. Nun ergibt sich für $v - 1$ die folgende Werthtabelle, in welcher die angegebenen Zahlen durchgehends mit dem Nenner 10 000 zu verstehen sind.

Tab. XX.

Die Versuche von Kollert und meine eignen aus dem Jahre 1881.

a) normal.

t	$v - 1$	t	$v - 1$	t	$v - 1$
0.40	1330	1.50	1155	3.00	1144
0.50	1450	1.80	991	3.70	1160
0.70	730	2.00	980	4.00	1074
0.80	880	2.70	992	5.50	979
1.00	910	2.75	1027	6.00	991
1.20	1320	2.85	1293	8.00	1170

b) anomal.

t	$v - 1$	t	$v - 1$	t	$v - 1$
0.40	1300	1.20	1140	3.70	757
0.50	940	1.50	—	4.00	961
0.70	1130	1.80	1042	6.00	632
0.80	780	2.00	984	8.00	397
1.00	1060	3.00	950		

Tab. XXI.

Die contrastfreien Versuche aus dem Jahre 1882.

a) Hansen.

t	$v - 1$	t	$v - 1$	t	$v - 1$
1.50	861	2.50	758	4.00	819
2.00	859	3.00	715	4.50	690
2.25	663	3.50	1295	5.00	864

1) Fechner, Revision der Psychophysik, S. 419—423.

b) Trautscholdt.

t	$v - 1$	t	$v - 1$	t	$v - 1$
1.50	1131	3.00	1379	4.00	1047
2.00	911	3.50	1233	5.00	933
2.50	1190	3.75	1294		

c) Tischer.

t	$v - 1$	t	$v - 1$	t	$v - 1$
1.50	1102	2.50	1154	3.75	1283
2.00	1136	3.00	1191	4.00	1189
2.25	1023	3.50	895	5.00	1773

Aus diesen Tabellen ergibt sich sofort, dass eine auch nur annähernde Gleichheit von $v - 1$ für die verschiedenen Hauptzeiten t nicht existirt, und auch die Unterschiede der einzelnen Werthe zu große sind, um sie als zufällige Abweichungen betrachten zu können. Es nimmt vielmehr im allgemeinen $v - 1$ mit wachsenden Hauptzeiten ab und die Maxima und Minima von $v - 1$ fallen mehr oder weniger genau mit den entsprechenden Maximal- und Minimalwerthen von Δ zusammen. Am schönsten tritt diese Uebereinstimmung bei Herrn Hansen zu Tage, weil bei diesem Beobachter die Multipla des Indifferenzwerthes immer auf solche Hauptzeiten fallen, für welche Δ und $v - 1$ direct bestimmt worden sind. Somit ergibt sich: die relative Unterschiedsschwelle ist ebenso wie der mittlere Schätzungsfehler eine Function des Indifferenzwerthes; das Weber'sche Gesetz hat für den Zeitsinn keine Gültigkeit.

Die Werthe von $v - 1$ für die Contrastversuche Tabelle XV, XVI, XVII lassen einen gesetzmäßigen Gang nicht erkennen.