

Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung.

Von

Dr. Julius Merkel
in Zittau.

Vierte Abtheilung.

(Fortsetzung.)

VI. Neue Versuche aus dem Gebiete des Schallmaßes.

2. Die Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle in ihrer Anwendung auf die Methode der mittleren Abstufungen.

Die Versuche der letzten Gattung erheischen aus folgendem Grunde gespannte Aufmerksamkeit. Wurden bei der Zeitfolge R_u R_m R_o die Versuche für $R_m = \frac{R_u + R_o}{2}$ bei völlig normaler Aufmerksamkeit ausgeführt, so lieferten sie in der Hauptsache nur Urtheile m , bei größeren Werthen von R_m fast nur Urtheile o und m , bei kleineren fast nur Urtheile u und m . Durch stärkere Anspannung der Aufmerksamkeit gingen eine Anzahl von m -Urtheilen in o - bez. u -Urtheile über. Es kann aber nicht mit voller Sicherheit angenommen werden, dass die letzteren Entscheidungen nur auf der Beurtheilung der Intensität beruhen. Ich führte eine große Zahl von Versuchen aus, bei denen ich zunächst das Urtheil in der früheren Weise fällte. Dann überlegte ich mir genau, aus welchem Grunde ich das Urtheil o bez. u abgegeben habe. Da kam ich denn zu der Ueberzeugung, dass in einzelnen Fällen eine größere qualitative Verwandtschaft zwischen R_m und R_o bez. R_m

und R_u entscheidend gewesen sein mochte. Wenn nun auch hinsichtlich der Bestimmung von R_m dieser Einfluss durch den Wechsel der Fallbretter nach Möglichkeit eliminirt wurde, so machte er sich doch bei der Bestimmung der Schwelle geltend. Außerdem gewann ich gerade durch diese Versuche die Ueberzeugung, dass für die Abgabe der Urtheile o und u äußere Fehlerursachen in hervorragender Weise neben den inneren Fehlern maßgebend waren.

Ich benutzte nun zunächst wieder nur ein Fallbrett und neue, verbesserte drehbare Fallzangen. Da erhielt ich selbst bei gespannter Aufmerksamkeit hin und wieder Fehlschläge, d. h. Reihen, die nur Urtheile o und m bez. u und m enthielten. Hier zeigte sich genau dasselbe wie bei der Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle auf die Bestimmung der Schwelle. Bei Benutzung desselben Apparates erhielt ich bei subjectiv gleichen Reizen nur die Urtheile g (gleich), bei einer positiven Zulage nur die Urtheile g und r (richtig) und bei einer negativen Zulage nur die Urtheile g und f (falsch). Die letztere Thatsache führt zur Benutzung der Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle, welche für $r = 50$, $g = 50$ den oberen Schwellenwerth R_o und für $f = 50$, $g = 50$ den unteren Schwellenwerth R_u liefert. Die Gleichung $R = \sqrt{R_o R_u}$ gibt dann den Gleichheitspunkt. In analoger Weise lässt sich bei der Methode der mittleren Abstufungen der obere bez. untere Schwellenwerth bestimmen aus $o = 50$ und $m = 50$, sowie $u = 50$ und $m = 50$. Das geometrische Mittel gibt dann den mittleren Reiz. Die Versuche sind im ganzen bei 4 Zulagen auszuführen, da jede Schwellenbestimmung Versuche bei 2 Zulagen erheischt. Die constanten Grenzreize seien wieder R_u und R_o , der mittlere Reiz R_m , die obere Schwelle R_{mo} , die untere R_{mu} . Man führe zunächst bei den dem Reize R_{mo} naheliegenden Reizen R_I und R_{II} Versuche aus und entscheide, ob R_I bez. R_{II} größer als R_m erscheint oder gleich (bez. kleiner). Für die ersteren Schätzungen (Obenschätzungen, den Ungleichheitsfällen entsprechend) entnehme man die Werthe t_I und t_{II} aus der Fechner'schen Tabelle.

Dann ist:

$$R_{mo} = \frac{At_{II}R_I - t_I R_{II}}{At_{II} - t_I}, \dots \dots \dots (I)$$

$$A = \sqrt{\frac{R_u^2 + R_o^2 + R_{II}^2}{R_u^2 + R_o^2 + R_I^2}} \dots \dots \dots \text{(II)}$$

In ähnlicher Weise verfähre man bei Benutzung zweier Werthe R_1 und R_2 , welche in der Nähe von R_{mu} liegen. Hier sind die Urtheile R_1 bez. $R_2 = R_m$, d. h. die Mittenschätzungen maßgebend. Ihnen gegenüber stehen die Unterschätzungen, welche wieder den Ungleichheitsfüllen entsprechen. Für t_1 und t_2 wird:

$$R_{mu} = \frac{B t_2 R_1 - t_1 R_2}{B t_2 - t_1} \dots \dots \dots \text{(III)}$$

$$B = \sqrt{\frac{R_u^2 + R_o^2 + R_2^2}{R_u^2 + R_o^2 + R_1^2}} \dots \dots \dots \text{(IV)}$$

Der Werth R_m berechnet sich dann aus:

$$R_m = \sqrt{R_{mo} \cdot R_{mu}} \dots \dots \dots \text{(V)}$$

oder, wenn sich R_{mo} und R_{mu} nur wenig unterscheiden, aus:

$$R_m = \frac{R_{mo} + R_{mu}}{2} \dots \dots \dots \text{(VI)}$$

Für die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes ist hier maßgebend die Constanz der Ausdrücke:

$$V = \frac{R_{mo}}{R_m} - 1 \dots \dots \dots \text{(VII)}$$

welche den früheren Werthen V_o und V_u entsprechen. Weiter empfiehlt sich die Berechnung folgender Größen:

$$m_{II} = \frac{t_{II}}{R_{II} - R_{mo}} \dots \dots \dots \text{(VIII)}$$

$$c_o = m_{II} \sqrt{R_u^2 + R_o^2 + R_{II}^2} \dots \dots \dots \text{(IX)}$$

$$\frac{F_o}{R_o} = \frac{0,4769}{c_o}, \quad F_o = R_o \cdot \frac{0,4769}{c_o} \dots \dots \dots \text{(X)}$$

$$m_2 = \frac{t_2}{R_2 - R_{mu}}, \dots \dots \dots \text{(XI)}$$

$$c_u = m_2 \sqrt{R_u^2 + R_o^2 + R_2^2}, \dots \dots \dots \text{(XII)}$$

$$\frac{F_u}{R_u} = \frac{0,4769}{c_u}, F_u = R_u \cdot \frac{0,4769}{c_u} \dots \dots \dots \text{(XIII)}$$

Ergeben sich für einen zwischen R_{mo} und R_{mu} gelegenen Reiz neben den Urtheilen m gleichzeitig Urtheile o und u , so kann man sich mit drei Reizen begnügen; der genannte Reiz würde die Stelle von R_I und R_2 vertreten. Bei meinen Versuchen war dies im allmeinen nicht der Fall.

Um den Unterschied der Ergebnisse bei Benutzung dreier bez. eines Fallbrettes kennen zu lernen, wurden unter Anwendung der im vorstehenden charakterisirten Methode zunächst noch einige Reihen unter Anwendung dreier Fallbretter ausgeführt. Das benutzte Gewicht war wieder durchgängig 10,62 g ($P = 4,86$). Die Höhen sind in folgender Tabelle angegeben. Die Zeitfolgen waren wieder die ursprünglichen (I und II). Die zweite Gruppe von Werthen R_1 , R_2 , R_I und R_{II} bezieht sich auf die zweite Zeitfolge.

Tabelle XV.

R_u	R_o	R_1	R_2	R_I	R_{II}	R_1	R_2	R_I	R_{II}
30	90	43	50	72	85	35	45	70	80
20	100	42	50	72	85	35	45	60	75
10	110	42	50	72	85	30	40	50	65

In der folgenden Tabelle sind die Werthe m für R_1 und R_2 und ebenso die Werthe o für R_I und R_{II} untereinander gestellt. Die drei ersten Horizontalreihen beziehen sich auf die erste, die drei letzten auf die zweite Zeitfolge. Die Werthe A und B schwankten zwischen 1,026 und 1,069.

Tabelle XVI.

<i>m</i>		R_{zu}	R_{mp}	R_{co}	V	m_2	ϵ_0	$\frac{F_u}{R_x}$	F_u	m_{II}	ϵ_0	$\frac{F_0}{R_0}$	F_0
40 08	38 72	45,4	76,0	58,7	0,295	0,072	7,76	0,061	2,79	0,046	5,83	0,062	6,22
36 08	40 68	45,3	76,6	58,9	0,301	0,070	8,00	0,060	2,70	0,039	5,24	0,091	6,98
32 72	40 76	45,5	75,2	58,5	0,286	0,092	11,1	0,043	1,95	0,051	7,10	0,067	5,06
40 72	52 68	38,0	68,9	51,2	0,346	0,059	6,18	0,097	3,70	0,030	3,71	0,129	8,87
48 72	38 60	35,6	68,9	49,5	0,392	0,044	4,89	0,098	3,48	0,029	3,72	0,129	8,85
46 66	34 56	31,9	61,0	44,1	0,380	0,036	4,24	0,113	3,80	0,027	3,43	0,139	8,49

Die Werthe V stimmen für jede Zeitfolge sehr gut überein und bewegen sich innerhalb der Grenzen 0,286 und 0,392, die Werthe $\frac{F_u}{R_u}$ und $\frac{F_0}{R_0}$ bewegen sich innerhalb der Grenzen 0,043 und 0,139. Die Mittel sind: $V_I = 0,294$, $V_{II} = 0,373$, $V = 0,333$, $\frac{F_u}{R_u} = 0,079$, $\frac{F_0}{R_0} = 0,106$, $MW = 0,092$. Der Mittelwerth von V ist nahezu derselbe wie bei den Versuchen der beiden ersten Tabellen, der Mittelwerth für den relativen wahrscheinlichen Fehler ist geringer, aber größer als bei den Versuchen der Tabellen XI und XII. Hierin liegt wieder ein deutlicher Beweis dafür, dass bei den Versuchen der zuletzt genannten Tabellen mit gesteigerter Aufmerksamkeit beobachtet wurde.

Die folgenden Versuche wurden unter Benutzung eines Fallbrettes angestellt. Die nächste Tabelle gibt die benutzten Höhen, die beiden folgenden Tabellen geben die übrigen Werthe für die erste bez. zweite Zeitlage. Die Werthe A bewegten sich zwischen 1,035 und 1,096.

Tabelle XVII.

R_u	R_o	R_1	R_2	R_I	R_{II}	R_1	R_2	R_I	R_{II}
10	30	14	18	22	28	12	16	20	26
15	45	21	27	33	42	18	24	30	39
20	60	28	36	44	56	24	32	40	52
30	90	42	54	66	84	36	48	60	78
10	50	20	26	31	40	18	24	28	37
20	100	40	52	62	80	36	48	56	74
10	110	40	52	62	80	34	46	46	62

Tabelle XVIII.

m	o	R_{100}	R_{100}	R_{100}	V	m_2	c_u	$\frac{F_u}{R_u}$	F_o	m_{II}	c_o	$\frac{F_o}{R_o}$	F_o
20 58	22 68	17,2	25,61	20,98	0,221	0,178	6,49	0,073	1,26	0,138	5,94	0,082	2,00
26 84	26 76	24,76	37,08	30,31	0,223	0,114	6,23	0,076	1,90	0,101	6,43	0,074	2,75
24 86	24 74	32,95	50,06	40,61	0,232	0,096	6,96	0,068	2,26	0,077	6,47	0,074	3,69
32 68	29 78	47,63	73,31	59,21	0,238	0,054	5,85	0,081	3,90	0,051	6,47	0,074	5,10
24 72	24 76	23,22	35,30	28,63	0,233	0,148	8,35	0,057	1,32	0,106	6,69	0,071	2,52
20 68	20 68	47,59	73,16	59,03	0,241	0,075	8,44	0,057	2,69	0,048	6,09	0,078	5,73
16 68	20 64	48,07	74,35	59,78	0,244	0,084	10,27	0,046	2,23	0,045	6,118	0,079	5,79

Tabelle XIX.

m	σ	R_{min}	R_{mo}	R_m	V	m_2	c_w	$\frac{F_v}{R_u}$	F_n	m_{II}	c_o	$\frac{F_o}{R_o}$	F_o
30 86	28 78	13,26	22,45	17,26	0,301	0,279	9,87	0,048	0,84	0,154	8,30	0,076	1,70
22 76	24 76	21,06	34,3	26,87	0,276	0,170	9,03	0,053	1,112	0,106	6,52	0,073	2,51
20 70	28 74	27,89	45,44	35,60	0,276	0,090	6,39	0,075	2,08	0,053	4,35	0,110	4,98
28 82	30 78	40,53	66,89	52,07	0,284	0,087	9,21	0,052	2,105	0,048	5,96	0,080	5,35
28 80	24 80	20,39	31,56	25,36	0,244	0,165	9,44	0,051	1,03	0,129	8,38	0,057	1,80
36 88	36 92	38,73	59,46	47,98	0,240	0,090	10,26	0,046	1,80	0,068	8,85	0,054	3,20
40 92	32 88	35,78	50,37	42,45	0,187	0,097	11,62	0,041	1,47	0,071	9,05	0,063	2,65

Die Werthe V bewegen sich innerhalb der Grenzen 0,187 und 0,301 und stimmen namentlich für die erste Zeitfolge sehr gut überein (0,221 — 0,244), der Mittelwerth ist 0,245. Die Werthe $\frac{F}{R}$ liegen zwischen 0,041 und 0,110, die Mittelwerthe sind: $\frac{F_v}{R_u} = 0,058$, $\frac{F_o}{R_o} = 0,074$, das Gesamtmittel 0,066.

Da auch diese Versuche mit normaler Aufmerksamkeit ausgeführt wurden, dürften die geringeren Werthe von V und $\frac{F}{R}$ zum Theil der Uebung (die Werthe der Tabelle XVI waren die ersten nach dieser Methode, und es ist keine Reihe unberücksichtigt geblieben mit Ausnahme der wenigen Reihen, die in Folge ungünstiger Wahl der Reize R_1 , R_2 , R_7 und R_{II} zu Fehlschlägen führten), zum Theil der Verbesserung der Versuchstechnik zuzuschreiben sein.

Die Ergebnisse der Versuche nach dieser Methode sprechen entschieden für die Brauchbarkeit derselben, namentlich wenn man bedenkt, dass für jeden Werth R_1 , R_2 , R_7 , R_{II} nur halb soviel Versuche ausgeführt worden sind, als bei der Methode des vorigen Abschnittes für R_1 und R_2 ausgeführt wurden. Hinsichtlich der Ergebnisse für die Schwelle dürfte diese Methode sogar vor der früheren den Vorzug verdienen.

VII. Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung.

Die Frage nach der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung kann von einem doppelten Gesichtspunkte aus erörtert werden. Zunächst kann man sich einfach an die Ergebnisse einer gewissen Versuchsgattung halten und untersuchen, wie bei dieser sich die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung gestaltet. So beziehen sich meine früheren Versuche auf die Methode der Minimaländerungen unter der Voraussetzung, dass der mittlere Reiz bestimmt wird, indem man von R_u und R_o aus zwei Grenzen aufsucht und aus ihnen das geometrische Mittel nimmt. Weit aus die meisten Ergebnisse beziehen sich überdies auf die Mittelwerthe aus den beiden Zeitlagen $R_u R_m R_o$ und $R_o R_m R_u$. Für einzelne Versuchsreihen wurden indess die Ergebnisse für jede Zeitfolge getrennt angegeben.

Mehr und mehr kam ich zu der Ueberzeugung, dass sich die Einflüsse bei den beiden Zeitfolgen I und II nicht aufheben dürften. Die Versuche bei den vier andern Zeitlagen hatten nicht den Zweck, die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung endgültig zu ergründen, sie sollten vielmehr nur eine Entscheidung über die Hypothesen gewähren, welche zur Erklärung der verschiedenartigen Ergebnisse der Zeitlagen I und II aufgestellt werden konnten. Meine neuen Versuche auf Grund der Methode der richtigen und falschen Fälle lösen zunächst wiederum nur die frühere Aufgabe, insofern bei ihnen die Ergebnisse beider Zeitfolgen zusammen behandelt worden sind, R_m also einen Mittelwerth für beide Zeitfolgen darstellt. Die weiteren Versuche gestatten die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung für jede Zeitfolge allein zu untersuchen. Da jedoch die Hypothese, welche zur Erklärung der abweichenden Ergebnisse der Zeitfolgen I und II zu Grunde gelegt worden ist, eine befriedigende Erklärung der Ergebnisse aller Zeitfolgen nicht gibt, so darf man auch nicht annehmen, das arithmetische Mittel aller Zeitfolgen sei zur Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung geeignet, vor allem auch deshalb nicht, weil den Versuchen der Zeitfolgen III bis VI wegen ihrer ungleich größeren Schwierigkeit eine so entscheidende Rolle nicht zukommen kann.

Nur wenn es gelingen sollte, die Ursachen der verschiedenen

Ergebnisse der Zeitfolgen zu ergründen und zahlenmäßig in Rechnung zu ziehen, würde man die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung genauer zu erörtern vermögen. So lange dies nicht voll und ganz gelingt, wird es sich immer empfehlen, diese Abhängigkeit für die beiden Zeitfolgen allein zu untersuchen, bez. auch für den Mittelwerth. Die Untersuchungen beziehen sich dann eben auf die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindungsschätzung auf Grund der zur Anwendung gebrachten Methode. Dass verschiedene Methoden, die sich in wesentlichen Punkten unterscheiden, auch verschiedenen Nebeneinflüssen unterworfen sein können, dürfte von jedem einigermaßen erfahrenen Psychophysiker ohne weiteres zugestanden werden, woraus zugleich die zwingende Folgerung sich ergibt, dass man die Ergebnisse der einen Versuchsgattung nicht durch etwaige verschiedene Resultate einer andern Versuchsgattung richten darf. Ich wende mich nunmehr zu einer näheren Erklärung meiner Versuchsergebnisse und der Ergebnisse Angell's, soweit dies nach den gewonnenen Erfahrungen möglich ist.

1. Die Kriterien der logarithmischen Abhängigkeit und die Ergebnisse der Versuche Angell's.

Die früheren Erörterungen ließen die Möglichkeit offen, dass bei der Methode der mittleren Abstufungen theilweise nach gleichen Verhältnissen geschätzt werde. Diese Schätzungsweise musste bei den letzten Versuchen Angell's naheliegen, da er für R_u und R_o dreimal das Verhältniss 4, einmal das Verhältniss 3 und einmal das Verhältniss 5 gewählt hat und größere Verhältnisse, bei denen sich arithmetisches und geometrisches Mittel wesentlich unterscheiden, ausgeschlossen hat. Die früheren Erörterungen gaben weiter der Vermuthung Spielraum, dass bei unwissentlichem Verfahren und unregelmäßigem Wechsel des mittleren Reizes diesem die Aufmerksamkeit in besonderem Maße zugewandt wurde, wodurch für den mittleren Reiz ein zu kleiner Werth erhalten werden musste. Diese Vermuthung findet eine weitere Stütze in der Thatsache, dass bei den Versuchen Angell's die Zeitfolge »wenig Einfluss« ausübte.

Bestände nun für die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung

das logarithmische Gesetz, so müssten die Versuche Angell's und überhaupt alle Versuche, bei denen eine theilweise Schätzung nach gleichen Verhältnissen eintritt, kleinere Werthe als das geometrische Mittel liefern.

Da die Versuche Angell's aber z. Th. nahezu das geometrische Mittel, z. Th. größere Werthe ergaben, sprechen auch sie nicht in unzweifelhafter Weise für die logarithmische Abhängigkeit.

2. Der Einfluss der Zeitlage bei zwei auf einander folgenden Reizen.

Falls bei der Methode der mittleren Abstufungen die Erklärung der abweichenden Ergebnisse bei den verschiedenen Zeitfolgen nicht durch die Annahme möglich ist, dass der letzte Reiz unmittelbar gegeben sei, die andern als Erinnerungsbilder, und dass somit der letzte Reiz überschätzt werde, wird diese Erklärung auch für die Ergebnisse der Methode der ebenmerklichen Unterschiede hinfällig. Nimmt man zunächst an, dass im Apperceptionscentrum ein andauernder Reiz c vorhanden sei, der sich einem neu einwirkenden Reize hinzufüge, so erhält man bei der Methode der Minimaländerungen:

$$E_0 = R_0 + c,$$

$$E = R + c.$$

Dann ist aber für $c = 2$ und verschiedene Werthe von R_0 bez. R :

$$\frac{E_0}{E} = \frac{R_0 + c}{R + c} = \frac{13 + 2}{10 + 2} \neq \frac{130 + 2}{100 + 2} \quad \text{u. s. w.}$$

Das Verhältniss $\frac{E_0}{E}$ wird hiernach erst dann annähernd gleich dem Verhältniss $\frac{R_0}{R}$, wenn R einen größeren Werth erreicht hat. Hieraus erklärt sich z. Th. die untere Abweichung vom Weber'schen Gesetz. Für diejenigen Reizgebiete, für welche das Weber'sche Gesetz gilt, kann c gleich 0 angenommen werden.

Ebenso berechtigt, wie die eben gemachte Annahme, ist die Hypothese, jeder Reiz lasse eine gewisse Erregung zurück, die sich dem folgenden Reize hinzufüge. Diese wird einen gewissen Bruch-

theil des vorausgehenden Reizes betragen. Bezeichnen wir diesen Theil mit x , so wird für die erste Zeitfolge der Versuche, welche der Ermittlung der Schwelle gelten:

$$E = R, \quad E_0 = R_0 + xR,$$

$$\frac{E_0}{E} = \frac{R_0}{R} + x \dots \dots \dots (1)$$

Ergibt sich bei der zweiten Zeitfolge der Werth R_0' , so erhält man:

$$E_0 = R_0', \quad E = R + xR_0',$$

also:

$$\frac{E_0}{E} = \frac{R_0'}{R + xR_0'} \dots \dots \dots (2)$$

Die Gleichsetzung der Werthe (1) und (2) liefert:

$$x = \frac{1}{2RR_0} \left\{ -(R^2 + R_0R_0') + \sqrt{(R_0R_0' - R^2)^2 + 4R^2R_0'^2} \right\} \quad (3)$$

Meine Versuche¹⁾ in Tabelle I, No. IIIb und IIa gaben für $R = 10$: $R_0 = 12$, $R_0' = 14$ und $R_0 = 11,6$, $R_0' = 16$. Für diese Werthe wird $x = 0,072$ und $0,144$. Dann ist $\frac{E_0}{E} = 1,272$ und $1,304$, während das arithmetische Mittel von R_0 und R_0' die Verhältnisschwellen $1,3$ und $1,38$ gibt.

Vorausgesetzt, dass die gemachte Annahme richtig ist, ist bereits die Benutzung des arithmetischen Mittels aus den Ergebnissen beider Zeitfolgen unrichtig, wenn es sich um die Bestimmung desjenigen Verhältnisses handelt, bei welchem sich zwei Empfindungen eben unterscheiden lassen. Handelt es sich lediglich um die Prüfung des Weber'schen Gesetzes, so ist die Bestimmung von x nicht erforderlich. Für die Methode der doppelten Reize gilt dieselbe Formel, wenn man unter R_0 den doppelten Reiz für die erste Zeitlage, unter R_0' den doppelten Reiz für die zweite Zeitlage versteht. Die Berechnung von x zeigt hier in noch schärferer Weise die Unrichtigkeit der arithmetischen Mittel.

1) Phil. Stud. IV, S. 284.

3. Der Einfluss der Zeitlage bei der Methode der mittleren Abstufungen.

Unter Beachtung des Werthes c und unter der Annahme, dass die Nachwirkung beim dritten Reize nur vom zweiten Reize herühre und nicht zugleich von dessen Zunahme durch den ersten Reiz, eine Annahme, die bei dem geringen Betrage von x keine nennenswerthe Aenderung bedingt, ergibt sich für die erste Zeitfolge:

$$\begin{aligned} E_u &= R_u + c, \\ E_m &= R_m + xR_u + c, \\ E_o &= R_o + xR_m + c. \end{aligned}$$

Setzt man diese Werthe in die Beziehung: $E_o - E_m = E_m - E_u$ ein, so erhält man:

$$x = \frac{(R_u + R_o) - 2R_m}{2R_u - R_m}, \dots \dots \dots \text{(I)}$$

oder, falls x bekannt ist und das zugehörige R_m gesucht wird:

$$R_m = \frac{(R_u + R_o) - 2xR_u}{2 - x}, \dots \dots \dots \text{(I')}$$

Die entsprechenden Formeln für die zweite Zeitfolge lauten:

$$x = \frac{(R_u + R_o) - 2R_m}{2R_o - R_m}, \dots \dots \dots \text{(II)}$$

$$R_m = \frac{(R_u + R_o) - 2xR_o}{2 - x}, \dots \dots \dots \text{(II')}$$

Die Formel (I') gibt für $R_o = 3R_u$:

$$R_m = 2R_u \text{ oder } R_m = \frac{R_u + R_o}{2},$$

also das arithmetische Mittel. Die Formel (I) eignet sich daher nicht zur Bestimmung des Factors x . Zu dieser Bestimmung eignet sich hingegen Formel (II) vorzüglich. Hat man den Werth x auf Grund dieser Formel bestimmt, so berechnet man dann am besten den Werth R_m für die übrigen Zeitfolgen und vergleicht die erhaltenen Werthe mit den durch den Versuch gewonnenen. Die Formeln für die übrigen R_m lauten:

$$R_m = \frac{(R_u + R_o) + x R_u}{2 - x}, \dots \dots \dots \text{(III)}$$

$$R_m = \frac{(R_u + R_o) + x R_o}{2 - x}, \dots \dots \dots \text{(IV)}$$

$$R_m = \frac{(R_u + R_o) - x(2R_o - R_u)}{2}, \dots \dots \dots \text{(V)}$$

$$R_m = \frac{(R_u + R_o) + x(R_o - 2R_u)}{2}, \dots \dots \dots \text{(VI)}$$

Die letzte Formel gibt für $R_o = 2R_u$ ebenfalls:

$$R_m = \frac{R_u + R_o}{2}.$$

Es gibt sonach zwei Zeitfolgen, für welche bei einem gewissen Verhältniss der Grenzreize die Nachwirkung des vorangehenden Reizes keinen Einfluss auf die Bestimmung des mittleren Reizes ausübt.

Ich bestimme jetzt den Werth x auf Grund der Versuche der zweiten Zeitfolge und der Formel (II) für die Höhenwerthe: 30 und 90, 20 und 100, 10 und 110 und das Gewicht 10,62 g. Die zu ganz verschiedenen Zeiten theils nach der Methode der richtigen und falschen Fälle, theils nach der Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle erhaltenen Werthe R_m stelle ich in folgender Tabelle zusammen, die in der ersten Verticalreihe die Nummer der Tabelle enthält, welcher der fragliche Werth entnommen ist, in der letzten Horizontalreihe die Mittelwerthe:

Tabelle XX.

R_u und R_o	30 und 90	20 und 100	10 und 110
VIII.	50,50	47,90	—
XII.	52,00	48,00	45,1
XVI.	51,20	49,50	44,1
XIX.	52,07	47,98	42,45
<i>MW</i>	51,44	48,34	43,86

Der Unterschied zwischen dem kleinsten und größten Werthe beträgt in Procenten des Mittelwerthes: 3%, 3,3% und 5,6%. Je größer sonach die Verhältnisse der Grenzreize werden, um so unsicherer wird die Ermittlung des Werthes R_m . Die auf Grund der Formel (II) berechneten Werthe x sind: 0,133; 0,154 und 0,183. Von diesen Werthen liegt nur einer innerhalb der Grenzen, welche für x bei zwei auf einander folgenden Reizen ermittelt wurden, und dieser eine Werth liegt der oberen Grenze sehr nahe. Inwieweit diese Werthe die Abweichungen der Werthe R_m vom arithmetischen Mittel zu erklären vermögen, dürfte schwerlich mit irgend welcher Sicherheit entschieden werden können. Dass eine Nachwirkung thatsächlich vorhanden war, glaube ich auf Grund der Selbstbeobachtung und auf Grund einzelner Versuchsergebnisse sicher behaupten zu können. Lassen wir zwei Kugeln gleichzeitig von derselben Höhe fallen, so addiren sich die Wirkungen auf Grund der Versuche von Starke¹⁾, lassen wir sie sehr rasch nach einander fallen, so scheint der zweite Schall wesentlich stärker. Je größer der Zwischenraum, um so mehr werden die Empfindungen einander gleich. Die Nachwirkung hängt sonach ihrer Größe nach von der Zwischenzeit ab. Da nun bei der Methode der mittleren Abstufungen die drei Reize in so kurzen Zwischenzeiten auf einander folgten, dass sie dem Gedächtniss noch völlig sicher gegenwärtig waren, so wäre es immerhin möglich, dass die Nachwirkung größer gewesen sei, als bei Bestimmung der Schwelle, bei welcher die zwei Reize etwa in derselben Zeit einwirkten, wie bei jener Methode die drei Reize. Sicher kann diese Frage indess nicht entschieden werden.

In einzelnen Fällen, in denen die Nachwirkung besonders stark zu sein schien, stellte ich hinterher Versuche an. Dies war z. B. bei den Reizen 110, 34 und 10 der Fall. Ließ ich nach Beendigung der Reihe eine Anzahl mal die Reize 110 und 34 schnell auf einander folgen und nach einer längeren Zwischenzeit nur den letzteren Reiz, so war dieser im ersteren Falle merklich stärker. Durch Selbstbeobachtung drängte sich mir aber noch eine zweite Wahrnehmung auf. Gingen die zwei starken Schalle 110 und 62

1) Phil. Stud. III, S. 264.

voraus, so erschien der letzte Reiz 10 nicht stärker, sondern eher schwächer. Die Nachwirkung, die sich vermuthlich physiologisch erklären lässt, wurde hier aufgehoben durch eine Contrasterscheinung, die möglicherweise auf physiologische und psychologische Ursachen zurückgeführt werden kann. Ich vermute, dass sich hier schon z. Th. die Beurtheilung nach Verhältnissen geltend macht. Im Vergleich zu den beiden starken Reizen 110 und 62 erscheint uns der Reiz 10 auffallend klein zu sein. Auf diese Ursache dürfte das Wachsthum der Werthe z zurückzuführen sein, das mit dem Wachsen der Verhältnisse der Grenzreize immer stärker zu Tage treten muss. Bei dem Verhältniss 3 und 5 habe ich einen Einfluss dieser Contrastwirkung nicht bemerkt. Es ist schwer, einen klaren Einblick in diese Verhältnisse zu gewinnen, weil die Nachwirkung und namentlich die Contrastwirkung meist innerhalb der Schwelle liegen, also experimentell nicht nachgewiesen werden können.

Für die folgenden Erörterungen lege ich für die Nachwirkung den Werth 0,13 zu Grunde, der durch die Contrastwirkung nicht beeinflusst zu sein scheint. Auf Grund der Formeln (I'), (II') und (III) bis (VI) berechne ich die Werthe R_m für die 6 verschiedenen Zeitfolgen und die Grenzreize 40 und 80, 30 und 90, 20 und 100 und 10 und 110. Wiewohl ich bei dem ersten Reizpaare keine Versuche ausgeführt habe, nehme ich es aus theoretischen Gründen hinzu. Die erhaltenen Werthe sind in folgender Tabelle zusammengestellt. In der ersten Verticalreihe stehen die Grenzreize, in der ersten Horizontalreihe die Zeitfolgen, in der letzten Verticalreihe sind die Mittelwerthe der berechneten und der durch den Versuch gefundenen Werthe R_m enthalten. Die zweite Reihe der letzten drei Horizontalreihen enthält die durch den Versuch ermittelten Zahlen für das Gewicht 10,62 g auf Grund der Tabellen VII, XI, XIV, XVI und XVIII. Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf die Annahme, der letzte Reiz werde um $\frac{1}{10}$ seines Werthes überschätzt. Das arithmetische Mittel der Grenzreize ist stets 60, die geometrischen Mittel sind 56,57; 51,96; 44,72 und 33,17.

Nennen wir die Annahme, der vorhergehende Reiz lasse eine Nachwirkung zurück, A und die Annahme, der letzte Reiz werde überschätzt, B , so sprechen von den 18 Werthen der letzten drei

Horizontalreihen 11 zu Gunsten von *A*, 5 zu Gunsten von *B*. 2 Werthe liegen etwa in der Mitte der auf Grund beider Annahmen bestimmten Werthe. Die auf Grund der Annahme *B* geforderte Uebereinstimmung der I. und III., II. und IV, sowie V. und VI. Zeitfolge findet nur einmal statt, in allen übrigen Fällen weichen diese Werthe wesentlich von einander ab. In allen Fällen, wo die Versuchsergebnisse nicht zu Gunsten der Annahme *A* sprechen bez. beide Annahmen zu unterstützen scheinen, folgt der Reiz R_u

Tabelle XXI.

R_u u. R_o	I $R_u R_m R_o$	II $R_o R_m R_u$	III $R_m R_u R_o$	IV $R_m R_o R_u$	V $R_u R_o R_m$	VI $R_o R_u R_m$	MW
40 u. 80	58,61	53,05	60,95	69,73	52,20	60	60,09
30 und 90	60 (64,5) 60,19	51,68 (61,5) 51,44	66,26 (64,5) 67,30	70,43 (61,5) 64,98	50,25 (54) 55,70	61,95 (54) 60,30	60,09 (60) 59,99
20 und 100	61,39 (65) 60,16	50,27 (61) 48,34	65,56 (65) 67,80	71,12 (61) 65,80	48,30 (54) 53,10	63,90 (54) 61,10	69,09 (60) 59,40
10 und 110	62,78 (65,5) 59,69	48,88 (60,5) 43,88	64,87 (65,5) 64,00	71,82 (60,5) 57,30	46,35 (54) 53,10	65,85 (54) 54,50	60,09 (60) 55,49

auf den Reiz R_o , oder er geht ihm voran (III bis VI). Im ersteren Falle erscheint R_u durch den Contrast herabgedrückt, und es ergeben sich für R_m kleinere Werthe (IV und VI), im letzteren Falle erscheint R_o durch den Contrast gehoben und R_m wird zu groß (III und V). Besonders charakteristisch tritt diese Contrastwirkung in den letzten Werthen der Tabellen IV und VI hervor. Da sich die Contrastwirkungen z. Th. aufheben, stimmen die Mittelwerthe bei den Grenzreizen 30 und 90, 20 und 100 nahezu mit dem arithmetischen Mittel überein, während bei den Reizen 10 und 110 die erstere Contrastwirkung wesentlich überwiegt, und infolgedessen der Mittelwerth kleiner als das arithmetische Mittel ist. Eine genauere Bestimmung der Nachwirkung und des Contrastes gestatten

die vorstehenden Ergebnisse nicht, sie lassen aber das eine erkennen, dass im arithmetischen Mittel der Zeitlagen I und II weder die Einflüsse der Nachwirkung, noch die Wirkungen des Contrastes eliminirt sind. Da indess bei dem Verhältniss 3 der Grenzreize die Contrastwirkung kaum von Belang sein dürfte, und da der Einfluss der Nachwirkung bei der Zeitlage I nicht in Betracht kommt, so muss diesen Versuchen eine besondere Bedeutung zukommen.

Interessant sind die Werthe, die sich bei den Reizen 40 und 80, bei denen die Contrastwirkungen vermuthlich nicht in Frage kommen können, auf Grund der Annahme einer Nachwirkung ergeben würden. Bei diesen Versuchen würde die erste Zeitfolge einen Werth liefern, der kleiner als das arithmetische Mittel und um 2,04 größer als das geometrische Mittel ist, die zweite Zeitfolge einen Werth, der um 3,52 kleiner als das geometrische Mittel ist. Der Mittelwerth aus diesen beiden Zeitfolgen würde also hier kleiner als das geometrische Mittel ausfallen müssen! Im Schallgebiet sind derartige Versuche nicht empfehlenswerth, da geometrisches und arithmetisches Mittel im Schwellengebiet liegen. Bei dem Reizverhältniss 3 ist der Werth der ersten Zeitfolge gleich dem arithmetischen Mittel, und bei größeren Reizverhältnissen etwas größer. Der Werth der zweiten Zeitfolge ist bei dem Verhältniss 3 nahezu dem geometrischen Mittel gleich, bei größeren Reizverhältnissen übertrifft dieser Werth das geometrische Mittel in immer stärkerem Maße. Die Abweichungen vom arithmetischen Mittel sind im ersteren Falle für die Verhältnisse 2, 3, 5 und 11: $-1,39$, 0 , $+1,39$, $+2,78$, die Abweichungen vom geometrischen Mittel im zweiten Falle für die nämlichen Verhältnisse: $-3,52$, $-0,3$, $+5,55$, $+15,71$. Aus diesem Grunde bereits macht sich eine getrennte Untersuchung der Ergebnisse bei den einzelnen Reizverhältnissen nöthig.

4. Die Ergebnisse bei dem Verhältniss 3 der Grenzreize.

Die Versuche für die Grenzreize 10 und 30 gaben bei der Zeitlage I als Mittel aus zwei Reihen (Tab. VII und XVIII) den Werth 20,52, für die Grenzreize 15 und 45 ergab sich der Werth 30,31 (Tab. XVIII), für die Grenzreize 20 und 60 als Mittel aus 2 Reihen

(Tab. VII und XVIII) 40,52 und endlich für 30 und 90 als Mittel aus 7 Reihen (Tab. VII, XI, XVI und XVIII) 60,33. Während für die ersten Grenzverhältnisse die einzelnen Werthe nur in den Zehnteln abweichen, bewegen sich die Werthe für das letzte Grenzverhältniss, die sich auf Versuche erstrecken, die nahezu $1\frac{1}{2}$ Jahr aus einander liegen, innerhalb der Grenzen 58,7 und 62,4; die größte Abweichung der Grenzwerte vom Mittel beträgt etwa $3\frac{1}{2}\%$. Dabei beziehen sich diese Versuche auf Gewichte zwischen 2,03 und 164 g und auf die Methoden der richtigen und falschen Fälle und der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle. Von den genannten 12 Reihen gaben 8 von vornherein einen etwas höheren Werth als das arithmetische Mittel, 4 Reihen einen etwas niedrigeren Werth. Sämmtliche Mittelwerthe sind etwas höher als das arithmetische Mittel.

Demnach lassen diese Werthe, die also von der Nachwirkung und der Wirkung des Contrastes nicht in störender Weise betroffen sind, die **Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung** als höchst wahrscheinlich erscheinen.

Daher darf man auch bei der Zeitlage II als gesuchten Werth das arithmetische Mittel betrachten und die Abweichungen als eine Folge der Nachwirkung und zum geringen Theil anderer Ursachen betrachten. Die Mittelwerthe der entsprechenden Versuche der II. Zeitlage sind: 18,28; 26,87; 35,98; 51,40 (Tabelle VIII, XII, XVI, XIX). Auf Grund dieser Werthe ergibt Formel (II):

$$x = 0,082; 0,099; 0,096; 0,134.$$

Bestimmt man den Werth x bei den Höhen 30 und 90 für das kleinste und größte Gewicht, so ergeben sich die Werthe: 0,122 und 0,144. Sonach scheint die Nachwirkung nicht proportional der absoluten Reizstärke zuzunehmen, sondern in etwas höherem Grade. Hieraus erklären sich vermuthlich die bei Zeitfolge I erhaltenen Werthe, die das arithmetische Mittel übertreffen. Da auf den ersten Werth deshalb ein großes Gewicht nicht gelegt werden kann, weil er sich auf die ersten Reihen zweier verschiedener Versuchsgattungen bezieht, welche die verhältnissmäßig am meisten abweichenden Werthe 19,3 und 17,26 unter allen Versuchen bei dem Grenzverhältniss 3 lieferten, und da jedenfalls der letztere Werth dem wahren Werthe näher liegt, wollen wir für den Mittel-

werth 30 der folgenden Versuche den Werth $x = 0,1$ und für den Mittelwerth 60 den Werth $0,13$ zu Grunde legen. Dass bei höheren Werthen des Grenzverhältnisses die Nachwirkung allein die vom arithmetischen Mittel abweichenden Werthe nicht zu erklären vermag, geht daraus hervor, dass die erhaltenen Werthe bei der Zeitlage I langsam abnehmen, statt zuzunehmen, bei Zeitlage II schneller abnehmen, als es die Nachwirkung bedingen würde.

5. Die Ergebnisse bei dem Verhältniss 5 der Grenzreize.

Für die Grenzreize 10 und 50 müssten sich für $x = 0,1$ auf Grund der Formeln (I) und (II) für die beiden ersten Zeitlagen die Werthe $R_m = 30,53$ und $26,32$ statt 30 ergeben. Für die Grenzreize 20 und 100 und $x = 0,13$ sind diese Werthe: $61,39$ und $50,27$ statt 60. Im ersten Falle ergibt sich als Mittel aus zwei Werthen für die erste Zeitlage $29,36$, für die zweite $26,18$, im letzten Falle als Mittel aus 7 Werthen: $60,3$ und $48,36$. Die Werthe R_m zeigen übrigens hier bereits größere Schwankungen, sie liegen für die erste Zeitlage zwischen $58,9$ und $62,2$ und für die zweite zwischen $46,5$ und $51,6$. Bezeichnen wir die Werthe, welche sich auf Grund der Nachwirkung ergeben müssen, für die erste und zweite Zeitlage mit A_I und A_{II} , die obigen Werthe mit B_I und B_{II} , das arithmetische Mittel mit M , so berechnen sich die Werthe C_I und C_{II} , welche der Berechnung von ε auf Grund der Formel (11) des I. Abschnittes zu Grunde zu legen sind, aus:

$$C_I = M \frac{B_I}{A_I}; \quad C_{II} = M \frac{B_{II}}{A_{II}} \dots \dots \dots (A)$$

Mit Benutzung dieser Formeln erhält man die Werthe $28,85$ und $29,84$, sowie $58,93$ und $57,72$. Hier ist augenscheinlich einmal der Werth der zweiten Zeitfolge, das andere Mal der Werth der ersten Zeitfolge größer. Legen wir daher die Mittelwerthe $29,34$ und $58,32$ zu Grunde, so ergeben sich für ε die nahezu übereinstimmenden Werthe $0,91$ und $0,90$, also abgerundet $0,9$. Mit Rücksicht auf Formel (VIII) des II. Abschnittes wird weiter $k = 0,79$ und nach Formel (IX) für $C = 1,3$: $\eta = 0,974$. Die außer der Nachwirkung noch vorhandenen störenden Einflüsse bedingen sonach, dass

die Empfindung E etwas langsamer zunimmt als der Reiz R , und zwar gelten für die Berechnung der Empfindungen die Formeln:

$$E = R^{0.9} = 0,79^{\log R} \cdot R = 0,974^{\frac{\log R}{C}} \cdot R \dots \dots (B)$$

6. Die Ergebnisse bei dem Verhältniss 11 der Grenzreize.

Für die hierbei einzig in Betracht kommenden Grenzreize 10 und 110 müssten sich auf Grund der Formeln (I') und (II') für $x = 0,13$ die Werthe: 62,78 und 48,88 statt 60 ergeben. Aus den Mittelwerthen 59,66 und 42,81 aus 6 Werthen ergeben sich auf Grund der Formeln (A) die Werthe: 57,02 und 52,55, welche in demselben Sinne wie die entsprechenden Werthe für die Grenzreize 20 und 100 abweichen, aber in stärkerem Maßstabe. Die Werthe R_m liegen für die erste Zeitfolge zwischen 57,9 und 61,2, für die zweite Zeitfolge zwischen 40,3 und 45,1. Die Schwankungen sind hier nicht größer wie bei dem Grenzverhältniss 5, weil die großen Gewichte nicht benutzt wurden. Die größere Verschiedenheit der Werthe für die beiden Zeitfolgen weist darauf hin, dass hier bereits verschiedene Ursachen oder gleiche Ursachen in verschiedenem Grade wirksam sein müssen. Berechnet man die ϵ , k und η für beide Zeitlagen getrennt, so erhält man:

	I.	II.	MW
ϵ	0,88.	0,71.	0,80.
k	0,76.	0,51.	0,64.
η	0,968.	0,927.	0,947.

Die Berechnung von η ist augenscheinlich vor allem auch deshalb empfehlenswerth, weil es sich innerhalb geringerer Grenzen bewegt als ϵ und namentlich k .

7. Die Ergebnisse der früheren Versuche.

Bei den früheren Versuchen nach der Methode der Minimaländerungen wurde mit dem Verhältniss 3 der Grenzreize begonnen. Hierbei zeigte sich, dass der Reiz R_m wesentlich kleiner als R_u

genommen werden musste, um gleich R_m zu erscheinen. Um dies nach Möglichkeit zu vermeiden, wurden die Zeiten, welche zwischen zwei Reizen lagen, größer genommen. Dadurch wurde die Nachwirkung, von deren Dasein ich damals keine Kenntniss hatte, vermindert. Jeder einzelne Schall musste dann mit großer Aufmerksamkeit aufgefasst und im Gedächtniss behalten werden. Möglicherweise kommt daher in Bezug auf diese Versuche die Hypothese *B* neben der Hypothese *A* in Frage. Die Ergebnisse bei geringen Verhältnissen der Grenzreize sprechen durchaus dafür, denn sie weisen bei Zeitlage I überall das arithmetische Mittel oder größere Werthe auf, während man kleinere Werthe als das arithmetische Mittel erwarten sollte, und selbst bei Zeitlage II ergeben sich bis zum Verhältniss 10 noch nahezu die arithmetischen Mittel. Die Abweichungen für die beiden Zeitlagen bei größeren Grenzverhältnissen dürften auf dieselben Ursachen zurückzuführen sein, wie die Verschiedenheit von ϵ für das Verhältniss 11 des vorigen Abschnittes, d. h. also zum größten Theile durch den Einfluss des Contrastes sich erklären. Die Versuche der Tabellen I und II stehen zwischen den Versuchen nach der Methode der Minimaländerungen und den späteren Versuchen. Die Zwischenzeit war etwas verkürzt worden, sie war indess immer noch so groß, dass ich eine Selbstbeobachtung über die Nachwirkung nicht gemacht habe. Doch waren bereits bei dem Verhältniss 5 der Grenzreize die Ergebnisse für beide Zeitlagen verschieden, wenngleich die Mittelwerthe für beide Zeitlagen nahezu den arithmetischen Mitteln entsprechen. Derartige Ergebnisse würden durch die Annahme der Hypothesen *A* und *B* erklärt werden können, wenn man für die Größe x einen kleineren Werth zu Grunde legte. Die Abweichung des Werthes R_m vom arithmetischen Mittel bei den Grenzreizen findet ihre Erklärung durch den Contrast, von dessen Einfluss bei der Zeitlage II ich mehr und mehr überzeugt wurde. Bevor ich zu den Versuchen für die einzelnen Zeitlagen übergang, wurden die Fallzangen, welche kleine Mängel infolge des vielfachen Gebrauches zeigten, durch neue ersetzt, welche gestatteten, die Schalle schneller auf einander folgen zu lassen. Dabei machte ich die Bemerkung, dass bei schnellerer Aufeinanderfolge (die Zwischenzeit war geringer, als bei allen vorangehenden Versuchen nach den mathematischen der mittleren

Abstufungen) der Reize eine überaus sichere und jeden Zweifel ausschließende Beurtheilung möglich war. Da die neuen Versuche überdies den Einfluss der Zeitfolge ergründen sollten, schien mir eine Versuchsanordnung zweckmäßiger, die diesen Einfluss in voller Unzweideutigkeit zu Tage treten ließ. Die Versuche, welche die Richtigkeit der Hypothese *B* nachweisen sollten, sprachen bereits bei den Höhen 30 und 90 gegen dieselbe. Ich wiederholte sie bei den Höhen 20 und 100, sowie 10 und 110 mit demselben negativen Erfolge. Auf Grund einzelner Versuchsreihen nach der Methode der Gleichheits- und Ungleichheitsfälle wurde ich von der Haltlosigkeit dieser Hypothese völlig überzeugt, und zugleich gelang es mir, mich von dem Vorhandensein einer Nachwirkung durch Versuche zu überzeugen.

Durch die Annahme einer Nachwirkung erklären sich auch in ungezwungener Weise die Ergebnisse der Versuche, welche die Bestimmung der Schwelle bezweckten¹⁾. Als ich die Kugeln noch aus bloßer Hand fallen ließ, ließ ich sie ziemlich rasch auf einander folgen. Für diese Versuche ergab sich $x = 0,144$. Nach Einführung der Fallzangen machte sich eine etwas größere Zwischenzeit durch die Versuchstechnik nöthig. Die Werthe der beiden Zeitfolgen stimmten wesentlich besser überein und x sank auf 0,072 herab. Auf Grund der Hypothese *B* müsste man das Gegentheil erwarten. Da bei den früheren Versuchen nach der Methode der mittleren Abstufungen die Zwischenzeit größer war, als bei den zuletzt genannten, wird x vermuthlich auf einen noch geringeren Werth herabgedrückt worden sein. Als ich jedoch durch Vervollkommnung der Versuchstechnik die bei den zuerst erwähnten Versuchen benutzte Zwischenzeit jedenfalls nahezu erreicht hatte, ergaben sich für x Werthe innerhalb der Grenzen 0,082 und 0,134.

Hinsichtlich des Contrasteinflusses bei den neueren Versuchen, die sich nur bis zum Verhältniss 11 der Grenzreize erstrecken, muss man annehmen, dass der letzte Reiz bei der Zeitfolge II um einen höheren Betrag als die Nachwirkung herabgedrückt werde, um denselben Werth für ε zu erhalten, wie bei der I. Zeitlage. Für

1) Phil. Stud. IV, S. 284.

die früheren Versuche mit größeren Verhältnissen der Grenzeize ist eine Berechnung überhaupt unmöglich. Bei den Grenzeizen 5,06 und 132,5 war der Unterschied der beiden Zeitfolgen 22. Nimmt man selbst an, der Reiz 5,06 werde bis auf 0 herabgedrückt, so erklärt sich der genannte Unterschied noch keineswegs. Hier scheint eben bereits eine theilweise Beurtheilung nach Verhältnissen Platz zu greifen, die nur psychologisch erklärt werden kann, und die auch die Abweichungen der Werthe der Zeitfolge I vom arithmetischen Mittel begreiflich macht.

Die Abweichungen der beiden Zeitfolgen nach Elimination der Nachwirkung lassen sich bei den vorliegenden Versuchen auch physiologisch erklären, insofern es möglich wäre, dass durch zwei vorangehende starke Reize ein Kräfteverbrauch im Leitungsnerven oder im Apperceptionscentrum sich geltend mache und infolgedessen der dritte Reiz schwächer erscheine.

Sonach dürften diese Versuche erkennen lassen, dass im Gebiete des Schallmaßes die Empfindung proportional mit der Reizstärke wächst, wenn man die Einflüsse der Nachwirkung und des Contrastes zu eliminiren sucht.

Bei den Versuchen von Angell wurde, wie ich vermute, die Aufmerksamkeit vorwiegend auf den mittleren variablen Reiz gerichtet. Wenn dies nach den Angaben Angell's bereits bei denjenigen Versuchen der Fall war, bei denen der mittlere Reiz stetig verändert wurde, so musste es, wie ich glaube, bei unregelmäßigem Wechsel in noch höherem Grade der Fall sein. Nimmt man an, dass dadurch der mittlere Reiz um den Bruchtheil y seines eigenen Werthes erhöht worden sei, und dass gleichzeitig die beiden andern Reize um denselben Bruchtheil schwächer erschienen seien, so wird:

$$E_u = R_u - yR_u,$$

$$E_m = R_m + yR_m,$$

$$E_o = R_o - yR_o.$$

Aus $E_o - E_m = E_m - E_u$ folgt dann:

$$y = \frac{R_1 + R_2 - 2R_m}{R_1 + R_2 + 2R_m}.$$

Diese Formel liefert auf Grund der von Angell gefundenen Werthe (Tab. V) die Größen: $y = 0,122$; $0,067$; $0,135$; $0,092$ und $0,156$; d. h. Werthe, die etwa innerhalb derselben Grenzen liegen, wie meine x -Werthe. Inwieweit andere Ursachen zur Erklärung der Abweichungen zwischen meinen Ergebnissen (Tab. IV) und den von Angell gefundenen Werthen heranzuziehen sind, kann nicht entschieden werden.

(Schluss folgt im nächsten Heft.)
