

Die Zeitschwellen gleichartiger und disparater Sinneseindrücke.

Von

Eduard Moffat Weyer.

Mit Figuren 3 bis 10 im Text.

(Schluss.)

Capitel I.

Zeitschwellen des Gesichtssinnes.

Bei der Bestimmung der Zeitschwelle für Gesichtseindrücke kann man entweder mehrere successive Reize, wie bei Anwendung einer mit Sektoren von verschiedenen Farben oder Helligkeiten versehenen Scheibe, oder bloß zwei nach einander folgende Reize, wie Funken, für die Untersuchung benutzen.

Lassen wir eine Scheibe mit zunehmender Geschwindigkeit rotiren, so werden die Empfindungen, welche von den einzelnen Sektoren ausgelöst werden, während des sogenannten Flimmer- oder Flacker-Stadiums mehr und mehr mit einander verschmelzen, dann aber wird ein Punkt erreicht, wo eine einzige intensiv und qualitativ constante Empfindung entsteht, wonach keine merkliche Aenderung dieser Empfindung durch weitere Zunahme der Geschwindigkeit mehr stattfindet. Wendet man statt der Scheibe Funken an, so kann man aber diesseits der Grenze der Verschmelzung in der Beobachtung der zwei Funken eine Reihe von Veränderungen bemerken. Bei einer gewissen Größe des Intervalles zwischen den Funken bezeichnet der Beobachter den Eindruck als »flimmernd und dauernd«, bei Abnahme des Intervalles nur als »dauernd«. Eine noch genauere Formulirung der Urtheile im Uebergangsstadium sieht man an den Tabellen III und IV, deren Ergebnisse bei Tageslicht gewonnen wurden.

Tabelle IV.

Beobachter Prof. Dr. Meumann.

σ	↓	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↓
6,1	1	1	<i>m</i>	<i>m</i>	1	1?	1	1	1	1	1
12,1	1	1	1 <i>D</i>	1	1	<i>F</i>	1	1	1	1 <i>D</i>	1
18,2	2 <i>D</i>	2 <i>D</i>	1 <i>D</i>	1	1?	1	1?	1	1?	1?	1
24,3	2 <i>D</i>	2 <i>D</i>	1	<i>F</i>	1?	2 <i>D</i>	2 <i>F</i>	<i>D</i>	1?	<i>FD</i>	1?
30,4	2 <i>D</i>	2 <i>D</i>	2 <i>F</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	2 <i>F</i>	2 <i>F</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>
36,5	2 <i>FD</i>	2 <i>FD</i>	2 <i>D</i>	<i>D</i>	2 <i>F</i>	2 <i>F</i>	2 <i>FD</i>	<i>D</i>	<i>F</i>	<i>F</i>	<i>F</i>
42,7	2 <i>FD</i>	2 <i>FD</i>	2 <i>F</i>	<i>F</i>	2 <i>F</i>	2 <i>F</i>	???	<i>F</i>	<i>FD</i>	<i>F</i>	<i>FD</i>
48,9	2?	2	?	2?	2 <i>FD</i>	2?	2?	2	2?	2?	<i>FD</i>
55,1	2 <i>D</i>	2	2	2?	2?	2 <i>I</i>	2?	2	2 <i>d</i>	2	2 <i>FD</i> ?
61,4	2 <i>D</i>	2 <i>I</i>	2 <i>D</i>	2 <i>D</i>	2 <i>I</i>	2	2 <i>I</i>	2	2 <i>I</i>	2 <i>d</i>	2 <i>D</i>

1 = Ein Funken.

m = Ein Funken (momentan).*D* = Dauernd.*F* = Flimmern.2*D* = Zwei Funken (zweifelhaft).

2 = Zwei Funken (deutlich).

d = sehr deutlich.*I* = Intervall bemerkbar.

Die Beobachter waren zur Zeit der betreffenden Versuche vollständig geübt. Das Urtheil der Zweiheit beruht auf deutlichem Flimmern, aber erst bei größerem zeitlichem Abstand ist das Intervall mit Deutlichkeit wahrzunehmen.

Damit keine vorgefassten Beeinflussungen auf diese feineren Unterscheidungen einwirkten, stellte ich zur Bestätigung der Resultate Versuche mit zwei geübten Beobachtern an, bei denen ich beliebig entweder einen oder zwei 12,1 σ von einander entfernte Funken hervorbrachte und über jeden Eindruck vorurtheilsfrei entscheiden ließ. Nach dreißig Eindrücken jeder Art fand ich, dass der eine Beobachter, Herr Müller, mehr als zwanzig Mal in jedem von beiden

Fällen richtig urtheilte. Eine Wiederholung desselben Versuches mit dem andern, Mr. Wilkinson, ergab mir 53 % richtige Urtheile für den einfachen Reiz, aber 70 % für den doppelten.

Weil der Uebergang von vollkommener Verschmelzung der Erregungen zur Trennung derselben Intervalle von $12,1 \sigma$ bis fast $55,1 \sigma$ einschließt — eine viel breitere Gebietsgrenze als der Uebergang bei der rotirenden Scheibe erfordert — suchte ich bei meinen Versuchen zwei Schwellen innerhalb dieses Gebietes festzustellen, die eine wo zuerst ein Flimmern in der dauernden Empfindung wahrgenommen wird, und die zweite, höherliegende, wo die Reize als zwei erkannt werden.

Auf diese Weise wurde das undeutliche Flimmer-Stadium ausgeschaltet, denn es zeigt sich, dass der Beobachter beim Urtheile »deutlich Flimmern« eigentlich bereits zwei Eindrücke bemerkte, und als das Urtheil von deutlich Flimmern in die Reihen aufgenommen wurde, zeigte es sich, dass die Schwellen für dasselbe etwa dieselben wie für zwei Reize waren.

Die Zeitmessungen, in tausendstel Secunden ausgedrückt, welche in den Tabellen V und VI auf den folgenden Seiten mitgetheilt sind, entsprechen den Lagen der Schwellen für Flimmern und Trennung; in der Tabelle V unter den Bedingungen einer unbeleuchteten Umgebung; in der Tabelle VI bei Beleuchtung durch Tageslicht. Die Werthe sind je nach ihrem Ursprung in zwei Gruppen geordnet. Diejenigen, welche aus aufsteigenden, d. h. Vergrößerungs-Reihen stammen, wobei der Uebergang von einer Wahrnehmung zur gesonderten Wahrnehmung beider Reize erfolgt, habe ich mit Trennungsschwelle S_A und Flimmerschwelle S_A bezeichnet, gegenüber den durch Verminderung des Zeitraumes gewonnenen Schwellen S_B 1). Die einzelnen Werthe sind ferner in Gruppen eingetheilt, zu deren jeder auf der rechten Seite das Mittel gezogen und im Falle der Trennungsschwelle die zugehörige mittlere Variation berechnet ist.

Die sämtlichen Mittelwerthe sind am Ende der gruppenweise geordneten Resultate jedes Beobachters zu finden. Ferner werden

1) Das Symbol S für die Zeitschwelle wurde gebraucht, um anzudeuten, dass die Zeitschwelle nicht eine Unterschiedsschwelle (\mathcal{A}_r) zweier Reize, sondern eine absolute Schwelle ist.

in diesen sowie in allen folgenden Tabellen die während der betreffenden Versuche gebrauchten Pendelablenkungen und die ersten drei Intervalle der Reihenfolge angegeben, wodurch man den Unterschied zwischen den successiven Stufen, in denen der Zeitraum geändert wurde, finden kann. Noch sei bemerkt, dass einige Reihen nur eine Trennungsschwelle ergaben. Die Flimmerschwelle ist viel unbestimmter und zuweilen unbemerkt überschritten worden. Die Reihen, in denen die Trennungsschwellen nicht deutlich hervortraten, wurden verworfen. Die Trennungsschwellen von Herrn Tyszko beruhten auf dem Urtheile des »deutlich Flimmerns«, welches, wie oben gesagt, dem Urtheile »Trennung« zu entsprechen scheint. Dasselbe war bei der ersten Gruppe (8. Dez. I.) des Herrn Müller (bei Tageslicht) der Fall, auch diese wurde bei der Ziehung der Mittelwerthe verwendet.

Die Hauptresultate, die sich aus den Tabellen ergeben, sind folgende:

I. Die beiden gesammten, in auf- und absteigender Richtung gewonnenen Schwellenwerthe für die Wahrnehmung zweier Funken bei Tageslicht (wovon der kleinste vorkommende $39,8 \sigma$ ist) weichen in keinem Fall mehr als 8σ von der Hälfte der entsprechenden, mit der adaptirten Netzhaut bei denselben Versuchspersonen gefundenen Werthe ab. Gewöhnlich werden die im Dunkeln gewonnenen Werthe wenig mehr als zwei Mal so groß.

II. Die Werthe der Trennungs- oder Zweiheits-Schwelle für absteigende Richtung ($T.-S_B$) sind im allgemeinen für Dunkel größer, für Tageslicht geringer als die für aufsteigende Richtung ($T.-S_A$) gewonnenen.

III. Die Flimmer-Schwellen zeigen sich in der aufsteigenden Richtung ($F.-S_A$) größer als in der absteigenden ($F.-S_B$) bei Tageslicht; im Dunkeln ist das Umgekehrte der Fall.

IV. Die Flimmerzone besitzt bei Dunkelheit eine geringere Ausdehnung als bei Tageslicht, ein eigentlich nicht erwartetes Resultat.

Wenn die entsprechenden Resultate verschiedener Beobachter mit einander verglichen werden, so zeigen sie keine deutliche numerische Regelmäßigkeit. Doch bemerken wir, dass eine bestimmte Gesetzmäßigkeit zwischen Flimmer- und Trennungsschwellen, sowie

Tabelle V.

Zwei Gesichtseindrücke. Versuche im Dunkeln. Pendelablenkung 19° 23' 31".

Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen						Bestimmungen aus absteigenden Reihen							
	Trennung- S_A			Flimmer- S_A			Trennung- S_B			Flimmer- S_B				
	V-Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	mV	V-Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	V-Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B	mV	V-Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B
Herr R. Müller. Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.														
I	73,5	—	—	—	—	—	104,1	—	—	—	—	—	73,5	—
	79,6	67,4	75,5	9,2	67,4	75,5	97,9	67,4	99,5	4,6	61,4	72,0	61,4	72,0
8. Dezember	91,8	79,6	79,6	—	79,6	79,6	91,8	79,6	91,8	—	79,6	—	79,6	—
	97,9	79,6	79,6	—	79,6	79,6	104,1	79,6	104,1	—	73,5	—	73,5	—
II	104,1	79,6	79,6	—	79,6	79,6	85,7	79,6	85,7	—	67,4	—	67,4	—
	85,7	67,4	75,1	7,7	67,4	75,1	116,5	67,4	94,9	10,8	87,4	—	87,4	—
I	79,6	67,4	67,4	—	67,4	67,4	91,8	67,4	91,8	—	—	—	—	—
	85,7	—	—	—	—	—	85,7	—	85,7	—	—	—	—	—
10. Dezember	91,8	—	—	—	—	—	89,6	—	89,6	—	—	—	—	—
	73,5	67,4	72,0	6,3	67,4	72,0	91,8	67,4	90,3	5,4	—	—	—	—
II	85,7	79,6	79,6	—	79,6	79,6	91,8	79,6	91,8	—	—	—	—	—
	91,8	73,5	73,5	—	73,5	73,5	97,9	73,5	97,9	—	—	—	—	—
II	79,6	73,5	73,5	—	73,5	73,5	104,1	73,5	104,1	—	—	—	—	—
	91,8	79,6	77,6	5,5	79,6	77,6	91,8	79,6	89,8	10,8	—	—	—	—
II	104,1	79,6	79,6	—	79,6	79,6	73,5	79,6	73,5	—	—	—	—	—
	88,0	74,0	74,0	7,6	74,0	74,0	93,9	74,0	93,9	8,5	—	—	—	—

Tabelle V. (Fortsetzung.)

Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen						Bestimmungen aus absteigenden Reihen								
	Trennung- S_A			Flimmer S_A			Trennung- S_B			Flimmer- S_B					
	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	mV	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B	mV	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B	
18. December	×	116,5				85,7				116,5		×	73,5		
		116,5				91,8				97,9			79,6		
		104,1	106,6	7,9		79,6	86,9			104,1	105,2	3,8	91,8	87,8	
		97,9				85,7				104,1			×	97,9	
		97,9				91,8				104,1				91,8	
		106,6	7,9			86,9				105,2	3,8		91,8	87,6	
Prof. Dr. Meumann. Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.															
Herr A. Tyszkko. Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.															
2. Juli	$\frac{5}{3}$	97,9				85,7				(97,9)			—		
	$\frac{3}{2}$	(104,1)				—				91,8			—		
	$\frac{5}{6}$	85,7	93,1	6,4		79,6	81,1			104,1	94,2	11,8	91,8	91,8	
	×	91,8				79,6				97,4			—		
	$\frac{3}{3}$	85,7				79,6				67,4			—		
	104,1				79,6				110,3			×	—		
		93,1	6,4			81,1				94,2	11,8		—	91,8	

Herr H. Jacobson. Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.										
15. Juli	91,8							79,6		—
	79,6	83,4	5,4					97,9	88,8	—
	79,6									
Derselbe. Intervalle: wie oben.										
16.—20. Juli	$\frac{4}{\times}$	93,0						$\frac{\overline{\times}}{6}$	73,5	—
		85,6							94,2	—
		83,2	86,2	2,8				\times	91,7	88,4
		84,4						\times	94,2	7,5
	$\frac{\overline{\times}}{5}$	84,4								—
		85,2	3,8						88,5	8,0

Tabelle VI.
Zwei Gesichtseindrücke. Versuche bei Tageslicht. Pendel-Ablenkung 19° 23' 31".

Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen						Bestimmungen aus absteigenden Reihen										
	Trennung- S_A			Flimmer- S_A			Trennung- S_B			Flimmer- S_B							
	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	mV	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B	mV	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B			
Herr R. Müller. Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.																	
I 8. December		48,9	48,9	0,0		—	—			42,7	36,5	4,1		—			
		48,9							36,5	30,4				—			
II		55,1			$\frac{3}{3}$	48,9				48,9			36,5				
		55,1	51,4	5,9	\times	48,9	39,0			48,9	42,7	7,4	\times	31,9			
		55,1			\times	36,5				48,9							
		55,1			\times	30,4				36,5							
I		36,5				30,4				30,4			24,3				
		55,1			\times	30,4				42,7			30,4				
		42,7	48,9	5,0		24,3	30,4			42,7	43,9	2,0		30,4			
		42,7				30,4	30,4			42,7				30,4			
9. December		55,1			\times	36,5				42,7			30,4				
		48,9				30,4				48,9			30,4				
II		55,1				42,7				42,7			30,4				
		42,7	45,8	6,2		30,4	44,5	\times		48,9	44,8	7,1		32,8			
		36,5				24,3				36,5							
		48,9				36,5				42,7			30,4				
											48,0	6,2			43,9	4,4	31,7

Tabelle VI. (Fortsetzung.)

Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen						Bestimmungen aus absteigenden Reihen							
	Trennung- S_A			Flimmer- S_A			Trennung- S_B			Flimmer- S_B				
	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	mV	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B	mV	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B
11. December	$\bar{3}$	42,7			$\frac{3}{4}$	30,4			$\underline{6}$	61,4			61,4	
		55,1			$\frac{4}{\times}$	36,5				61,4			61,4	
	$\times \underline{6}$	61,4	49,9	5,5	\times	12,1	27,4			48,9	8,0	$\bar{4}$	30,4	24,3
		42,7				18,2				48,9			36,5	
		48,9			\times	36,5				36,5			18,2	
		48,9				30,4								
15. December		48,9				36,5				48,9			30,4	
		48,9				18,2				55,1			18,2	
		48,9				24,3				55,1			36,5	
	\times	61,4	52,6	5,0	\times	24,3	26,0			55,1	3,8		30,4	27,8
		48,9				24,3			\times	61,4			24,3	
		48,9				24,3				48,9		\times	30,4	
	61,4				30,4				48,9			24,3		
		53,1	5,7	5,7		26,6			52,5	5,7			26,5	

Prof. Dr. Meumann. Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.

zwischen entsprechenden bei verschiedenen Beleuchtungen gewonnenen Schwellen besteht. Solche Verschiedenheiten der numerischen Verhältnisse sollte man bei einer einfachen Wahrnehmung, die anscheinend auf der Wirkung eines rein physiologischen Processes beruht, kaum vermuthen. Am besten wird man wohl der Verschiedenheit der Resultate durch die Annahme Rechnung tragen, dass die Verschiedenheit der Urtheile auf der Bevorzugung der verschiedenen Stadien der Erscheinung beruht, nicht aber auf größeren Abweichungen in der Reizbarkeit der individuellen Sinnesorgane. Wegen der Helligkeit des Funkens war das erste Eintreten des allmählich deutlich werdenden Flimmerns sehr schwer festzustellen. Kaum bestimmter war die Grenze, bei der die Trennung genügend deutlich erscheint, und demnach wird diese Trennung im Augenblick, in dem das Urtheil gefällt wird, im allgemeinen keine vollständige sein.

Ein Versuch, den ich machte, den Zeitpunkt festzustellen, in dem das vollständige Aufhören des ersten Funkenbildes auf der bisher passiven Netzhaut stattfindet, führte zu keiner endgültigen Entscheidung, weil die Feststellung dieses Punktes innerhalb gewisser Grenzen willkürlich ist. Als Hilfsmittel, um denselben annähernd zu bestimmen, wurden zwei Funkenzieher, anstatt eines, in die vorerwähnte mit Watte umkleidete Kiste in solcher Entfernung von einander gestellt, dass ihre Funken ungefähr den correspondirenden Punkten der Figuren auf gewöhnlichen Stereoskopbildern entsprachen. Vor die in der Wand der Kiste sich befindenden Glasplatten wurde dann ein Stereoskop angebracht, wodurch die Funken gleich Stereoskopbildern betrachtet werden konnten. In dem ganz dunkeln Zimmer war es nöthig, den Augen mittelst selbstleuchtenden Papiers die erforderliche Richtung zu geben. Wenn nicht matt geschliffenes Glas zwischen Kiste und Stereoskop gestellt war, so wurde hierbei eine vollständige Verschmelzung der Bilder unmöglich; ein solches Medium würde aber den Versuch verderben, da es die Stärke des Eindrucks allzu sehr vermindert. Was uns bei der Beobachtung der Funken auf diese Weise entgegentrat, war eine Bewegungsempfindung, wie man sie auch ohne Stereoskop beobachtet, wenn die Funken in Wirklichkeit diejenige Entfernung von einander haben, die sie bei Betrachtung durch das Stereoskop nur scheinbar besitzen. Nun wirkten die zwei Reize auf verschiedene Augen ein; die erste Reti-

nalreizung konnte daher keineswegs auf die Entstehung der andern einwirken, wenigstens nicht ehe die Eindrücke die Rindencentren der Sehnerven erreicht hatten. Falls nun die erste Reizung völlig verklungen war, ehe die nachfolgende begann, schien es mir, dass gar kein Bewegungsimpuls dieselben zu verbinden suchte. Ist dies richtig, so könnte man daraus die Zeitdauer der Empfindung zu bestimmen suchen. Doch ist es sehr schwer zu sagen, wo die Wahrnehmung der Bewegung schließlich aufhört. Aus 18 Versuchsreihen fand ich die folgenden Werthe.

Tabelle VII.

Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen				Bestimmungen aus absteigenden Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
Stereoskopischer Versuch. — Mr. G. Wilkinson.								
19. Febr.	4	99,4	104,9	5,8	4	90,0	94,8	7,2
		105,8				96,3		
		105,8				99,4		
		112,2			102,6	5		
		105,8			77,8			
		90,1			102,6			
24. Febr.	3	71,8	75,8	3,3	3 $\frac{4}{6}$	90,0	80,9	9,1
		80,8				71,8		
		74,8						
		Mittel S_A 96,2	13,5				Mittel S_B 91,3	8,9
Ausnahmsweise wurde hier folgende Reihenfolge von Intervallen gebraucht:								
		57,1	71,8	87,0	102,6			
		60,0	74,8	90,0	105,8			
		62,9	77,8	93,1	109,0			
		65,8	80,8	96,3	112,2			
		68,8	83,9	99,4	115,4			

Bevor ich zu einer directen Vergleichung der Schwellengruppen, die den entgegengesetzten Zuständen angehören, übergehe, ist es vor

allem nöthig, einige wesentliche Unterschiede ins Auge zu fassen. Der oben beschriebene stereoskopische Versuch zeigt die Thatsache, dass die Variationen in der Schwellenlage nicht, wie zum Beispiel im Falle der Raumschwelle, innerhalb engerer Grenzen durch die physiologischen Bedingungen beschränkt sind. Es ist daher von besonderer Schwierigkeit, die Einflüsse der physiologischen von denen der psychologischen Factoren auf die Resultate zu unterscheiden. Dies wird um so schwieriger sein, weil beide größtentheils denselben Effect einer Verminderung der Schwellenwerthe erzeugen. Die photochemischen Elemente reagiren schwächer, nachdem die Eindrücke mehrmals wiederholt worden sind. Dadurch wird die Dauer des physiologischen Vorgangs kürzer werden und die Schwellenwerthe kleiner. Mit diesem Ermüdungseffect ist auch im Dunkeln die unausschaltbare Störung der Adaptation verbunden. Mit diesen Einflüssen geht auf der psychologischen Seite der erniedrigende Effect der Uebung parallel. Wenn die physiologischen Factoren organischer Ermüdung die Resultate überhaupt beeinflussen, so haben sie selbstverständlich stärkeren Einfluss auf die zur Dunkelheit adaptirte Netzhaut und lassen sich durch die verhältnissmäßig größeren Variationen der Reihenergebnisse erkennen.

In den Reihen von Mr. Wilkinson findet man im Dunkeln betreffs der Trennungsschwelle eine sehr regelmäßige Verminderung der successiven Werthe den ganzen Versuch hindurch. Dies lässt sich hier aber nicht den physiologischen Factoren zuschreiben, sondern vielmehr der Uebung, denn die ersten Reihenwerthe eines Tages folgen ohne Unterbrechung den letzten Reihenwerthen des vorangehenden Tages in derselben Richtung nach mit Ausnahme der des letzten Tages, wo sie unterbrochen werden. Bei Tageslicht sind die Werthe zwar für diesen Beobachter weniger von einander abweichend, obgleich die Neigung zur Erniedrigung eben so regelmäßig und deutlich ist. Die Ergebnisse des Herrn Professor Meumann und die des Herrn Müller wurden in ganz ähnlicher Weise wie die des Mr. Wilkinson gewonnen. Um die Netzhautermüdung bei diesen Beobachtern zu prüfen, habe ich die Reihen eines jeden Tages derart getheilt, dass ich die zeitlich früheren und die zeitlich späteren zu je einer Gruppe vereinigte, sodann habe ich die Durchschnittswerthe derselben herausgezogen und mit einander verglichen; jedoch

habe ich keine regelmäßige Erniedrigung gefunden. Im allgemeinen fanden keine wesentliche Aenderungen der Schwellenlagen statt, traten aber welche ein, so entstand gewöhnlich eine Verkleinerung der Schwellenwerthe, nicht eine Vergrößerung. Im Dunkeln wurde die Erniedrigung auch nicht bedeutend größer als bei Tageslicht. Daher kann man aus den Versuchen beider keinen wesentlich größeren Effect der Ermüdung auf die adaptirten Augen behaupten. In den Versuchen des Herrn Müller kam sogar im Dunkeln an einem Tag eine Erhöhung von $4,8 \sigma$ vor.

Was sich über den Uebungseinfluss sagen lässt, ersieht man schon aus den Tabellen durch Vergleichung der Durchschnittszahlen der verschiedenen Gruppen. Von Tag zu Tag ist die Neigung zur Erniedrigung bemerkbar und damit ist in den meisten Fällen noch eine Neigung verbunden, der zu Folge die Werthe aus den nach einander folgenden auf- und absteigenden Reihen näher zusammenkommen ¹⁾).

Die Versuche mit Herrn Jacobson, worin die Abstufungen $\frac{1}{5}$ so groß wie die sonst gewählten waren, zeigen ungefähr dieselben Variationen, aber der Ermüdungseffect wird trotz der größeren Zahl der Eindrücke, welche zwischen den Schwellenbestimmungen gegeben waren, nicht ausgeprägter. Das gesammte Urtheil, welches Herr Jacobson für jedes der geprüften Intervalle gab, wird durch die folgenden Curven veranschaulicht.

Die Abscissen stellen das Verfließen der Zeit dar; die Ordinaten die betreffenden, nach Anwendung der Methode der richtigen und falschen Fälle berechneten Procentsätze der Gleichzeitigkeits- beziehungsweise Zweiheits-Urtheile. Wegen der Kleinheit der Abstufungen fand ein drittes, zweifelhaftes Urtheil häufig um die Grenze herum statt; diese Fälle wurden bei der Ausrechnung, da eine exactere Berechnung in diesem Falle zwecklos gewesen wäre, einfach halbirt.

Wir schließen hieraus, dass im Dunkeln die Zone, welche um

1) Kein merklicher Einfluss wurde an den Reihen bei verschiedenen Helligkeiten der Tage beobachtet, denn es scheint, dass das Auge, nachdem es adaptirt ist, auf die geringeren Schwankungen des gewöhnlichen Tageslichtes fast nicht reagirt. Die Versuche wurden stets zu fast derselben Zeit zwischen drei und fünf Uhr durchgeführt. An dunklen Tagen arbeitete ich vorzugsweise im Dunkelmzimmer.

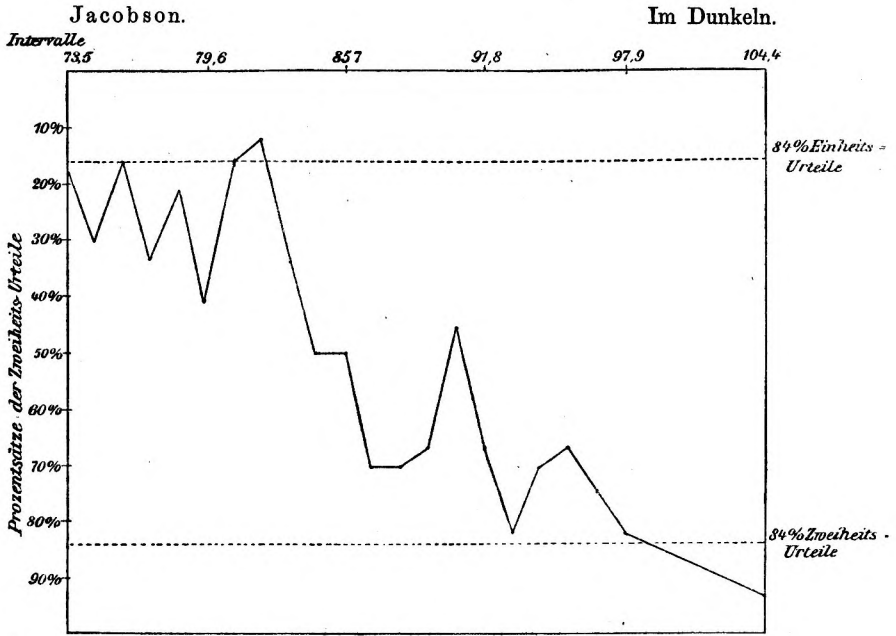


Fig. 3.

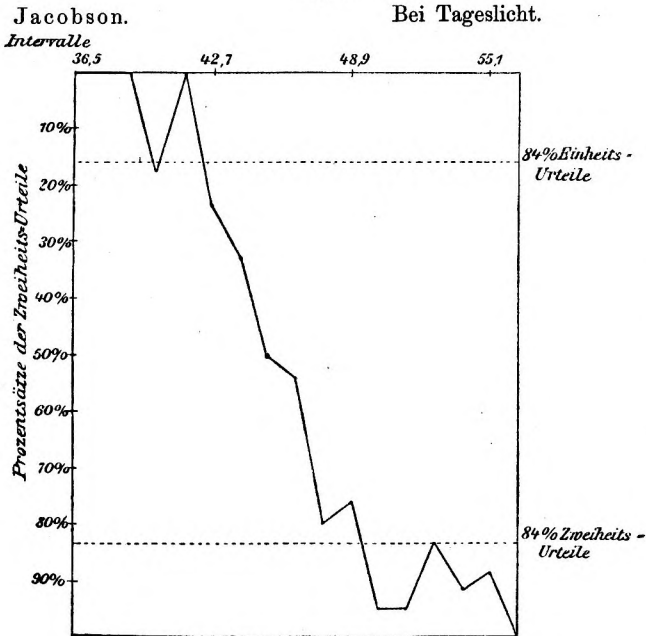


Fig. 4.

die Schwelle herum liegt und verschiedenartige Urtheile enthält, viel breiter ist und über mehr Intervalle reicht als bei Tageslicht. Herr Jacobson erkannte im Hellen in 25% der Fälle zwei Reize, als das Intervall sich auf $42,7 \sigma$ belief, und erlangte 84% schon bei dem Intervall $50,0 \sigma$. Im Dunkeln dagegen fiel 20% der Zweifelhits-Urtheile auf das Intervall $73,5 \sigma$; dies musste um $24,4 \sigma$ oder dreimal so viel verlängert werden, um auf 84% zu kommen. Später komme ich ausführlicher hierauf zurück.

Die einzige Grundlage, die man für die richtige Bestimmung der Zeitschwelle als gewiss voraussetzen darf, ist die zweifache Empfindung, welche durch die Eindrücke erfolgt. Wenn die Reize schnell genug auf einander folgen, wissen wir, dass die einzelnen Empfindungen in einander fließen und eine continuirliche Empfindung bilden. Ob die von einem Eindruck verursachte Empfindung genau so lange dauert, wie die entsprechende Netzhauterregung, lässt sich wegen des Ergebnisses des oben beschriebenen stereoskopischen Versuchs in Zweifel stellen, denn die Funken werden unter normalen Bedingungen, d. h. beim binocularen Sehen, schon bei viel geringerem zeitlichen Abstand als deutlich verschieden empfunden. Die Meinungen der Forscher sind übrigens in Bezug auf die Frage, was wir hier als physiologisches Substrat der Erregung annehmen dürfen, bekanntlich getheilt; namentlich ist es fraglich, ob wir die Retinalerregung als genau parallel der centralen Erregung gehend anzusehen haben oder nicht. Lassen wir also vorläufig den Vorgang in der Netzhaut außer Betracht und rufen wir uns die Wirkung der Reize, die uns alltäglich bei diffusem Tageslicht treffen, ins Gedächtniss zurück.

Man weiß, dass die Intensität der Beleuchtung sowie die des Reizes einen Einfluss auf die Dauer der Empfindung ausübt und zwar in umgekehrtem Verhältniss zu einander. Wir finden aber, dass diese beiden Factoren nicht entgegengesetzte, sondern dieselbe Wirkung auf die Zeit haben, die zu der Entstehung der Gesichtswahrnehmung nöthig ist.

Eine Intensitätszunahme entweder der Beleuchtung oder des Reizes wird die dazu nöthige Zeit verkürzen¹⁾. Dieses Verhalten lässt

1) Exner (Sitzungsber. der kaiserl. Akad. zu Wien. Math.-naturw. Cl. II. Bd. LVIII. S. 601 ff.) hat mit ziemlich gutem Erfolg die Wechselbeziehung zwischen Beleuchtungs- und Reizintensität zu finden versucht, deren Zunahme im

sich durch die Annahme erklären, dass die Entstehungszeit der Wahrnehmung dem Anklingen und nicht der Dauer der Empfindung entspreche.

Gehen wir nun einen Schritt weiter, und betrachten die Wahrnehmung eines zweiten rasch nach dem ersten folgenden, auf dieselbe Netzhautstelle wirkenden Reizes. Hier drängt sich uns die Thatsache auf, dass, wenn die Reize in dem richtigen zeitlichen Abstand von einander stehen, um eine Verschmelzung der Empfindung hervorzubringen, eine Zunahme der constanten Beleuchtungsintensität die gesonderte Wahrnehmung des zweiten Reizes begünstigt, während eine Zunahme der Reizstärke dies nicht thut. Zunahme der Beleuchtung und Verminderung der Reizstärke sind eben diejenigen Aenderungen, welche bekanntlich die Dauer einer Gesichtsempfindung verkürzen. Darum scheint es eine gerechtfertigte Annahme zu sein, dass das Vorhandensein einer verbreiteten constanten Beleuchtung (wie im Tageslicht) die Unterscheidung einer hinzutretenden heterogenen Empfindung begünstigt, insofern die Dauer der ersten Empfindung dabei kürzer ist. Dagegen wird das Anklingen der zweiten Empfindung nicht von wesentlicher Bedeutung für die Erscheinung sein¹⁾.

In unseren Versuchen wurde die Intensität des momentanen Funkens möglichst constant erhalten. Darum ist keine der Schwellenänderungen auf diesen Reiz an sich zurückzuführen; der Hauptunterschied der Versuchsbedingungen war vielmehr der Effect der beleuchteten und der unbeleuchteten Sehfelder.

geometrischen Verhältniss eine Abnahme der erforderlichen Zeit in ungefähr arithmetischem veranlasst. Diese mit farblosen Scheiben ausgeführte Untersuchung hat auf Seite der Reizintensität ein Gegenstück in der auf die Ermittlung der Verhältnisse bei Farbenwahrnehmung bezüglichen Arbeit Cattell's (Philos. Studien, Bd. III. S. 100). Karl Petrèn (Skandin. Archiv für Physiol. Bd. IV. 1893. S. 421 ff.) hat denselben Gegenstand wie Exner untersucht und kam dabei zu Resultaten, welche die früheren in diesem Punkte bestätigen.

1) Einen Versuch, welcher sich auf die Wirkung einer Zunahme der Reizstärke bezieht, findet man in der Arbeit Exner's (Pflüg. Arch. Bd. XI. S. 407). Demgemäß wurden zwei Funken um 41 σ von einander getrennt deutlich erkannt, als das Auge des Beobachters 280 mm von den Funken entfernt war. Wurde aber eine Entfernung von 640 mm genommen und die Reizintensität dadurch vermindert, so verkürzte sich die Zeit auf 21 σ . Zwar lagen die Mittelpunkte beider Netzhautbilder in dem ersten Fall 0,011 mm von einander entfernt und im zweiten wegen der weiteren Entfernung von den Reizen etwas näher. Letzteres kann aber einen so großen Zeitunterschied nicht allein erklären.

Gehen wir nun zunächst von der der Netzhaut gewöhnlich zugeschriebenen Functionsweise aus, so haben wir für die Erklärung der Wirkung einzelner Eindrücke von verschiedenen Stärken und Perioden die Arbeiten mehrerer Forscher zur Verfügung. Aber Arbeiten über die Wirkung des momentanen elektrischen Funkens fehlen meines Wissens bis jetzt gänzlich¹⁾.

Die Curven, welche den Verlauf der Gesichtszreizung darstellen, sind in den allgemeinen Merkmalen ihrer aufsteigenden und absteigenden Theile, ungeachtet der Reizverschiedenheiten und abgesehen von ihrer zeitlichen Ausdehnung, einander auffallend ähnlich. Es ist, wie Marbe sagt, »überflüssig, so complicirte und exacte Functionsweisen der Retina zu hypostasiren«, wie es Einige mittelst mathematischer Formeln versucht haben. Unsere Erkenntniss des Processes ist nur durch Selbstbeobachtung ermöglicht, welche die Gefahr in sich schließt, dass die centralen Erregungsvorgänge den peripherischen nicht genau entsprechen, und überdies hat solche Untersuchung mit allen unseren Wahrnehmungen der äußeren Welt eine Fehlerquelle gemein, nämlich die, dass die Empfindungsintensität nur innerhalb gewisser Grenzen der Reizintensität streng proportional ist. In erster Stelle also sind solche Gesichtszreizungscurven, wenn sie durch experimentelle Untersuchungen bestimmt werden, Darstellungen des Empfindungsverlaufes. Ich gebe daher ohne weitere Erörterung die Fick'sche Curve in Fig. 5 wieder, um nur ein annäherndes Bild der Retinalerregungen oder vielmehr des Empfindungsverlaufes zu bieten, wie er bei zwei in dunkler Umgebung entstehenden Funken zu Stande kommt, in der Zeitlage, wo beide Funken eben deutlich zu erkennen sind.

1) A. Fick (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 73⁹, auch Hermann's Handbuch d. Physiol. III. 1. S. 216 ff.) und F. Boas (Annalen der Physik und Chemie. Neue Folge. Bd. XVI. 1882. S. 327), welche von verschiedenen Grundthatsachen ausgingen, haben in ihren mathematischen Behandlungen des Gegenstandes die Aehnlichkeit aller solcher Curven vorausgesetzt. C. F. Müller (Inaug.-Dissert. Zürich 1866), damals ein Schüler von Fick, hat über den absteigenden Theil der Curve experimentirt. Er ließ einen von Papierscheiben erzeugten Eindruck bis zu Zeiträumen von 30 Sec. auf das Auge einwirken und seine Ergebnisse scheinen jene Annahmen zu bestätigen. Man findet in den Arbeiten von Bloch (Revue scientifique, Bd. XXXIX. S. 585) und Exner (Sitzungsber. der kais. Acad. zu Wien. Math.-naturw. Cl. 2. Bd. LVIII. 1868. S. 601 ff.) weitere Angaben, die sich auf die vermuthete Gestalt der Curve beziehen.

Da die Ordinate die Intensität und die Abscisse den Verlauf der Zeit darstellt, wird der Theil OT der Linie AB demjenigen Zeitraum entsprechen, welchen wir Trennungsschwelle nennen. Vom Punkte P ab hätte die erste Curve sich beinahe horizontal ausdehnen sollen bis zu dem Punkt ihres Verschwindens, etwa 90σ oder 100σ

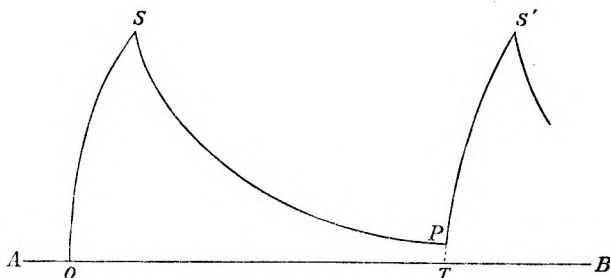


Fig. 5.

nach dem Anfang der Curve, wäre nicht eine zweite Erregung entstanden. Die dem Zustand bei hellem Sehfeld entsprechende Figur 6 muss sich nun von diesen in den zwei Merkmalen unterscheiden, dass die maximale Intensität abgeschwächt und die zeitliche Ausdehnung kürzer wird. Hieraus lässt sich im allgemeinen folgern:

1. Bei der Bestimmung der Trennungsschwelle misst man annähernd die Dauer der ersten Erregung.

2. Die Intensitäten des Funkens lassen sich nicht bei verschiedenen Beleuchtungen mit einander vergleichen. Man darf sagen, dass die photochemischen Elemente der Netzhaut annähernd proportional der Differenz zwischen der vorhandenen Helligkeit und derjenigen des hinzukommenden Lichtes reagieren. Es gibt zwei extreme Formen, in denen sich die zusammengesetzte Erregung unter dem modificirenden Einfluss des Tageslichtes bilden kann, aber keine dieser beiden Formen wird wahrscheinlich genau realisirt sein. Im ersten Fall bleibt die Form dieselbe, nur wird die Curve in allen Dimensionen kleiner sein, und zwar müsste die Grundlinie im Tageslicht ungefähr halb so lang und die Höhe demgemäß halb so hoch sein als im Dunkeln. Dies würde wohl begreiflich sein, wenn bloß die Leistungsfähigkeit der Elemente durch die Beleuchtung geschwächt und kein anderer Einfluss auf sie ausgeübt würde.

Dagegen deuten meine Resultate bestimmt darauf hin, dass der zweite Fall der Wirklichkeit näher kommt. Hier ist die Erregung

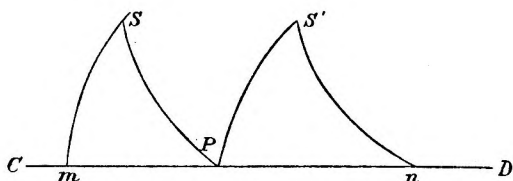


Fig. 6.

im Tageslicht nicht ein Miniaturbild der Erregung im Dunkeln, sondern sie gleicht dem oberen Theil der Dunkelcurve, so dass man in Fig. 6 eine neue Abscissenlinie CD in einer gewissen Höhe über AB (Fig. 5) annehmen kann. Ich habe deshalb die Curven auf diese Weise in Fig. 6 dargestellt. Dabei ist die Höhe der Grundlinie CD in Fig. 6 von der Intensität der beständigen Beleuchtung abhängig.

Uebrigens soll die Construction der Fig. 6 nur als Schema dienen, von welchem eine genaue Darstellung des wirklichen Geschehens sich mehr oder minder entfernen wird. Der für unser Problem wichtige Theil des Erregungsverlaufes ist das Abklingen der ersten Störung, welches im absteigenden Schenkel der ersten Curve graphisch ausgedrückt wird. Aus der Betrachtung der Figuren ersieht man, dass, wenn das Intervall verlängert wird, der niedrigste Punkt der zwischen den Störungen liegenden Senkung stets tiefer liegt und dem Verlauf der abklingenden Curve folgt, von der SP ein Theil ist.

Im Augenblick, wo die Zeitschwelle erreicht wird, ist der tief-liegendste Punkt P , wie schon vorher gezeigt, mit der Beleuchtungsintensität veränderlich. Wird das Auge plötzlich dem diffusen Tageslicht ausgesetzt, so muss der Punkt so hoch liegen, dass der gerade vorhergehende Theil der Curve steil abfällt, während er in dem dunkel adaptirten Auge fast horizontal ist.

Dieser Unterschied ist in der That so bedeutend, dass er auch in meinen Resultaten zum Ausdruck kommt. Vom Standpunkt der subjectiven Beobachtung geschieht nämlich die Aenderung der Empfindung im Dunkeln viel langsamer als bei Tageslicht. Bei den Ver-

suchen, die im Tageslicht ausgeführt wurden, war bei Annäherung der Schwelle die Trennung der Empfindung so rasch zu Stande gekommen, dass die eigentliche Schwelle nicht eher bemerkt wurde, bis sie überschritten war. Deswegen sind die hier durch Verlängerung des Intervalles erlangten Schwellenwerthe kleiner, als die durch Verkürzung desselben gewonnenen, während anderseits bei Verlängerung des Intervalles im Dunkeln die Schwellenwerthe größer wurden. Sie wurden hier offenbar deshalb größer, weil zwischen den zwei Bestimmungen bei Verlängerung und bei Verminderung des Intervalls ein neutrales Gebiet lag, wo die Empfindung so gleichmäßig war, dass der Beobachter an seinem vorangehenden Urtheil nichts ändern konnte. Dieses gilt für alle Versuchspersonen, mit Ausnahme des Prof. Meumann, dessen Reihen Schwellenwerthe im Dunkeln ergaben, welche so nahe aneinander lagen, dass sie als übereinstimmend betrachtet werden können.

Es gibt ferner noch einen indirecten Beweis, welcher zur Bekräftigung dieses Punktes beigefügt werden kann. Er liegt darin, dass die Schwellenwerthe im Dunkeln ein wenig unregelmäßiger und die Versuchsfehler zahlreicher sind. Beide Merkmale deuten die Unbestimmtheit der betreffenden Schwellenlage an, obwohl sie auch zum Theil durch die Netzhautermüdung und durch die Störung der Adaptation verursacht sein können.

Auf den ersten Blick scheinen nun die Ergebnisse über die Flimmerschwellen mit der obigen Erklärung der Trennungs-Erscheinung nicht vereinbar zu sein. Da der veränderliche Punkt *P* sich bei Verminderung des Intervalles im Tageslicht schneller erhebt als in der Dunkelheit, so sollten wir ohne weiteres zu der Ansicht kommen, dass die beiden Schwellen im ersteren Falle näher zusammen liegen als im letzteren. Nach meinen schon erwähnten Resultaten ist das Gegentheil der Fall. Die Flimmerzone im Dunkeln ist ein wenig kleiner als bei Tageslicht. Dies wird aber erklärbar und richtig aufgefasst werden, sobald wir uns über die Verschiedenheit der Gründe, worauf das Urtheil in den zwei Fällen beruht, Rechenschaft geben. Im letzteren Fall (bei Tageslicht) ist die Trennung zwischen beiden Erregungen eine vollständige und die Zwischenempfindung annähernd schwarz, denn das Innere des Kastens, welches den Hinter-

grund für die Funkenbilder bildete, war schwarz. Hingegen bei Dunkelheit wissen wir aus dem stereoskopischen Versuch, dass die Trennung nicht vollkommen ist, bis ein Intervall von 96σ zwischen den Reizen liegt, bei dem wir ebenfalls eine Zwischenempfindung von schwarz haben; bei dem kleineren Intervalle dagegen haben wir nur einen Grad von verminderter Helligkeit. Es ist daher vollkommen begreiflich, dass der Uebergang bis zur Trennungsschwelle im Dunkeln entweder gleich oder, wie die Resultate ergeben haben, etwas kürzer ist. In den schematischen Darstellungen sollte deshalb der Punkt *P* in dem Augenblick, wo die Flimmerschwelle in beiden Fällen erreicht wird, ungefähr in beiden Fällen dieselbe Höhe oberhalb der Grundlinie haben (*AB* in Fig. 5, *CD* in Fig. 6).

Capitel II.

Zeitschwellen des Gehörssinnes.

Das vorliegende schließt sich dem vorangehenden Problem an, und es kann wie dieses mittelst mehrerer successiver Reize, wie bei Benutzung eines Zahnrades, oder nur mittelst zweier Reize untersucht werden. Die nach der ersten Methode ausgeführten Experimente Mach's¹⁾ veranschlagen den Werth der Zeitschwelle auf 16° oder 62 Eindrücke in einer Secunde, welche eben noch deutlich wahrgenommen werden. Dieses Ergebniss wurde mittelst eines Zahnrads, das hohe kurze Schläge angab, gewonnen. »Es ist zu bemerken«, sagt Mach, »dass bei so raschen Schlägen nach der Ansicht der Akustiker eigentlich schon ein Ton entstehen sollte«, ferner zweifelte er nicht, »dass Sinusschwingungen von dieser Periode entschieden einen Ton hervorbringen würden«.

Uebrigens müssen wir bei diesem Versuch die einzelnen Geräusche als sehr anhaltend betrachten, im Vergleiche zu dem Knistern eines Funkens, bei dem Exner später den viel kleineren Schwellenwerth von 0,00205 Secunden erhielt. Zugleich fand Exner, dass auch das Zahnrad ebenso kleine Schwellenwerthe ergab, falls die

1) Mach, Sitzungsber. d. Wiener Akad. Math.-naturw. Cl. II. Bd. LI. (1865) S. 142 ff.

Feder desselben aus einer nicht sehr vibrirenden Substanz bestand. Die paarweise, nicht reihenförmige Entstehung der Eindrücke trug hierbei allerdings etwas zu der Kleinheit dieser Schwelle bei, denn das benutzte Zahnrad besaß nur drei hinter einander stehende Zähne; drehte man es langsam, so entstanden zwei ganz ähnliche Schläge, denen nach einer langen Pause zwei weitere folgten.

Es zeigt sich nun, dass Entscheidungen über das Funkenknistern mit großer Schwierigkeit getroffen werden, so dass ein drittes, zweifelhaftes Urtheil nicht zu vermeiden ist. Solche Urtheile können jedoch im vorliegenden Fall als Versuchsfehler betrachtet werden, da der Beobachter zuweilen wahrnimmt, dass in Wahrheit nur ein Knistern stattfand, und er nur durch seine vorgefasste Meinung zum Zweifel veranlasst wurde. In der Tabelle habe ich die Zahl dieser zweifelhaften Urtheile in der mit *Z* bezeichneten Spalte angegeben.

Die eigentliche Größe der Schwelle ist übrigens etwas kleiner als dasjenige Intervall, welches als Schwelle bezeichnet ist, denn es besteht zwischen diesem und dem nächst kleineren ein Abstand. Sollte ein Fehler in der Genauigkeit des Apparates existirt haben, so konnte er nur darin liegen, dass die Zeitdistanz größer geschätzt wurde, als der wirklichen Distanz zwischen den beiden Spitzen entsprach, weil, wenn die Feder des Pendels an der ersten Spitze anstieß, diese sich etwas bog und dann mit größerer Geschwindigkeit zur zweiten Spitze übersprang. Das Knistern des Funkens entstand aber im Moment der Unterbrechung des Stromes. Obgleich dieser Umstand, wenn er einen Einfluss gehabt haben sollte, die Schwelle länger erscheinen lassen musste, so habe ich doch noch kleinere Schwellen als die von Exner mitgetheilten erhalten.

Die Tabelle VIII enthält die an fünf Versuchspersonen gewonnenen Ergebnisse, welche sich in drei Gruppen nach der Größe der Stufen eintheilen lassen, wobei das Intervall in der Erlangung der Reihen allmählich verlängert bzw. vermindert wurde. Die Ergebnisse des Herrn Müller, welche zu Anfang in der Tabelle stehen, zeigen Werthe, die mittelst zweier Stufengrößen erlangt wurden. Bei der kleineren Stufengröße wandte ich zuerst ein schwaches Geräusch an, dann nahm ich das stärkste, welches ich durch den Funken erzeugen konnte, aber, wie zu sehen ist, war kein großer Unterschied bemerkbar. Von den nächsten zwei Personen wurden die Versuche unter

Tabelle VIII.

Zwei Gehörseindrücke. Pendelablenkung 19° 23' 31".

Größe der Stufen	Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen				Bestimmungen aus absteigenden Reihen			
		Z	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	Z	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B
1,212	24. Nov.	Herr R. Müller.							
		0		3,63		4	×	8,48	
		2		6,05		1		4,84	
		1		4,84		1		6,05	
		0		3,63	4,84	2		6,05	6,05
		2		6,05		2		6,05	
		1		4,84		0		4,84	
		1		4,84		1		6,05	
Schwaches Geräusch 0,303 Lautes Geräusch	22. Febr.	2		3,33		0	$\frac{3}{3}$ $\frac{5}{3}$	4,23	
		1		2,42		0	$\frac{3}{3}$	2,42	
		0	$\frac{3}{3}$	2,42		2	×	3,03	
		0		3,03	2,72	0		3,93	3,28
		0	$\frac{3}{3}$	2,42		0	$\frac{3}{3}$	2,42	
		0		2,72		0		3,63	
		2		3,33		0		2,12	
	0		2,72		0		2,42		
	0		2,72		2		3,03		
	1		2,72	2,82	1		3,03	2,68	
	0		2,72		0		2,42		
	0		2,72		1	$\frac{3}{3}$	3,03		

Tabelle VIII. (Fortsetzung.)

Größe der Stufen	Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen				Bestimmungen aus absteigenden Reihen					
		Z	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	Z	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B		
		Verfasser.									
1,212	23. Nov.	0		2,63		0		2,42			
		2		4,84	3,63	1		2,42	3,03		
		1		2,42		1		3,63			
						1		3,63			
0											
0,606	23. Nov.	0		1,21		2		2,42			
		0		1,82		0		1,21			
		1		1,82		1		2,42			
		0		1,21		0		1,82			
		0		1,21	1,55	0		1,21	1,82		
		1		1,82		1		1,21			
		2	×	2,42		0		1,82			
		0		1,21		1		2,42			
		0		1,21		0		1,82			
0,303	6. Mai	2	$\frac{3}{3}$	1,51			0	×		1,82	
		0	$\frac{3}{3}$	1,51			0			2,72	
		3		3,03			1			2,42	
		1		2,72			2	$\frac{4}{3}$		3,93	
		2	$\frac{4}{3}$	3,93	2,88	2	×	$\frac{4}{3}$	3,33	2,59	
		0	×	3,33		2	×	2,42			
		?	$\frac{3}{3}$	(4,23)		1		2,42			
		1	$\frac{3}{3}$	3,63		0	$\frac{3}{3}$	$\frac{5}{5}$	1,82		
		0		3,33		3	×	2,42			

Tabelle VIII. (Fortsetzung.)

Größe der Stufen	Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen				Bestimmungen aus absteigenden Reihen			
		Z	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	Z	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B
1,212	13. Nov.	Mr. G. Wilkinson.							
				3,63				3,63	
		1		4,84				2,42	
				2,42				3,63	
				2,42	2,94	1		2,42	2,82
				2,42				2,42	
				2,42				2,42	
0,606	23. Nov.			1,82		2		3,63	
		1		2,42		1		2,42	
		1		1,82		2		2,42	
		1		1,82				1,82	
		1		1,82				1,21	
				1,82	1,82			1,21	2,05
				1,82				1,21	
		1		1,82		1		1,82	
				1,82		1		1,82	
0,303	6. Mai	2	<u>3</u>	2,42		1	×	2,72	
		1		2,12				2,12	
			×	3,03		1	×	2,42	
				1,82	2,22			1,82	2,17
		1		1,82		4	×	2,12	
		2		2,12		1	×	1,82	

Tabelle VIII. (Fortsetzung.)

Größe der Stufen	Datum	Bestimmungen aus aufsteigenden Reihen				Bestimmungen aus absteigenden Reihen				
		Z	V- Fehler	Einz. S_A	Mittel S_A	Z	V- Fehler	Einz. S_B	Mittel S_B	
1,212	25. Nov.	Herr Dr. G. Störring.								
		1		4,84				3,63		
				3,63	4,44			3,63	4,03	
			4,84				4,84			
	2. Dec.	1			3,63				3,63	
					3,63		1		3,63	
					3,63	3,63			2,42	
					2,42				2,42	2,82
		2		4,84				2,42		
					3,63			2,42		
		Mittel v. Einz. S_A 3,90			Mittel v. Einz. S_B 3,23					
1,212	24. Nov.	Herr H. Jacobson.								
			×	8,48				8,48		
		1	×	7,26				7,26		
		1		7,26				6,05		
				7,26	7,26			6,05	6,74	
				3,63				7,26		
				9,69				6,05		
	4	<u>3</u>			1	∞	6,05			
							6,05			
	24. Nov.	1			3,63				3,63	
					3,63		1		3,63	
					3,63		1		4,84	
					2,42	3,03	1		4,84	4,03
				2,42				2,42		
				2,42		1		4,84		
		Mittel v. Einz. S_A 5,15			Mittel v. Einz. S_B 5,49					

allen drei Größenordnungen der Stufen ($1,212 \sigma$; $0,61 \sigma$; $0,30 \sigma$) durchgeführt, und wir finden ohne Ausnahme, dass bei den größten Stufen ($1,212 \sigma$) die größten Mittelwerthe erlangt wurden; jedoch die kleinsten ($0,30 \sigma$) nicht so kleine Werthe ergaben als bei Anwendung der Stufen von mittlerer Größe ($0,61 \sigma$). Wegen der wenigen Zeit, welche uns zu Gebote stand, sind die Versuche mit Herrn Dr. Störriug nur für die Stufengröße $1,212 \sigma$ durchgeführt worden. Herr Jacobson, der etwas schwerhörig ist, brauchte ein größeres Intervall, um beide Eindrücke zu erkennen. In der letzten Gruppe seiner Ergebnisse wurde die Schwelle etwas niedriger, jedoch nach kurzen Prüfungen mit allmählichen Verlängerungen des Intervalles keine weitere Herabsetzung in den Schwellenwerthen bemerkt.

Zwischen der Hörschärfe und der Feinheit des Unterscheidungsvermögens der übrigen Individuen wurde keine bemerkbare Beziehung gefunden. In der unten angegebenen Reihenfolge sind die Namen der Beobachter nach der Kleinheit der Schwellenwerthe geordnet. Die Zahl, die hinter jedem Namen steht, gibt die Distanz an, wo das Ticken einer Taschenuhr jedem Beobachter eben noch hörbar war.

1. Wilkinson	370 cm
2. Weyer	325 »
3. Störriug	450 »
4. Müller	405 »
5. Jacobson	200 »

Aus der obigen Betrachtung der Gesichtseindrücke ergeben sich von selbst zwei Fragen: Muss die Trennung der Erregung bei Intervallen, wo Schwellen vorkommen, nothwendig vollkommen sein? Und wird auch die nämliche Zeit zwischen den Anfängen der Empfindungen anzunehmen sein, die zwischen den Reizen liegt?

Nach sorgfältiger Prüfung und Vergleichung unserer Erfahrungen kamen Herr Dr. Störriug und ich zu der Ueberzeugung, dass die Gründe des Urtheils bei Verlängerung des Intervalles merklich klarer zu sein schienen, und dass sie hauptsächlich auf Nebenbedingungen beruhten, indem wir fortschreitend und unbemerkt Veränderungen in der Intensität oder in der Qualität der Empfindungen wahrnahmen. Es war aber unmöglich zu entscheiden, mittelst welcher der Kennzeichen die Aenderung des Urtheils bewerkstelligt wurde. Sogar bei

Veränderung des Intervalles unterhalb der Schwelle fühlte man jeweils, dass sich die Intensität oder Qualität nicht constant erhielt; doch wurde auch hier die Weglassung eines der Eindrücke sofort verspürt.

In den Versuchen fiel auf, dass die Aufmerksamkeit eine sehr bemerkbare Controlle auf die Adaptation des Ohres für den erwarteten Reiz ausübte. Fick¹⁾ hat vermuthet, dass durch die Aufmerksamkeit die Spannung des musculus tensor tympani regulirt werde, so dass derselbe als Dämpfer des Schalles diene. Mach²⁾ ging weiter und legte noch eine Function diesem Muskel bei, welche eine Fixation und Verfolgung der Töne unter dem Einfluss der Aufmerksamkeit gestatte, ähnlich wie sie der Accommodationsmechanismus im Auge ermöglicht. Die Richtung der Aufmerksamkeit auf Gehörseindrücke veranlasse, mechanisch betrachtet, mittelst der größeren Spannung dieses Muskels eine verminderte Excursion der in Verbindung mit dem Trommelfell stehenden Knöchelchen. Durch diese kleinere Excursion werde aber die Empfindung von geringerer Dauer sein. Um über die Feinheit des Ohres und seine vor allen anderen Sinnesorganen vorzügliche Empfänglichkeit für Rhythmus- und Zeitwahrnehmungen Rechenschaft zu geben, haben jedoch die genannten Forscher durch die Annahme dieser Function des tensor tympani wohl nur einen beitragenden Factor für die Erklärung des ungemeynen Unterscheidungsvermögens für Geräusche ans Licht gestellt.

Capitel III.

Zeitschwellen zwischen Eindrücken disparater Sinnesgebiete bei dem wissentlichen Verfahren.

Die bisherigen Versuche haben sich in solch überwiegendem Grade auf die specifischen Fähigkeiten der betreffenden Sinnesorgane bezogen, dass die gewonnenen Zeitschwellen kaum als maßgebende Messungen für den Zeitsinn als solchen betrachtet werden konnten. Wenn wir dagegen disparate Sinnesorgane erregen, so sind

1) Fick, Lehrb. d. Anat. u. Physiol. d. Sinnesorgane. S. 137 ff.

2) Mach, Sitzungsber. d. Wien. Akad. Math.-naturw. Cl. II. Bd. XLVIII. (1863) S. 296 ff.

die Entstehungsorte der Empfindungen in dem Centralorgan räumlich gesondert, und bei dem Schwellenintervall wird die erste Empfindung manchmal abgeklungen sein und eine Zeitstrecke dazwischen liegen, ehe die zweite zu Stande kommt. Ferner, da die Trägheit jedes Sinnesorganes, sowie die Länge der in Verbindung mit demselben stehenden centripetalen Nervenbahnen verschieden sind, werden ungleiche Zeitmengen für das Zustandekommen der disparaten Empfindungen verbraucht, so dass die Zeitschwelle nicht, wie in den vorigen Fällen, diejenige Zeit ist, welche zwischen der Entstehung der Empfindungen verfließt. Um das Intervall annähernd zu bestimmen, das zwischen der Ankunft zweier Eindrücke im Gehirn verfließt, muss man daher die Zeit, welche zur Entstehung und Leitung der ersten Erregung verbraucht wird, von dem Schwellenintervall subtrahiren, die entsprechende Zeit der zweiten Erregung dagegen zu dem Schwellenintervall addiren. Den Rest, welcher bei dieser Rechnung herauskommt, nenne ich das »psychische Schwellenintervall«.

Beim Erreichen der Schwelle zwischen zwei gegebenen Reizen ist es nun die Länge des psychischen Intervalles, nicht des physikalischen, welche die richtige Vorstellung über die Erscheinung ermöglicht; die hierzu erforderliche Zeitgröße wird aber durch die Einstellung und den Grad der Aufmerksamkeit mitbedingt. Daher ist sie einer ziemlich weiten Variation fähig, so dass jede Schwelle eine vielseitige Möglichkeit der Untersuchung bietet.

Es zeigte sich im Anfang der Versuche, dass gewisse geistige Dispositionen zu der Erlangung regelmäßiger Schwellenwerthe beitragen. Miss Hamlin meint, die besten Ergebnisse würden erlangt, wenn die Versuchsperson eine »wachsamer Gleichgültigkeit« annehme, wodurch ein relativ passiver Apperceptionszustand erreicht werden könne. Ihre Untersuchung bezog sich aber nicht auf die Bestimmung von Zeitschwellen, sondern die Reize wurden nur bei wenigen und weit verschiedenen Intervallen geprüft. Es wurde vielleicht deswegen nicht von ihr bemerkt, dass die Aufmerksamkeit während des betreffenden Zustandes bedeutende Schwankungen erleidet und oftmals wandert. Es würde nun allerdings vortheilhaft sein, wenn wir in dieser Weise den Gegenstand bei einem absoluten Gleichgewichte der Aufmerksamkeit untersuchen könnten. Ich kam aber bald durch

die Erfahrung zu der Ueberzeugung, dass weder durch einen passiven noch durch einen activen Apperceptionszustand, bei welchem die Aufmerksamkeit willkürlich gelenkt wird, das gleichmäßige Fixiren der Aufmerksamkeit auf zwei Dinge auch nur für einen Augenblick realisirt werden kann¹⁾. Die Aufmerksamkeit und das Gefühl der Erwartung ist von selbst intensiver auf die Eindrücke eines Sinnes gerichtet als auf die eines andern.

Wegen der großen Verschiebbarkeit der Schwellenlagen ist es von größter Wichtigkeit zu erfahren, auf welche Art und Weise die Eindrücke durch die Versuchsperson aufgefasst werden, damit die Resultate eine bestimmte Bedeutung gewinnen. Bei dem wissentlichen Verfahren, bei welchem meine Versuche zum Theil durchgeführt wurden, war vorauszusetzen, dass ein activer Apperceptionszustand vorhanden sei. Die Aufmerksamkeit musste gewissermaßen gewaltsam fixirt sein, damit sich der Blickpunkt des Bewusstseins nicht veränderte. Bei meinen Experimenten bestimmte ich die Lage der Schwellen zuerst im Fall, wo die Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck gelenkt wurde. Dieselben Versuche wurden bei der Aufmerksamkeit auf den zweiten dann wiederholt. Falls die Aufmerksamkeit während eines Versuches von einem zum andern Reiz wanderte, würde es sofort an den Ergebnissen bemerkbar geworden sein, weil die Schwellenlagen in beiden Fällen weit von einander liegen. In der Untersuchung hatten wir aber keine Gelegenheit, die gesammte Aufmerksamkeit in eine Richtung zu lenken. Unter allen Umständen mussten die beiden Eindrücke mehr oder weniger apperzipirt werden, da die Versuchsperson sich in den Stand versetzen wollte, ihr Zeitverhältniss zu beurtheilen. Wenn man bloß auf einen Reiz sehr gezwungen Acht gibt, geht aber jene Sicherheit des Urtheils verloren. Die Schwankungen der Aufmerksamkeit können übrigens nicht ganz ausgeschaltet werden, obgleich in diesem activen Zustand der Apperception sie nicht so großen Einfluss auf die Bestimmungen wie bei einem passiven haben. Auch fordern die Versuche, wie schon andere Forscher betont haben, große Geduld, und die einzelnen Sitzungen dürfen nicht allzu lange dauern.

1) Vergl. Wundt, Grundzüge der Physiol. Psychol. 4. Aufl. Bd. II. S. 392; auch Obersteiner, Brain. Vol. I. 1879. S. 405 ff.

Die Tabellen auf den folgenden Seiten enthalten alle Schwellenwerthe gruppenweise in sich, die ich beim wissentlichen Verfahren bestimmt habe. Es geht daraus hervor, dass die drei Sinne paarweise in den sechs möglichen Permutationen und Combinationen behandelt, und für jeden dieser sechs Fälle zwei Lagen der Schwelle festgestellt worden sind, die eine (Tabelle IX) im Falle die Aufmerksamkeit auf den ersten, die andere (Tabelle X), wo dieselbe auf den zweiten Eindruck gerichtet war. Wir haben es also mit zwölf verschiedenen Schwellen zu thun, wovon für jede Bestimmungen mindestens zweier Versuchspersonen vorhanden sind. Man darf nicht zu viel Gewicht auf die numerischen Werthe der Durchschnittsschwellen legen, welche aus den auf- und absteigenden Reihen gewonnen worden sind. Der nicht gänzlich ausschaltbare Einfluss der Schwankungen der Aufmerksamkeit muss in Betracht gezogen werden, und auch wegen individueller Unterschiede sind diese Werthe nicht in jeder Instanz auch nur annähernd übereinstimmend. Sie dienen jedoch, die allgemeinen Verhältnisse zwischen den Combinationen aus einander zu setzen, und werden nur so in der nachstehenden Erörterung benutzt.

Der Bequemlichkeit halber wurden die Fälle durch Symbole bezeichnet. Die Buchstaben *T*, *H* und *L* werden die besonderen Sinne, wodurch die Eindrücke entstehen, bedeuten, und zwar *T* den Tastsinn, *H* das Hören, und *L* den Lichtsinn. Derjenige Buchstabe, der unterstrichen ist, zeigt, dass die Aufmerksamkeit auf den entsprechenden Sinn gelenkt war. *TH* also stellt den Fall dar, wo ein Tasteindruck vorgeht, welchem ein Geräusch folgt, und zwar zur Zeit, wo die Aufmerksamkeit auf die Tastempfindung gerichtet ist.

Die Schwellen lassen sich hiernach in zwei Classen gruppiren, je nach dem Einstellen der Aufmerksamkeit.

Tabelle IX.

Versuchsclassen A. Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck.

Ablenkung: 19° 23' 31". Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
<i>TH</i> Herr H. Lindau.								
11. Mai I.		61,4				12,1		
		42,7	42,8	12,4		55,1	34,6	15,0
		24,3				36,5		
11. Mai II.		48,9				24,3		
	×	30,4	30,5	13,3	$\frac{1}{4}$	18,2	28,4	9,5
		12,1			$\frac{3}{3}$	42,7		
14. Mai		55,1			$\frac{3}{3}$	55,1		
		42,7	44,8	6,9		42,7	34,6	19,0
		36,5			$\frac{1}{3}$	6,1		
Mittel aller S_A 39,3				12,0	Mittel aller S_B 32,5			15,4
<i>TH</i> Mr. G. Wilkinson.								
5. Mai I.		42,7				18,2		
		24,3	30,4	8,2		24,3	20,2	2,7
		24,3				18,2		
5. Mai II.		42,7				12,1		
		30,4						
		30,4	31,6	4,4			12,1	—
		30,4						
		24,3						
5. Mai III.		42,7				30,4		
		36,5	40,6	2,8		36,5	34,5	2,7
		42,7				36,5		
Mittel aller S_A 33,8				7,0	Mittel aller S_B 25,2			8,0

Tabelle IX. (Fortsetzung.)

(Versuchsclassen A.) Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck.

Ablenkung: 19° 23' 31". Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen							
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV				
<i>TL Herr H. Lindau.</i>												
17. Mai	$\frac{6}{\times 4}$	48,9 18,2 [6,1]	24,4	16,3	$\frac{4 \ 5 \ 6}{5}$	(42,7) 36,5 12,1	26,3	9,5				
	$\frac{3 \ 4 \ 5}{3 \ 4 \ 5}$	6,1			$\frac{4 \ 5 \ 6}{4 \ 5}$	30,4 [6,1]						
	$\frac{3 \ 4}{3 \ 4}$	[18,2] 12,1 (30,4)			12,1	—			$\frac{\times}{5}$	12,1 24,3	18,2	6,1
	$\frac{4 \ 5}{4 \ 5}$	(48,9)										
20. Mai	\times	24,3 12,1	18,2	6,1	$\frac{3}{\times}$	24,3 24,3 0,0	16,2	10,8				
	Mittel aller S_A 20,3				10,9	Mittel aller S_B 20,5			9,3			
<i>TL Mr. G. Wilkinson.</i>												
10. Mai I.	\times	30,4 36,5 30,4 18,2	28,9	5,1	\times \times	42,7 24,3 36,5 30,4	33,5	6,1				
		24,3 24,3 12,1			20,2	5,4				18,2 24,3 18,2	20,2	2,7
13. Mai		42,7 42,7 36,5	40,6	2,8		30,4 30,4 24,3	28,4	2,7				
	Mittel aller S_A 29,8				8,1	Mittel aller S_B 28,4			6,1			

Tabelle IX.

Versuchsclassen A. Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck.

Ablenkung: 8° 21' 2". Intervalle: 14,1 σ ; 28,3 σ ; 42,6 σ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
<i>LH</i> Herr H. Lindau.								
12. Febr.		102,5				71,8		
		118,7				71,8		
		87,0	102,7	8,0	×	71,8	75,6	5,7
	×	102,5			×	87,0		
16. Febr.		57,1			×	87,0		
		87,0			×	57,1		
		71,8	71,9	7,5		118,7	72,5	24,3
	<u>3 5 6</u>	[153,9]				42,6		
		71,8				57,1		
	Mittel aller S_A		87,3	15,5	Mittel aller S_B		73,9	15,7
<i>LH</i> Herr Mr. G. Wilkinson.								
12. Febr.		57,1	57,1	—		102,5	102,5	—
		57,1						
15. Febr. I.		102,5				87,0		
		87,0	98,6	5,9		102,5	98,6	5,8
		102,5				102,5		
		102,5				102,5		
15. Febr. II.		118,7				87,0		
		102,5				87,0		
		118,7	114,7	6,0		87,0	93,3	10,2
		118,7				87,0		
	Mittel aller S_A		96,8	17,8	Mittel aller S_B		96,4	9,4

Tabelle IX. (Fortsetzung.)

Versuchsclassen A. Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck.

Ablenkung: 8° 21' 2". Intervalle: 14,1 σ ; 28,3 σ ; 42,6 σ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
	<i>LH</i> Herr R. Müller.							
26. Jan. I.		135,8				153,9		
		135,8				135,8		
		153,9	136,0	7,1		135,8	129,3	15,0
		118,7				102,5		
		135,8				118,7		
26. Jan. II.		118,7				135,8		
		118,7				153,9		
		118,7	127,5	13,2		135,8	136,1	8,9
		153,9				118,7		
		Mittel aller S_A 132,2		12,0		Mittel aller S_B 132,3		12,7
	<i>LH</i> Herr Dr. G. Störring.							
13. Jan. I.		118,7				118,7		
		182,1				87,0		
		118,7	139,8	28,2	×	182,1	135,4	37,3
						153,9		
13. Jan. II.	×	102,5			×	118,7		
		118,7	110,6	8,0	×	168,0	143,4	24,5
18. Jan.		153,9			×	182,1		
		135,8				118,7		
		118,7	136,1	11,8		71,8	103,8	46,6
					$\frac{-}{3}$	42,6		
	Mittel aller S_A 131,1		19,6		Mittel aller S_B 124,3		37,7	

Tabelle IX. (Fortsetzung.)

Versuchsclassen A. Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck.

Ablenkung: $8^{\circ} 21' 2''$. Intervalle: $14,1 \sigma$; $28,3 \sigma$; $42,6 \sigma$ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
<i>LT</i> Mr. G. Wilkinson.								
7. Mai I.		87,0				71,8		
		118,7	97,6	14,1		71,8	62,1	13,0
		87,0				42,6		
7. Mai II.	×	87,0				71,8		
		102,5	95,0	15,6		71,8	76,9	6,7
		118,7				87,0		
		71,8						
7. Mai III.		87,0						
		118,7	102,7	10,6		71,8	92,5	17,4
		102,5				87,0		
		Mittel aller S_A 98,1		14,1		Mittel aller S_B 77,2		14,7
Ablenkung: $8^{\circ} 21' 2''$. Intervalle: $7,1 \sigma$; $14,1 \sigma$; $21,2 \sigma$ u. s. w.								
<i>LT</i> Herr Prof. Meumann. (Unter Beleuchtung.)								
18. Mai I.		71,8				57,1		
		57,1	57,2	7,3		57,1	55,3	2,7
		42,6				57,1		
		57,1				49,8		
18. Mai II.		57,1						
		35,4	48,1	9,1		57,1	53,5	3,7
		57,1						
		42,6						
25. Mai		35,4						
		35,4	35,4	0,0		35,4	42,6	4,8
		35,4				49,8		
		Mittel aller S_A 47,9		11,0		Mittel aller S_B 50,6		5,7

Tabelle IX. (Fortsetzung.)

Versuchsclassen A. Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck.

Ablenkung: $19^{\circ} 23' 32''$. Intervalle: $6,1 \sigma$; $12,1 \sigma$; $18,2 \sigma$ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
<i>HT</i> Herr H. Lindau.								
21. Juni I.	<u>4</u>	— 6,1	6,0	8,1	×	— 12,1	— 4,0	6,8
		12,1				6,1		
21. Juni II.	×	12,1	10,1	2,7		— 18,2	2,0	13,3
		12,1				6,1		
21. Juni III.	×	6,1	12,1	4,0	× × <u>4</u>	0,0	6,1	4,1
	<u>6</u>	18,2			× <u>5</u>	12,1		
	<u>3</u>	12,1				6,1		
Mittel aller S_A 9,4				4,9	Mittel aller S_B 1,4			9,3
<i>HT</i> Verfasser.								
18. Juni	<u>5</u>	— 6,1	— 9,7	3,0	<u>3</u> <u>4</u> <u>6</u>	— 18,2	— 16,7	8,4
		— 12,1				0,0		
21. Juni	<u>6</u>	— 6,1	— 9,7	3,9		— 24,3	— 7,3	3,9
		— 12,1				— 24,3		
		— 12,1				— 6,1		
21. Juni	<u>5</u>	— 12,1	— 9,7	3,9		— 12,1	— 7,3	3,9
		— 12,1				— 6,1		
		0,0				— 12,1		
21. Juni		— 12,1	— 9,7	3,9		0,0	— 7,3	3,9
						0,0		
Mittel aller S_A — 9,4				3,6	Mittel aller S_B — 11,5			7,5

Tabelle IX. (Fortsetzung.)

Versuchsclassen A. Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck.

Ablenkung: $19^{\circ} 23' 31''$. Intervalle: $6,1 \sigma$; $12,1 \sigma$; $18,2 \sigma$ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
<i>HL</i> Herr H. Lindau.								
3. Febr.		36,5	36,5	—	$\frac{4}{\times}$	48,9	42,7	6,2
	\times	36,5			$\frac{4}{\times}$	36,5		
8. Febr. I.		55,1	58,3	3,2	$\frac{3}{4}$	(67,4)	—	—
	$\frac{3}{4}$	61,4 (61,4)			$\frac{4}{3}$	(67,4) (73,5)		
8. Febr. II.	$\times \frac{4}{4}$	67,4	52,0	15,5	$\frac{3}{4}$	48,9	46,9	11,0
	$\frac{4}{5}$	36,5 (30,4)			$\frac{4}{6}$	61,4 30,4		
Mittel aller S_A 48,9				12,4	Mittel aller S_B 45,2			9,4
<i>HL</i> Herr Dr. G. Störring.								
3. Febr. I.	$\frac{3}{\times}$	79,6	73,5	4,0	$\frac{3}{\times}$	42,7	48,9	6,2
	\times	67,4 73,5				55,1		
3. Febr. II.		67,4	63,3	5,5	$\frac{3}{4}$	61,4	57,2	2,8
		55,1 67,4			$\frac{4}{4}$	55,1		
10. Febr.	$\frac{3}{\times}$	48,9	58,2	6,2	$\frac{4}{\times}$	61,4	58,2	7,8
	$\frac{3}{\times}$	61,4 67,4				61,4 42,7		
	$\frac{3}{\times}$	55,1			\times	67,4		
Mittel aller S_A 64,3				7,4	Mittel aller S_B 55,8			6,3

Versuchsclassen A.

Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck gelenkt.

Die erste Classe zerfällt wieder in drei Paare TH und TL, LH und LT, und HT und HL, wobei der durch die Aufmerksamkeit bevorzugte Eindruck durch Unterstreichung bezeichnet ist.

TH und TL.

Von allen den mitgetheilten Zeitschwellen disparater Sinnesgebiete zeigen diese betreffs ihrer Länge die ausgeprägteste Abhängigkeit von der Leitungsfähigkeit der sensibeln Nerven. Die nöthige Zeit für die Leitung des Tasteindruckes zum Centralorgan war viel länger als die der anderen Eindrücke, da die Hand der Theil des Körpers war, auf den der elektrische Reiz wirkte.

Nach der Aussage von späteren Forschern sollen die Ergebnisse von Helmholtz über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven, ungefähr 60 Meter in der Secunde, zu groß sein, und nach der Bemerkung v. Wittich's »kaum« noch mehr als historischen Werth haben. Exner¹⁾ hat trotzdem 60 Meter angenommen. Hirsch²⁾ gibt dagegen 34 Meter an und die Versuche Schelske's³⁾, welcher den Zeitunterschied der Reactionszeiten berechnete, wenn der Fuß und die Leistengegend erregt wurden, ergaben ebenfalls Werthe von 25, 29,4 bis 32,608 Meter per Secunde. Ergebnisse, die zwischen diesen entgegengesetzten Angaben ungefähr in der Mitte stehen, sind von Andern gewonnen worden. So von v. Wittich⁴⁾, der verschiedene Nerven von ungleicher Länge verglich und die Geschwindigkeit mittelst der Differenz zwischen den verbrauchten Zeitmengen berechnete. Als Hand und Stirn durch elektrische Reizung erregt wurden, gewann er 41,921 Meter in der Secunde; Reizungen von Hand und Fuß ergaben 42,666 Meter; Stirn und Fuß 44,854 Meter.

1) Exner, Pflüger's Archiv. Bd. VII. S. 632 und Bd. VIII. S. 532.

2) Hirsch, Molesch. Unters. Bd. IX. S. 183.

3) Schelske, Arch. f. Anat., Physiol. u. wissensch. Medic. 1864. S. 151 ff.

4) v. Wittich, Zeitschr. f. rationelle Medicin. (1868) Bd. XXXI. 3. Folge. S. 87 ff.

Die erste Zahl (41,921) ist für uns wichtig, da es die Nervenstrecke von der Hand zum Gehirn ist, die hier in Betracht kommt.

Da die Geschwindigkeit jedoch, der Aenderung der Temperatur halber, beträchtlich variiert, und von der Stärke des Reizes ebenso wie von der Länge der Nervenstrecke abhängig zu sein scheint, so ist mehr als eine angenäherte Bestimmung unmöglich, obgleich die Bedingungen, unter denen unsere Versuche durchgeführt wurden, zu keiner großen Abweichung von der normalen Geschwindigkeit Anlass geben konnten. Im allgemeinen darf man daher wohl annehmen, dass die Geschwindigkeit unter den normalen Bedingungen, wie sie bei unseren Versuchen vorhanden waren, zwischen 30 und 40 Meter in der Sec. betrug. Die Leitungsbahnen, welche die Tasterregung durchläuft, bevor sie ins Gehirn eintritt, mag nun ungefähr 80 oder 90 Centimeter länger sein als die der Gehörs- oder Gesichtserregungen. Bei einer Geschwindigkeit von 30 bis 40 Meter in der Secunde müsste also die Tastreizung wenigstens 20σ bis 30σ früher entstehen, um gleichzeitig mit dem Geräusche eine Empfindung zu erzeugen. Nach Exner¹⁾ pflanzen sich jedoch die sensorischen Erregungen durch das Rückenmark mit der geringeren Geschwindigkeit von bloß etwa 8 Meter per Secunde fort. Wir können daher wohl annehmen, dass der Werth von 30σ genauer sei als der von 20σ .

Die Durchschnittswerthe der Schwellen, bei denen der Tastreiz als vorankommend wahrgenommen wurde, sind nach der vorhergehenden Tabelle die folgenden:

\underline{TH}	{	Herr Lindau	S_A 39,3 σ	S_B 32,5 σ
		Mr. Wilkinson	» 33,8	» 25,2
\underline{TL}	{	Herr Lindau	S_A 20,3	S_B 20,5
		Mr. Wilkinson	» 29,8	» 28,0.

Die Werthe für beide Combinationen sind fast von einer und derselben Größenordnung; die für \underline{TL} ist etwas kleiner, was erklärbar ist, weil das Auge ein chemisches Sinnesorgan ist, und auf den Lichteindruck langsamer reagirt, während die Gehörsempfindung schneller zur vollen Entwicklung kommt, die betreffenden Leitungsbahnen aber ziemlich dieselbe Länge besitzen. Das Geräusch muss

1) Exner, Pflüger's Archiv. VII. S. 632; vergl. auch ibid. Bd. VIII. S. 532.

daher später als der Lichteindruck dem Farbeneindruck folgen, wenn es gleichzeitig mit diesem wahrgenommen werden soll. Es ist bemerkenswerth, dass oftmals sehr kleine Schwellen vorkommen. So kamen z. B. bei Herrn Lindau zwei von 12σ und bei Mr. Wilkinson eine von 12σ vor. Auch bei diesen Schwellen ist es wegen der längeren Leitungsdauer der Tasteindrücke sicher, dass die Tastempfindung zuletzt entstand. Offenbar wurde aber das Urtheil nicht durch die wirkliche Zeitfolge, sondern durch die relative spezifische Intensität der Empfindungen bestimmt. Wie vorhin bemerkt, müssen wir im allgemeinen annehmen, dass die Tastempfindung, obgleich sie zuletzt entstand, wegen ihrer hervorragenden Stellung in der Complexion, als zuerst kommend wahrgenommen wurde.

LH und LT.

<u>LH</u>	{	Herr Lindau	S_A	87,3 σ	S_B	73,9 σ
		Mr. Wilkinson		> 96,8		> 96,4
		Herr Müller		> 132,2		> 132,3
		Herr Dr. Störring		> 131,1		> 124,3

<u>LT</u>	{	Mr. Wilkinson	S_A	98,1 σ	S_B	77,2 σ (im Dunkeln)
		Herr Prof. Meumann		> 47,9		> 50,6 (unt. Beleucht.)

Die Schwellen für LH und LT beruhen auf einer anderen ebenfalls physiologischen Basis, nämlich auf der Dauer der vorangehenden Gesichtsempfindung. Die ungefähre Dauer dieser Empfindung lässt sich aus dem schon erwähnten stereoskopischen Versuch entnehmen. Wenn die Netzhaut zur Dunkelheit adaptirt war, hörte die Empfindung erst nach einer nicht genau bestimmbareren Zeitstrecke von ungefähr 95σ gänzlich auf. Die Aufmerksamkeit scheint während dieser Zeit auf die Empfindung eingestellt zu sein, bis sie verschwindet, denn die andersartigen Empfindungen, welche innerhalb derselben Zeit zu Stande kommen, werden als gleichzeitige wahrgenommen, so lange das Reizintervall nicht kleiner als etwa 28σ wird, in welchem Fall eine Umkehrung der wirklichen Reihenfolge von einem der Beobachter, Mr. Wilkinson, manchmal bemerkt wurde. Freilich hob sich die Erregung bei der Erzeugung des Nachbildes wieder, aber keine oberhalb der Schwellen liegenden Versuchsfehler kamen in irgend

einem der im Dunkeln ausgeführten Versuche vor, obgleich jeder Versuch Intervalle von $135,8\sigma$ in sich schloss. Wie die Schwellen für zwei Gesichtseindrücke, so sind auch diese von der Beleuchtungsintensität abhängig. Alle die Werthe wurden in einer dunkeln Umgebung gewonnen, mit Ausnahme der für \underline{LT} von Herrn Prof. Meumann. Im letzteren Fall wurden zwei elektrische Glühlampen, beide zwei Meter vom Reiz entfernt, angebracht. Darnach wurde ein kurzer Versuch im Dunkeln ausgeführt, welcher Schwellenbestimmungen von 119σ für S_A sowie für S_B ergab. Die Versuchsperson meinte, dass die Entscheidungen bedeutend schwerer in der Dunkelheit seien; eine Beobachtung, welche mit dem beobachteten Einfluss der Beleuchtung in den Experimenten über zwei Gesichtseindrücke übereinstimmt, indem die Beleuchtung nicht nur die Empfindungsdauer kürzer macht, sondern das Ende derselben scharf abbricht. Deswegen wurde es ermöglicht, die Stufen bis zur Hälfte zu verkürzen, aber in der Dunkelheit wäre es wünschenswerth gewesen, sehr große Stufen zu wählen, da das Ende der Empfindung undeutlich war.

Die große Länge der Schwellen wird demnach durch die eigenthümliche Beschaffenheit des Gesichtssinnes verursacht. Aber nicht bloß auf die Schwellenlänge übt diese einen Einfluss aus, sondern auch auf die Länge der Reactionszeit. Diese Wirkung wird in den Reactionszeiten bemerkbar, wenn man die Aufmerksamkeit intensiv auf den erwarteten Sinnesindruck oder auf das reagirende Bewegungsorgan hinlenkt: »Dagegen zeigt sich in Bezug auf die verschiedenen Sinnesgebiete namentlich zwischen dem Gesichtssinn und den übrigen Sinnen ein bemerkenswerther Unterschied, insofern die Lichtreactionen bei beiden Reactionsweisen etwa um 60σ — 80σ länger sind. Dieser Unterschied wird noch vergrößert, wenn die Lichtreize nicht bei erhelltem, sondern bei verdunkeltem Gesichtsfeld einwirken.«¹⁾

Das Einstellen der Aufmerksamkeit auf das Bewegungsorgan gleicht vielmehr einer Zerstreung derselben, da der erwartete Eindruck einen Theil der Aufmerksamkeit zurückhält, wie es der Fall in unseren Versuchen war, wo bei gespanntem Zustand der Aufmerksamkeit diese

1) Wundt, Grundzüge der Physiol. Psychol. 4. Aufl. Bd. II. S. 312.

sich gewöhnlich von selbst auf den Gesichtreiz richtete. Sind die Umstände günstig, so erleiden die Schwellen dadurch keine merkliche Aenderung. Exner, welcher in seiner Arbeit fast dieselben Resultate wie ich erhielt, erklärt, dass das ganz große Intervall nothwendig der Verzögerung des Gesichtseindruckes zu verdanken sei. Miss Hamlin kam aber zu widersprechenden Resultaten (32σ — 35σ für LH) und zweifelte an der allgemeinen Gültigkeit von Exner's Erklärung, wie folgende Worte andeuten: »Was die Ursache sein mag, die Thatsache bleibt, dass für einzelne Paare von Eindrücken und für viele Beobachter die Reihenfolge LH ein kleineres, oder wenigstens nicht größeres Intervall erfordert, als die Folge HL , und dass dies eine Revision der Erklärung, die Exner für die constante Differenz bietet, nothwendig macht, welche Erklärung die Differenz von dem langsamen Steigen und der größeren Dauer des Gesichtseindruckes abhängig macht.«¹⁾

Beide Forscher, meine ich, hatten in Bezug auf ihre eigenen Bestimmungen Recht. Exner ersuchte die Versuchspersonen nicht, die Aufmerksamkeit in eine besondere Richtung zu lenken, mit dem wie bei meinen Versuchen bemerkten Erfolg. Andererseits bei Miss Hamlin wurde das Knistern eines Telephons als Gehörsreiz verwandt, welches den Effect haben musste, die Aufmerksamkeit auf das Geräusch zu verstärken. Die Apperception eines Geräusches wird nämlich bedeutend klarer sein, wenn es seiner Herkunft nach räumlich localisirt werden kann, oder wenn man bemerkt, wie es physikalisch erzeugt wird. So übt das Telephon wahrscheinlich durch die mit ihm verbundenen Associationen einen bestimmenden Einfluss auf die Wahrnehmung aus. Ueberdies wird die Spannungsempfindung, falls das Instrument an das Ohr gebracht wird, sehr erhöht. Durch die Aufmerksamkeit auf das Geräusch (LH) gewann ich Resultate, welche denen von Miss Hamlin ähnlich sind.

1) In der Uebersetzung dieser Citate habe ich meine eigenen symbolischen Bezeichnungen gebraucht.

HT und HL.

<u>HT</u>	{	Herr Lindau	S_A	9,4 σ	S_B	1,4 σ
		Verfasser		» -9,4		» -11,5
<u>HL</u>	{	Herr Lindau	S_A	48,9	S_B	45,2
		Herr Dr. Störring		» 64,3		» 55,8

Diese Schwellen zeigen, dass der Gehörseindruck nicht die Fähigkeit besitzt, die Aufmerksamkeit in so hohem Grade auf sich zu lenken, wie die beiden andern Eindrücke. Diese Thatsache findet später in der Behandlung anderer Schwellenwerthe ihre weitere Bekräftigung. Bei der Ermittlung aller Schwellenwerthe, hauptsächlich aber bei diesem Versuch, ist eine gewisse Erwartung für die gesammte Erscheinung vorhanden. Die Versuchsperson ist bereit, dasjenige zu erfassen, was sich im Bewusstsein erhebt. Die Aufmerksamkeit ist im allgemeinen auf den Gehörseindruck gerichtet. Lenkt sich jedoch dieselbe auf den verhältnissmäßig intensiveren Tasteneindruck oder auf den Gesichtseindruck wegen seiner längeren Dauer, so büßt der erstere Eindruck etwas an Aufmerksamkeit ein.

HT.

Bei mir selbst gewann ich durch scharfe Achtsamkeit auf den Gehörseindruck, trotz des vorwiegenden Einflusses, welchen der Tasteneindruck ausübte, - 9,4 (S_A) als Schwellenwerth, jedoch Herr Lindau, welcher jenen Einfluss nicht überwinden konnte, erhielt + 9,4 (S_A). Der Werth - 9,4 zeigt in der That eine nicht so große Umkehrung der Reizreihenfolge, wie wir nach den Werthen von TH erwarten sollten.

Zwischen den Intervallen von 35 σ (ungefähr der Werth für TH) und 9 σ , bei stets vorankommendem Tastreiz, lag eine Zone, worin die Reize gleichzeitig erschienen, vorausgesetzt, dass auf der einen Seite dieser Zone der Tastreiz fixirt wurde, auf der andern der Gehörreiz. Gibt man auf einen der beiden Reize Acht, so wird die Zone stets breiter.

HL.

Die Länge der Nervenbahnen von den betreffenden Sinnesorganen zum Gehirn sind annähernd gleich, und die Dauer der Gehörsempfindung ist so kurz, dass wir sie außer Betracht lassen können. Das Licht brauchte aber mehr Zeit eine Empfindung zu erzeugen als das Geräusch, und bei der Differenz, welche zwischen diesen Zeitmengen entstand, war das psychische Intervall — d. h. das Intervall zwischen den Entstehungen der Empfindungen im Gehirn — größer als das Zeitschwellenintervall. Wie groß sich diese Zeitdifferenz beläuft, ist nicht genau zu ermitteln. Wir fanden, dass die Schwelle für TH der einen Versuchsperson 15σ und die der andern 4σ länger war, als ihre eignen Werthe für TL. Diese Zahlen mögen aber nicht als entscheidend gelten, da dieselben durch andere Factoren beeinflusst werden könnten. Die Reactionen auf Lichteindrücke sind nach den Ergebnissen von von Kries und Auerbach¹⁾ etwa 70σ länger als auf die Schalleindrücke. Dagegen fand Donders einen Unterschied von bloß 8σ zwischen denselben Reactionen. Wie groß auch immer die Verzögerung betreffs des Lichteindruckes sei, so darf man doch sagen, dass, wenn das psychische Intervall für HL von derselben Größenordnung wie das für TL wäre, so würde die Schwellenlage nicht weit von dem Intervall Null liegen und höchst wahrscheinlich sogar einen negativen Werth besitzen. Dieses ist aber gar nicht der Fall. Hier zum ersten Mal in der Betrachtung begegnen wir einer Schwelle, deren entsprechendes psychisches Intervall eine sehr ansehnliche Länge hat. Als beide Reize gleichzeitig erzeugt wurden, urtheilten die Versuchspersonen, dass das Geräusch bei möglichst angestrenzter Fixation manchmal vorankomme. Die Ergebnisse bei den kleinen Intervallen waren aber zu ungeordnet, um zuverlässige Schlüsse daraus zu ziehen. Bei fernerer Untersuchung fand ich, dass die Lage der Schwelle außerordentlich veränderlich war. Ich versuchte daher, einige Schwellenbestimmungen, welche andere Forscher gemacht hatten, zu wiederholen.

Aus dem Inhalt ihrer Arbeiten kann man jedoch wegen der lückenhaften Angaben über die Versuchsanordnung und über den

1) Archiv für Physiologie. 1877. S. 359.

Zustand der Aufmerksamkeit oftmals nur muthmaßen, durch welche Umstände die Verschiedenheiten der Werthe entstanden sind. Nach den von Tracy¹⁾ und Exner mitgetheilten Bestimmungen sollte die Schwelle zwischen 45σ und 70σ liegen. Bloch gewann dagegen als größtes Zeitmaß 28σ , wobei das Geräusch dem Gesichtseindruck voranging und doch noch gleichzeitig damit appercipirt wurde. Nach Miss Hamlin sollen 70% der Urtheile über die Reihenfolge richtig sein, wenn das Intervall 37σ ist.

Die Schwellenwerthe, welche ich durch meine Experimente gewonnen habe, sind im allgemeinen etwas kleiner als 60σ . Sie wurden zwar mit ungezwungener Aufmerksamkeit auf das erwartete Geräusch erlangt, und die Versuchsperson musste die Ueberzeugung haben, dass das Geräusch in Wirklichkeit zuerst entstand. Man wird später sehen, dass man ähnliche aber regelmäßiger Resultate erreicht, wenn die Aufmerksamkeit willkürlich auf das Licht gelenkt wird (HL). Andernfalls wird sich die Aufmerksamkeit von selbst auf das Licht lenken. Dieses letztere geschah wahrscheinlich in den Exner'schen und Tracy'schen Versuchen. Es überrascht aber nicht, dass Bloch und Miss Hamlin die vorher mitgetheilten kleineren Werthe erhielten, wenn die gebrauchten Versuchsmethoden in Betracht gezogen werden. Bloch benutzte für den Gesichtszreiz weißes Papier, wodurch die Empfindung viel schwächer war. Andererseits wurde in Hamlin's Versuchen ungefähr derselbe Effect erzielt, aber nicht durch einen schwachen Gesichtszreiz, sondern durch ein Hervordrängen des Gehörseindrucks (wie in LH), da das Telephon für die Geräusch-erzeugung benutzt wurde.

Um das Gefundene kurz zusammenzufassen, werde ich die Grundlagen, auf denen die Verschiedenheit der Schwellen meistens beruht, nochmals übersichtlich wiederholen.

I. TH und TL. Die langsamere Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Tasterregung im Nerven.

II. LH und LT. Die relativ lange Dauer der Gesichtsempfindung.

1) Die Resultate von Tracy sind in der Arbeit von Miss Hamlin (a. a. O.) enthalten.

- III. Für die Schwellen bei \underline{HL} und \underline{HT} gibt es keine auf physiologische Vorgänge begründete Erklärung. Sie sind aber durch den relativen Grad der Klarheit bedingt, womit beide Eindrücke appercipirt werden.

In Bezug auf die den Schwellen entsprechenden psychischen Intervalle ist Folgendes zu bemerken:

- Bei I. Intervalle immer sehr kurz oder gar nicht vorhanden.
Bei II. Intervalle sehr lang mit eingeschobenem physiologischem Vorgang (Gesichtserregungsdauer).
Bei III. Intervalle veränderlich und in der Länge zwischen den andern stehend nur von psychologisch nachweisbaren Vorgängen ausgefüllt.

Im Gegensatz zu der früheren Meinung, dass ein indifferenten Zustand der Apperception die physiologischen Factoren am stärksten in den Vordergrund treten lasse, komme ich zu der Ansicht, dass dieses im höchsten Grade dann realisirt ist, wenn man die Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck lenkt.

Tabelle X. (Versuchsschle B.)
Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck.

Ablenkung: 19° 23' 31". Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
30. Juni	<i>TH</i> Mr. G. Wilkinson.							
	3	61,4	65,0	5,4		61,4	64,4	6,1
		73,5			61,4			
		55,5			55,1			
		67,4			73,5			
67,4		61,4						
				73,5				
	Mittel aller S_A 65,0			5,4	Mittel aller S_B 64,4			6,1
10. Mai	<i>TH</i> Herr H. Lindau.							
	$\frac{\times}{4\ 6}$	85,7	95,9	9,6	$\frac{3\ 5\ 6}{\times}$	(104,1)	82,7	15,2
	$\frac{3}{3\ 4}$	110,3			97,9			
		91,8			67,4			
		(79,6)						
14. Mai	$\frac{-}{4}$	91,8	94,9	7,2	$\frac{3\ 4}{-}$	(104,1)	87,7	6,8
	$\frac{2\ 5}{-}$	97,9			85,7			
		110,3			79,6			
		79,6			97,9			
		97,9						
	91,8							
	Mittel aller S_A 95,1			7,9	Mittel aller S_B 85,7			9,8
22. Juni	<i>TH</i> Verfasser.							
	$\frac{3\ 4\ 5}{\times}$	(85,7)	87,2	5,4	\times	61,4	69,9	7,4
		85,7			67,4			
		97,9			79,6			
		79,6			61,4			
	85,7	79,6						
	Mittel aller S_A 87,2			5,4	Mittel aller S_B 69,9			7,4

Tabelle X. (Fortsetzung.)

(Versuchsclassen B.) Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck.

Ablenkung: 19° 23' 31". Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ ; u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
TL Mr. G. Wilkinson.								
18. Mai.		30,4				36,5		
		55,1	42,7	8,2		48,9	42,7	6,2
		42,7						
27. Mai I.		48,9	48,9	—		30,4	36,6	6,2
		48,9				42,7		
27. Mai II.		48,9				61,4		
		61,4	55,1	4,2		55,1	57,2	2,8
		55,1				55,1		
27. Mai III.		67,4	61,3	6,2		61,4	52,1	9,3
		55,1				42,7		
	Mittel aller S_A		51,4	7,4	Mittel aller S_B		48,3	9,0
TL Herr H. Lindau.								
21. Mai I.	$\overline{4\ 6}$	30,4			$\overline{4\ 6}$	6,1		
	\times	0,0	16,7	10,6	\times	30,4	12,2	9,1
	\times	12,1			\times	0,0		
	\times	24,3			\times	12,1		
21. Mai II.		30,4			$\overline{4\ 6}$	12,1		
		12,1	20,2	6,8		18,2	16,2	2,7
		18,2				18,2		
1. Juni	$\overline{3}$	24,3			$\overline{3}$	36,5		
	\times	55,1	38,1	8,5	\times	30,4	36,5	3,1
	\times	36,5			\times	30,4		
	\times	36,5			$\underline{3}$	36,5		
	Mittel aller S_A		25,4	11,2	Mittel aller S_B		21,0	10,8

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Versuchsclassen B. Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck.

Ablenkung: $19^{\circ} 23' 31''$. Intervalle: $6,1 \sigma$; $12,1 \sigma$; $18,2 \sigma$ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
<i>LH</i> Mr. G. Wilkinson.								
1. Febr. I.		73,5	64,3	9,2		73,5	62,7	20,0
		73,5						
		55,1						
	×	55,1						
1. Febr. II.		48,9	51,0	6,9		55,1	55,1	4,2
		61,4						
		42,7						
4. Febr.		48,9	51,0	6,9		55,1	55,1	—
		61,4						
		42,7						
Mittel aller S_A 56,3				8,9	Mittel aller S_B 58,2			10,5
Ablenkung: $8^{\circ} 21' 2''$. Intervalle: $7,1 \sigma$; $14,1 \sigma$; $21,2 \sigma$ u. s. w.								
<i>LH</i> Herr H. Lindau.								
29. Juni.		144,7	149,4	9,2		144,7	146,7	8,6
		144,7						
		135,8						
	×	161,0						
	×	161,0						
Mittel aller S_A 149,4				9,2	Mittel aller S_B 146,7			8,6
Ablenkung: $19^{\circ} 23' 31''$. Intervalle: $6,1 \sigma$; $12,1 \sigma$; $18,2 \sigma$ u. s. w.								
<i>LT</i> Mr. G. Wilkinson.								
14. Mai		61,4	58,3	4,7		67,4	31,3	3,1
		48,9						
		61,4						
		61,4						
17. Mai		67,4	67,4	—		55,1	52,0	3,1
		67,4						
18. Mai		55,1	48,9	6,2		61,4	50,5	13,9
		48,9						
	×	42,7						
	×	42,7						
Mittel aller S_A 57,2				7,4	Mittel aller S_B 55,1			8,7

Tabelle X. (Fortsetzung.)

(Versuchsclassen B.) Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck.

Ablenkung 19° 23' 31". Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ ; u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen.				Bestimm. aus absteig. Reihen.			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
10. Juli	<i>LT</i> Verfasser.							
		97,9				73,5		
		79,6				73,5		
		79,6	86,7	5,4		91,8	79,6	4,0
		85,7						
		85,7						
	91,8							
	91,8							
	Mittel aller S_A 86,7		5,4	Mittel aller S_B 79,6		4,0		
27. Mai I. 27. Mai II. 27. Mai III.	<i>HT</i> Mr. Wilkinson.							
		48,9				61,4		
		48,9	53,1	5,6		55,1	57,2	2,8
		61,4						
		61,4						
		67,4	68,9	2,3		55,1	48,9	3,1
		73,5						
		67,4						
		67,4						
		67,4	75,5	6,8		73,5	73,5	4,1
		85,7						
		73,5						
	Mittel aller S_A 66,2		7,8	Mittel aller S_B 58,8		9,4		
3. Mai I. 3. Mai II.	<i>HT</i> Herr H. Lindau.							
		61,4			$\frac{6}{4} \frac{5}{5}$	(73,5)		
		97,9	71,5	17,6		79,6	73,4	20,5
		(73,5)						
		55,1						
		$\frac{3}{3} \frac{4}{4}$	84,2	13,7		79,6	88,8	9,2
		97,9						
		97,9						
		73,5						
		$\frac{3}{3} \frac{4}{4}$			$\frac{3}{3} \frac{4}{4}$	(104,1)		
	67,4			$\frac{3}{3} \frac{4}{4}$	97,9			
	67,4			$\frac{3}{3} \frac{4}{4}$	(73,5)			
	Mittel aller S_A 78,7		16,1	Mittel aller S_B 79,6		12,7		

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck.

Ablenkung: 19° 23' 31". Intervalle: 6,1 σ ; 12,1 σ ; 18,2 σ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen.			
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV
	<i>HL</i> Mr. G. Wilkinson.							
30. Nov.		(36,5) 48,9 61,4	55,1	6,3		61,4 73,5	67,5	6,1
3. Dez.	\times <u>4</u>	79,6 97,9	88,8	9,2	$\overline{3}$ <u>4</u> $\overline{5}$	55,1 61,4 85,7	67,4	12,2
7. Dez.	\times $\overline{6}$ <u>4</u> $\overline{5}$ $\overline{6}$	97,9 (79,6)	97,9	0,0	$\overline{3}$	91,8 67,4	79,6	12,2
		Mittel aller S_A 77,1	77,1	17,6		Mittel aller S_B 70,9	70,9	10,9
	<i>HL</i> Herr R. Müller.							
5. Dez. I.	$\overline{3} \times \overline{4}$ $\overline{6}$ $\overline{3}$	104,1 104,1 91,8 67,4 (91,8)	91,9	12,2	$\overline{4}$ $\overline{5}$ \times	48,9 104,1 110,3	87,8	25,9
5. Dez. II.	$\overline{4} \overline{5}$ \times $\overline{4} \overline{5}$	(110,3) (110,3)	—	—	$\overline{3} \overline{5}$ $\times \overline{6}$ \times	91,8 79,6 97,9	89,8	6,8
16. Dez.		48,9 55,1	52,0	3,1		61,4	61,4	0,0
		Mittel aller S_A 78,6	78,6	21,4		Mittel aller S_B 84,9	84,9	18,5

Tabelle X. (Fortsetzung.)

Versuchsclassen B. Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck.

Ablenkung: $19^{\circ} 23' 31''$. Intervalle: $6,1 \sigma$; $12,1 \sigma$; $18,2 \sigma$ u. s. w.

Datum	Bestimm. aus aufsteig. Reihen				Bestimm. aus absteig. Reihen				
	V-Fehler	Einzelne S_A	Mittel S_A aus den Gruppen	mV	V-Fehler	Einzelne S_B	Mittel S_B aus den Gruppen	mV	
	<i>HL</i> Herr Dr. G. Störring.								
20. Jan.	$\bar{3}$	67,4							
	$\underline{3}$	79,6							
	$\bar{3}$	67,4							
		61,4	63,9	7,5					
		55,1							
		67,4							
9. Dez.		48,9							
					$\underline{6}$	85,7			
						85,7			
						67,4	72,4	13,7	
						79,6			
						36,5			
					79,6				
		Mittel aller S_A	63,9	7,5		Mittel aller S_B	72,4	13,7	
	<i>HL</i> Mr. F. Bolton.								
30. Nov.		85,7			$\bar{6}$	$\underline{3}$	$\underline{4}$	(67,4)	
	\times	67,4			\times	$\underline{4}$	$\underline{5}$	(79,6)	
	\times	85,7	75,1	10,6				30,4	
		61,4			$\bar{4}$	$\bar{6}$	$\underline{3}$	$\underline{4}$	(48,9)
					$\bar{3}$	$\underline{5}$		73,5	
9. Feb.		91,8				67,4			
		67,4				61,4			
		67,4	75,9	7,8		73,5	73,5	9,1	
		73,5				91,8			
		79,6							
			Mittel aller S_A	75,6	9,1		Mittel aller S_B	66,3	13,6

Versuchsclassse B.

Aufmerksamkeit auf den zweiten Eindruck gelenkt.

Wenn wir die zwei Classen von Schwellenwerthen unterscheiden, die erste, worin die Aufmerksamkeit auf dem ersten Eindruck, die andere, wo sie auf dem zweiten ruht, so sind wir geneigt, die Zeitschwellen so zu betrachten, als ob sie aus vollkommen entgegengesetzten apperceptiven Zuständen abzuleiten wären. Dass diese Ansicht falsch ist, kann man aber besonders dann sehen, wenn die Aufmerksamkeit sehr stark auf einen der Reize concentrirt wird. Man erkennt dann leicht, dass, wenn wir einen Reiz zu fixiren beschließen, in Wirklichkeit die Aufmerksamkeit eine Vertheilung erleidet, welche aber viel gleichmäßiger sein muss, wenn wir auf den nachkommenden Reiz warten. Dieses Verhalten der Apperception kann Fig. 7 veranschaulichen.

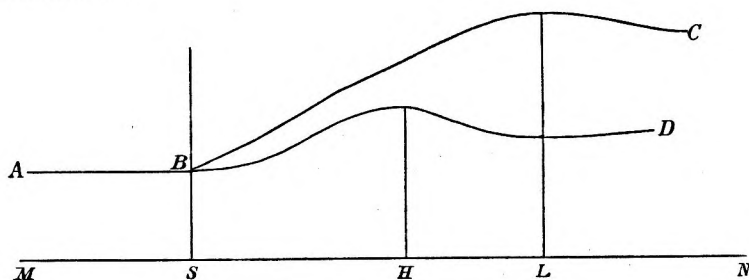


Fig. 7.

Oberhalb einer Abscisse MN , deren Ausdehnung der verlaufenden Zeit entspricht, ziehen wir eine Linie, deren Ordinaten die zu jedem Zeitpunkt gehörigen Aufmerksamkeits-Intensitäten darstellen.

Dem theoretisch abstracten Fall passiver Apperception, in welchem die Aufmerksamkeit nirgends wohin gelenkt ist, wird eine der Abscissenlinie parallele Gerade AB entsprechen. Im Augenblick S , wo das Signal in dem Versuche gegeben wird, um den Beobachter seine Aufmerksamkeit in einer vorher verabredeten Weise concentriren zu lassen, löst sich die bisher einfache Linie AB in mehrere Curven auf, die in ihrem Verlauf relative Intensitäten der Empfänglichkeit in den verschiedenen Sinnesgebieten darstellen können. In unseren Versuchen haben wir es bloß mit zwei dieser Curven, BC

und *BD*, zu thun, welche den zwei in Betracht gezogenen Sinnen angehören, deren Organe erregt werden sollen.

Je stärker nun die Aufmerksamkeit auf die Ankunft des zweiten Eindrucks fixirt wird, um so schwächer wird der andere Reiz apperzipirt werden. Zu jedem Zeitpunkt wird daher die Lage der einen Curve die Lage der andern bestimmen, und zwar werden beide Curven abwechselnd steigen und fallen. Diese Vertheilung der Aufmerksamkeit erhält sich aber nur während des Zustandes der Erwartung, bis die erste Empfindung eintritt. Dann wächst die Spannung der Aufmerksamkeit für den zweiten Eindruck. Es mag sein, dass eine längere Zeit von Latenz erforderlich ist, um die zerstreute Aufmerksamkeit in dieser Weise auf den zweiten Eindruck zu concentriren, als in den vorhergehenden Fällen, wo die gesammte Aufmerksamkeit von dem ersten auf den zweiten Eindruck übergang. Diese Bewegung konnte aber, obgleich sie in jedem Fall stattfand, kaum die Ursache der Vorstellung der Ungleichzeitigkeit sein. Es ist vielmehr höchst wahrscheinlich, dass die Ungleichzeitigkeit der einzelnen Vorstellungen selbst die Grundlage hiervon ist. Man kann sich dieses Verhalten vielleicht klar machen, indem man das Steigen und Sinken der Vorstellungen im Bewusstsein mit dem Verlauf der Gesichtserregungen in der Retina vergleicht. Es scheint aber außerdem, dass die von verschiedenen Sinnen entspringenden Vorstellungen verschiedene Zeitmengen erfordern, um ihre maximale Deutlichkeit zu erlangen.

Ein Versuch bei zufällig sehr herabgesetzter Aufmerksamkeit, welcher zur Zeit seiner Ausführung für unbrauchbar gehalten wurde, diente später als Leitfaden zur Lösung des vorliegenden Problems. In dem vorigen Capitel fanden wir, dass der Gesichtseindruck, sogar wenn er unerwartet kommt, einen beträchtlichen Grad von Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt. Wir sahen ferner, dass der Tasteindruck wegen der Energie seiner Empfindung auch ohne die zuvor auf ihn gelenkte Aufmerksamkeit rasch in das Blickfeld des Bewusstseins tritt. Wegen der Eigenthümlichkeit dieser beiden Sinneseindrücke ist daher *TL* zur Bestätigung der obigen Erklärung besonders geeignet. Als nun ein Versuch gemacht wurde, die Schwelle für *TL* zu bestimmen, konnten wegen einer Unpässlichkeit des Beobachters, Mr. Wilkinson, keine geordneten Reihen erhalten

werden. Hierbei trat in einer aufsteigenden Reihe eine Schwelle von $24,3\sigma$ auf. Ihr folgten dann die Bestimmungen:

	S_A	S_B
18. Mai		— 42,7
	— 24,3	— 12,1
	+ 30,4	+ 18,2
	+ 18,2	+ 36,5
	+ 55,1	+ 48,9
	+ 42,7	

Die allmähliche Aenderung der Schwellenlage geschah ganz ohne Bewusstsein des Beobachters. Der Uebergang musste durch eine graduelle Verstärkung der Richtung der Aufmerksamkeit auf den Gesichtseindruck verursacht sein, bis eine Grenze von ungefähr 50σ erreicht war.

Mit den Reizen in derselben Reihenfolge konnte ich einen ähnlichen Versuch mit Herrn Prof. Meumann durchführen, wobei der Uebergang in umgekehrter Richtung gemacht wurde. Die Versuchsperson lenkte die Aufmerksamkeit im Anfang stark auf den Gesichtseindruck und nahm allmählich willkürlich eine Disposition von Gleichgültigkeit an. Die hierbei gewonnenen Schwellen waren:

	S_A	S_B
19. Mai		+ 48,9
	+ 42,7	+ 42,7
	+ 42,7	— 18,2
	— 30,4	— 36,5

Diese Beispiele weisen darauf hin, dass, je stärker die Concentration auf einen einem anderen folgenden Eindruck wird, um so mehr das psychische Schwellenintervall zunimmt. Der Uebergang war von einem passiven Apperceptionszustand zu möglichst starker Concentration auf den zweiten Reiz übergegangen, und das Wachstum des Intervalles schritt fort, bis eine gewisse Länge durch einen maximalen Grad von Aufmerksamkeit erreicht wurde, welche je nach den besonderen Sinnesgebieten für jede Reizcombination verschieden war, und über welche hinaus der zweite Reiz nicht stärker von der

Aufmerksamkeit fixirt werden durfte, wenn nicht der erste allzu unsicher appercipirt werden sollte, um überhaupt seine Lage relativ zu dem zweiten noch bestimmen zu können. Wird die Aufmerksamkeit dem ersten Reiz zugewendet, so ist das psychische Schwellenintervall in der Regel nicht so lang. Dies gilt für alle Combinationen außer LH und LT , wo das Zuerstkommen der dauernden Gesichtsempfindung die Sache complicirter macht. Die abgerundeten Zahlen in tausendstel Secunden für die Veränderungen der Schwellen, wenn der Blickpunkt der Aufmerksamkeit vom ersten zum zweiten Eindruck übergang, sind die folgenden:

$$\begin{array}{rcl} \underline{HT} + 60 & = & \underline{HT} \\ \underline{TH} + 30 \text{ bis } 50 & = & \underline{TH} \\ \underline{TL} + 0 \text{ » } 20 & = & \underline{TL} \\ \underline{HL} + 0 \text{ » } 20 & = & \underline{HL} \end{array}$$

Das heißt: die Schwelle für \underline{HT} um 60σ vergrößert ergibt die Schwelle für \underline{HT} , u. s. w.

Da die individuellen Verschiedenheiten der Beobachter eine große Rolle spielen, so dass die Werthe für dieselbe Schwelle selten übereinstimmen, so wollen wir zuerst unsere Betrachtung auf die Ergebnisse eines der Beobachter (Mr. Wilkinson) beschränken, welche für alle Combinationen, wo die Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck gelenkt war, vorliegen. Nach diesen Ergebnissen sind wir im Stande, die Wirkungen der drei Sinneseindrücke im Verhältniss zu einander abschätzen zu können, sei es, dass sie das erste oder das zweite Glied der Combination bilden. Ehe eine Vergleichung angestellt werden kann, muss man die zu den physiologischen Processen verbrauchten Zeitmengen berücksichtigen. Doch ist dies hier nur für den Tasteindruck von Bedeutung, für den ich nach den im vorigen Abschnitt erwähnten Bestimmungen 30σ als die Zeit annehme, welche verfließt, bis der Tasteindruck das Gehirn erreicht. Die hiernach modificirten Durchschnittswerthe der aufsteigenden Reihen sind die folgenden¹⁾:

1) Ich habe hier die Betrachtung auf die Vergleichung der Durchschnittswerthe, welche sich aus den aufsteigenden Reihen (S_A) ergeben, beschränkt. Bei der Prüfung habe ich übrigens gefunden, dass die Werthe der absteigenden Reihen (S_B) ähnliche Verhältnisse darbieten.

$$\begin{aligned} \underline{HT} &= 96,1. & \underline{TL} &= 21,4. & \underline{TH} &= 35,0. \\ \underline{LT} &= 87,2. & \underline{HL} &= 77,2. & \underline{LH} &= 56,3. \end{aligned}$$

Zur besseren Unterscheidung werde ich von jetzt an einen oder zwei Striche (') gebrauchen, um die erste oder zweite Stellung der abwechselnden Eindrücke zu bezeichnen.

Vergleichen, wir hiernach T' und H' so finden wir aus der Proportion $TL : TH = 21,4 : 77,2$, dass, wenn sie mit einem gemeinschaftlichen letzten Glied (L'') in Verbindung stehen, bei T' das Intervall viel kleiner ist. Dies erklärt sich aus der schon hervorgehobenen Thatsache, dass der Tasteindruck ohne besondere willkürliche Aufmerksamkeit dem Bewusstsein stärker sich aufdrängt, oder umgekehrt, dass der Gehörseindruck weniger fähig ist, die Aufmerksamkeit zu fixiren.

Vergleichen wir aber dieselben Eindrücke in der andern Stellung (T'' und H''), so müssen wir Proportionen, worin L' als erstes Glied erscheint, vermeiden, weil L' hier einen eigenthümlichen störenden Einfluss ausübt, der nachher erörtert werden soll. Die Proportion $LT : LH = 87,2 : 56,3$ ist daher nicht zu gebrauchen, sondern es kann das Verhältniss zwischen T'' und H'' nur durch Vergleichung beider mit dem Einfluss von L'' ermittelt werden. Da nun

$$\begin{aligned} HL : HT &= 77,2 : 96,1 = L'' < T'' \\ TL : TH &= 21,4 : 35,0 = L'' < H'', \end{aligned}$$

so müssen die Einflüsse von T'' und von H'' beide größer sein als die von L'' . Die Einführung des H'' an Stelle des L'' in der Combination TL wird also eine verhältnissmäßig viel größere Verlängerung des Intervalles veranlassen, als die Einführung des T'' an Stelle des L'' in HL .

Allgemein aber wird, wenn der Tasteindruck das erste oder zweite Glied bildet, dieser stets eine kleinere Schwelle im Vergleich zum Gehörseindruck veranlassen.

Was sodann den Gesichtseindruck betrifft, so haben wir keinen Grund, anzunehmen, dass sich derselbe in einer wesentlich verschiedenen Weise von den andern Sinneseindrücken verhalten werde, wenn er als letztes Glied steht. Wie jetzt die Vergleichung des T'' mit H'' schon gezeigt hat, erscheinen sie immer noch gleichzeitig, auch wenn sie später als L'' nach einem vorangegangenen Eindruck im Gehirn

ankommen. Die Verzögerung der Gesichtserregung im Endorgan kann kaum so groß sein, dass sie über diese Unterschiede Rechen-schaft gibt. Kommt jedoch der Sinneseindruck L' zuerst, so zeigen die unten gegebenen Proportionen an, dass L' näher als H' dem andern Eindruck stehen muss, und weiter als T' , um als ungleich-zeitig erkannt zu werden:

$$LT : HT = 87,2 : 961.$$

$$LH : TH = 56,3 : 35,0.$$

Ferner ist wahrzunehmen, dass L in Verbindung mit T'' eine größere psychische Schwelle, als die der Combination LH ist, er-fordert:

$$LT : LH = 87,2 : 56,3$$

Dies bildet eine Umkehrung der früher angezeigten Wirkungen von T'' und H'' . Dieses neue Verhältniss bezieht sich aber nicht auf die directen Wirkungen von T'' und H'' , sondern auf die von L' . Denn da die Aufmerksamkeit sich in hohem Grade auf T'' lenkt, so muss L' eine längere Zeit vorangehen, bevor es als ein dem Tast-eindruck vorausgehender Reiz wahrgenommen wird.

An dieser Stelle ist noch der Ort, eine Meinung Exner's zu er-wähnen, da meine Versuche Anlass zu einer näheren Untersuchung derselben geben. »Ich habe«, sagt Exner, »nicht bemerkt, dass in einem Fall die Zeitdifferenz, welche nöthig ist, um die Ungleich-zeitigkeit zweier Eindrücke zu erkennen, verschieden wäre von jener Zeitdifferenz, welche erforderlich ist, um zu erkennen, welcher der Reize der erste, welcher der zweite ist«¹⁾. Es würde ungerechtfertigt sein, diese Beobachtung zu bestreiten. Aber in unsern Versuchen hegte der Beobachter häufig Zweifel über die Art der Succession, während die Ungleichzeitigkeit bestimmt bemerkt wurde. Die Ver-suchsfehler, die in dieser Beziehung Wichtigkeit haben, sind diejenigen, welche bei Zeitdistanzen unmittelbar unter der Schwelle vorkamen, und bei denen die Reize in der umgekehrten, d. h. unrichtigen Reihenfolge aufgefasst wurden.

Die meisten dieser Fehler kamen in der Richtung von kleineren

1) a. a. O. S. 405.

zu langen Intervallen vor, wo die Erscheinung natürlich leichter bemerkt wird. Unter den Beispielen gehörten viele den Versuchen LH eines Beobachters (Lindau) an. Wenn H vor dem Abklingen von L eintrat, so wurde es offenbar häufig nicht bloß als gleichzeitig, sondern als vorangehend aufgefasst. Außerdem begegneten wir fast ausschließlich bei den Combinationen von T und H dieser Erscheinung. Dies wird vermuthlich dadurch erklärbar, dass diese Reize kurzdauernde Empfindungen hervorrufen, welche in manchen Fällen beide vorübergegangen sind, bevor ihre Reihenfolge entschieden werden kann. Es wird sich nachher zeigen, dass dieselbe Erscheinung beim unwissentlichen Verfahren viel prägnanter auftrat.

IV. Versuche über die Wahrnehmung disparater Sinneseindrücke bei unwissentlichem Verfahren.

Es bleibt noch übrig, der Vollständigkeit der Untersuchung halber die völlig verschiedene Grundlage aufzuzeigen, worauf das Unterscheidungsvermögen ruht, falls man auf ganz unwissentliche Weise die zeitliche Ordnung disparater Empfindungen beurtheilt.

Bei dem wissentlichen Verfahren hatte man die Ueberzeugung, sobald das Schwellenintervall von scheinbarer Gleichzeitigkeit ausgehend erreicht wurde, dass eine zeitliche Trennung zu Stande gekommen war. Beim unwissentlichen Verfahren hingegen nimmt man oft keine zeitliche Trennung wahr, sogar wenn das Intervall viel länger als das der Schwelle ist, und bei einem solchen Intervalle wird die Reihenfolge der Eindrücke bei gewissen Reizcombinationen öfters falsch als richtig beurtheilt. Ueberdies kommen die Gleichzeitigkeitsurtheile seltener bei den Intervallen vor, wo entweder Zweifel vorherrschte oder die Eindrücke gleichzeitig erschienen. Daraus folgt, dass der Beobachter seine Aussagen auf die leisesten Andeutungen gründen muss, dass diese einen geringeren Grad der Gewissheit besitzen und auf einer anderen Grundlage ruhen als die, welche beim wissentlichen Verfahren gemacht wurden. Allerdings spielt die Aufmerksamkeit noch eine bedeutende Rolle, aber die Sache hängt nicht primär von der Aufmerksamkeit ab. Eine hinreichende Erklärung lässt sich auf Grund der Wundt'schen Apperceptionslehre geben, wonach »die gleichzeitig in den Blickpunkt des

Tabelle XI.

Int. σ	Tast- und Gehörseindrücke												Tast- und Gesichtseindrücke																			
	Aufm. auf T						Aufm. auf H						Aufm. auf T						Aufm. auf L													
	Int. $0\sigma = 4T + 1g + 10H$						Int. $0\sigma = 5H + 7g + 3T$						Int. $0\sigma = 8T + 7g + 5L$						Int. $0\sigma = 7L + 5g + 8T$													
	T voran		H voran		T voran		H voran		T voran		L voran		T voran		L voran		T voran		L voran													
r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$									
6,1	2	5	8	30	8	4	3	66 $\frac{2}{3}$	2	0	13	13 $\frac{1}{3}$	9	3	3	70	6	7	7	47 $\frac{1}{2}$	6	8	6	50	6	7	7	47 $\frac{1}{2}$	8	7	5	57 $\frac{1}{2}$
12,1	5	1	9	36 $\frac{2}{3}$	7	5	3	63 $\frac{1}{3}$	6	1	8	43 $\frac{1}{3}$	11	1	3	76 $\frac{2}{3}$	7	6	7	50	9	6	5	60	3	9	8	37 $\frac{1}{2}$	8	10	2	65
18,2	6	3	6	50	7	1	7	50	1	3	11	16 $\frac{2}{3}$	11	1	3	76 $\frac{2}{3}$	9	6	5	60	8	5	7	52 $\frac{1}{2}$	5	9	6	47 $\frac{1}{2}$	10	5	5	62 $\frac{1}{2}$
24,3	3	6	6	40	9	3	3	70	1	2	12	13 $\frac{1}{3}$	11	2	2	80	7	5	8	47 $\frac{1}{2}$	8	5	7	52 $\frac{1}{2}$	6	10	4	55	8	5	7	52 $\frac{1}{2}$
30,4	8	4	3	66 $\frac{2}{3}$	10	2	3	73 $\frac{1}{3}$	1	2	12	13 $\frac{1}{3}$	12	1	2	83 $\frac{1}{3}$	5	6	9	40	4	9	7	42 $\frac{1}{2}$	3	10	7	40	8	10	2	65
36,5	6	1	8	43 $\frac{1}{3}$	9	3	3	70	8	0	7	53 $\frac{1}{3}$	11	1	3	76 $\frac{2}{3}$	11	3	6	62 $\frac{1}{2}$	11	2	7	60	7	3	10	42 $\frac{1}{2}$	12	3	5	67 $\frac{1}{2}$
42,7	4	2	9	33 $\frac{1}{3}$	8	1	6	56 $\frac{2}{3}$	8	1	6	56 $\frac{2}{3}$	10	3	2	76 $\frac{2}{3}$	8	6	6	55	11	5	4	67 $\frac{1}{2}$	7	6	7	50	10	5	5	62 $\frac{1}{2}$
48,9	4	4	7	40	11	3	1	83 $\frac{1}{3}$	2	4	9	26 $\frac{2}{3}$	10	3	2	76 $\frac{2}{3}$	10	2	8	55	5	6	9	40	11	4	5	65	10	6	4	65
55,1	3	2	10	26 $\frac{2}{3}$	8	2	5	60	5	0	10	33 $\frac{1}{3}$	13	0	2	86 $\frac{2}{3}$	11	3	6	62 $\frac{1}{2}$	9	6	5	50	6	6	8	45	12	5	3	72 $\frac{1}{2}$
61,4	6	4	5	53 $\frac{1}{3}$	11	2	2	80	6	2	7	46 $\frac{2}{3}$	12	3	0	90	12	4	4	70	9	3	8	52 $\frac{1}{2}$	5	5	10	37 $\frac{1}{2}$	13	3	4	72 $\frac{1}{2}$
67,5	8	2	5	60	10	1	4	70																								
73,5	9	0	6	60	8	2	5	60																								
79,6	9	0	6	60	10	2	3	73 $\frac{1}{3}$																								

φ*

Tabelle XII.

Int. σ	Gehörs- und Gesichtseindrücke															
	Aufmerk. auf H								Aufmerk. auf L							
	Int. $0 \sigma = 4 H + 5 g + 6 L$								Int. $0 \sigma = 7 L + 5 g + 3 H$							
	H voran				L voran				H voran				L voran			
	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$	r	g	f	$r + \frac{g}{2}$
14,1	5	3	7	$43\frac{1}{3}$	7	6	2	$66\frac{2}{3}$	6	2	7	$46\frac{2}{3}$	10	1	4	70
28,3	6	2	7	$46\frac{2}{3}$	8	2	5	60	7	0	8	$46\frac{2}{3}$	9	1	5	$63\frac{1}{3}$
42,6	6	6	3	60	5	6	4	$53\frac{1}{3}$	8	1	6	$56\frac{2}{3}$	12	0	3	80
57,1	10	2	3	$73\frac{1}{3}$	5	0	10	$33\frac{1}{3}$	6	1	8	$43\frac{1}{3}$	9	2	4	$66\frac{2}{3}$
71,8	10	1	4	70	3	4	8	$33\frac{1}{3}$	8	2	5	60	12	1	2	$83\frac{1}{3}$
87,0	10	0	5	$66\frac{2}{3}$	9	0	6	60	5	0	10	$33\frac{1}{3}$	12	2	1	$86\frac{2}{3}$
102,5	12	1	2	$83\frac{1}{3}$	8	1	6	$56\frac{2}{3}$	7	2	6	$53\frac{1}{3}$	14	1	0	$96\frac{2}{3}$
118,7									6	0	9	40	13	1	1	90
135,9									11	1	3	$76\frac{2}{3}$	13	0	2	$86\frac{2}{3}$

Bewusstseins tretenden Einzelvorstellungen immer Bestandtheile einer complexen Vorstellung bilden«¹⁾.

Durch die Freundlichkeit des Mr. Wilkinson vermochte ich die Combinationen aller Art, welche vorher geprüft wurden, wiederum mit ihm als Versuchsperson in der schon oben angegebenen Weise durchzuführen. Die Urtheile sind in den Tabellen XI und XII gesammelt. Die Zahlen in den mit g bezeichneten Spalten entsprechen den bei den betreffenden Intervallen gefällten Gleichzeitigkeiturtheilen, während die Spalten r und f die Anzahl der richtigen beziehungsweise falschen Urtheile enthalten. Die Zahlen $r + \frac{g}{2}$ sind hieraus in Procenten berechnet. Oberhalb der Spalten findet man die Urtheile für das Intervall Null.

In den folgenden Figuren 8, 9 und 10, in denen die verticale mit Null bezeichnete Linie den Punkt ausdrückt, wo beide Reize

1) Wundt, Grundzüge der Physiol. Psychol. 4. Aufl. Bd. II. S. 269.

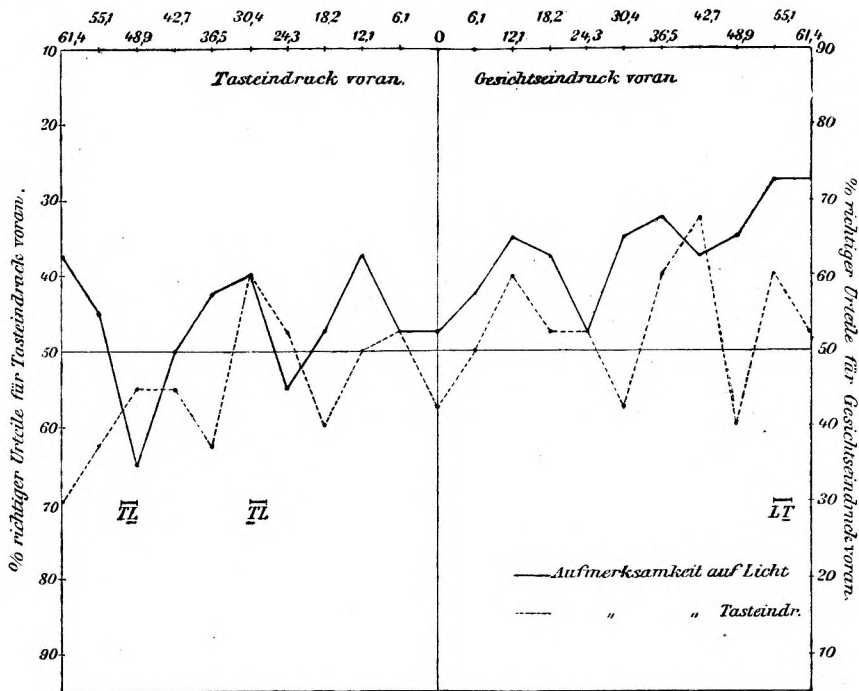


Fig. 9.

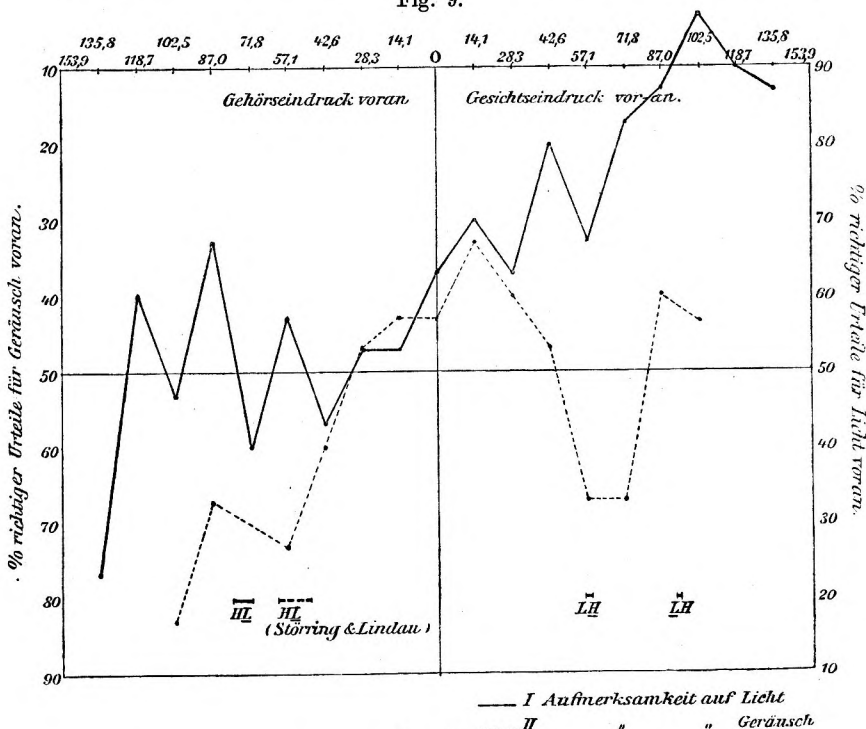


Fig. 10.

zwischen denselben eingeschoben wurden. Die Reihen der Procentsätze am Rande geben den Werth für jeden Punkt der Curven an. Unterhalb der Curven sind auch die Lagen der entsprechenden von Mr. Wilkinson gewonnenen Zeitschwellen bezeichnet. (In Fig. 8 und 10 mussten zur Ergänzung die Schwellen \underline{HT} und \underline{HL} den Bestimmungen an andern Beobachtern entnommen werden.) Die Curven für die Combination H und L , Fig. 10, sind weiter ausgedehnt als die andern, und der Abstand zwischen den successiven Intervallen ist größer. Die kleinere Ablenkung des Pendels, $8^\circ 21' 2''$, wurde hier angewandt, um die Versuchsanordnung derjenigen ähnlich zu halten, welche bei den Versuchen \underline{LH} und \underline{LT} rathsam befunden wurde. Für die Curven T und L , Fig. 9, wurde jedoch die größere Ablenkung gebraucht, eben so wie für T und H in Fig. 8. Dies schien vortheilhaft, da die Schwellen der einen Combination mit den entsprechenden der andern ziemlich übereinstimmen.

Die zwei wichtigsten Punkte dieser Untersuchung treffen wir bei der Betrachtung der Gleichzeitigkeitsurtheile, welche bei kurzen Intervallen vorkamen, und in den falschen Fällen bei den Intervallen, die oberhalb der Schwelle lagen. Aus den Tabellen ersehen wir, dass die Eindrücke viel häufiger als gleichzeitig aufgefasst werden, wenn sie durch Tast- und Gehörsinn entstehen, als durch Tast- und Gesichtssinn. Die lange Dauer der Lichtempfindung ist eine bestreitbare Erklärung hierfür, weil jene nur, wenn das Licht vorankam, einen Einfluss haben sollte, während die betreffenden Urtheile fast eben so zahlreich waren, wenn das Gegentheil der Fall war, also der Tasteindruck vorankam. Dass das vorankommende Licht aber doch etwas Einfluss ausübte, ist wahrscheinlich, denn scheinbare Gleichzeitigkeit würde sonst verhältnissmäßig häufiger bei der umgekehrten Reihenfolge der Reize vorgekommen sein, weil der scheinbare Nullpunkt erst bei einem Intervall von 20σ — 30σ mit dem Tasteiz als vorankommend erreicht wird, wo wir die meisten Gleichzeitigkeitsfälle finden sollten. Die Ergebnisse betreffs H und L sind mit denen der anderen Combinationen wegen der Verschiedenheit der geprüften Intervalle in dieser Beziehung nicht zu vergleichen. Die Reize erschienen darin seltener gleichzeitig.

Alle diese Versuche wurden an verschiedenen Tagen durchgeführt, und es ist wahrscheinlich, dass diese Verschiedenheit größtentheils

fremden Einflüssen zugeschrieben werden muss. In Bezug auf einige Combinationen mit bestimmter Einstellung der Aufmerksamkeit wurden die Gleichzeitigkeitsurtheile nicht bedeutend häufiger bei kurzen als bei langen Intervallen gefällt (\underline{T} und L , \underline{L} und H), bei andern Combinationen wurden sie in der Nähe des Intervalles Null zahlreicher, und zwar zwischen den folgenden Grenzen:

In \underline{T} und H	30,4 (T voran)	bis	12,1 (H voran)
» T und \underline{H}	30,4 (T »)	»	18,2 (T »)
» T und \underline{L}	30,4 (\underline{T} »)	»	12,1 (L »)
» \underline{H} und L	42,5 (H »)	»	42,5 (L »)

Bei den ersten drei Combinationen ist der Einfluss der Verzögerung des Tasteindruckes ausgeprägt, auch aus Tabelle XII sieht man, dass die Dauer der Lichtempfindung in den Resultaten für H und L einen gewissen Ausdruck findet. Experimente dieser Art liefern aber kaum, wie Exner glaubte¹⁾, ein dienliches Mittel zur genauen Bestimmung der Dauer verschiedener Sinnesindrücke, da die Einstellung der Aufmerksamkeit große Aenderungen in der Lage des scheinbaren Nullpunktes verursacht, sonst müssten die Versuche über T und \underline{H} und \underline{T} und H in diesem Punkt besser übereinstimmen.

Wenden wir uns nun zu dem zweiten Hauptergebniss der Untersuchung, nämlich zu dem überwiegenden Auftreten falscher Fälle bei längeren Intervallen. Dasselbe ersieht man am deutlichsten aus den beiden Curven der Fig. 10. Auf der rechten Hälfte dieser Figur zeigt die mit punktirter Linie gezeichnete Curve eine über mehrere Intervalle reichende Rückkehr zu der Lage, welche sie bei ähnlichen Intervallen auf der andern Seite der Mittellinie hat. Die andere Curve zeigt ebenfalls eine entsprechende Rückkehr in ihrem Auf- und Absteigen in der linken Hälfte derselben Figur. In gleicher Weise wie in den Curven für H und \underline{L} (Fig. 10) und bei ungefähr demselben Intervalle (48,9) fängt die Curve für T und \underline{L} (linke Hälfte, Fig. 9) zu steigen an. Es ist merkwürdig, dass die Zeitschwelle durch die früheren Versuche bei demselben Intervalle gefunden wurde.

Was die Curven uns zeigen, ist in Worten ausgedrückt, dass,

1) Exner, a. a. O. S. 425.

wenn die Aufmerksamkeit auf irgend einem der beiden Reize ruht, der andere Reiz, wenn er dem fixirten in einem nicht zu großen Intervall vorangeht, als nachfolgend wahrgenommen wird. Der Grund dieser Erscheinung lässt sich daraus ableiten, dass bei der Aufeinanderfolge der Eindrücke diese deutlicher wahrgenommen werden, als wenn sie gleichzeitig oder nahezu gleichzeitig erscheinen. Um den Nullpunkt herum, wo die Trennung der Vorstellungen entweder nicht deutlich, oder gar nicht vorhanden war, wurde die Unterscheidung beinahe eben so oft zu Gunsten der einen wie der andern Seite gemacht. Bei diesen, sowie bei allen geprüften Intervallen übte die Aufmerksamkeit immer denselben Einfluss aus, welcher in allen Versuchen merklich war, und in den räumlichen Beziehungen der Lagen beider Curven in allen Figuren Ausdruck findet. Dieser Effect der Aufmerksamkeit besteht darin, dass die Versuchsperson geneigt ist, einen Eindruck als vorankommend zu beurtheilen, sobald die Aufmerksamkeit auf ihn gelenkt wird.

Die folgende Uebersicht enthält die Bestimmungen aller geprüften Zeitschwellen. Die Zahlen sind die Durchschnitte aus den Mittelwerthen, welche aus den S_A - und S_B -Reihen der verschiedenen Beobachter gewonnen wurden.

I. Zeitschwellen zweier Gesichtseindrücke (in σ).

Zeitschwelle für die Unterscheidung zweier Funken gegenüber einem einzelnen (Tageslicht): 12,1 (bei allen Beobachtern nahezu gleich).

	Wilk.	Müller	Meum.	Jac.	Tyszko
Zeitschwelle für Flimmern (Tageslicht)	25,3	33,1	26,6		
» » » (im Dunkeln)	62,9	74,0	87,4		86,5
» » Trennung (Tageslicht)	42,6	46,4	52,8	49,7	
» » » (im Dunkeln)	75,8	90,9	105,9	86,9	93,7
Dauer d. einzeln. Gesichtserregung (im Dunkeln, stereoskopisch bestimmt)					93,8

II. Zeitschwellen zweier Gehörseindrücke.

	Wilk.	Weyer	Störr.	Müller
Zeitschwelle (gewonnen mit Interv.: 1,2; 2,4; 3,6 u. s. w.)	2,9	3,3	4,2	5,5
» » » » 0,6; 1,2; 1,8 »		1,9	1,7	
» » » » 0,3; 0,6; 0,9 »		2,2	2,7	2,9

III. Zeitschwellen disparater Sinneseindrücke.

A. Aufmerksamkeit auf den ersten Eindruck gelenkt.

	Weyer	Lindau	Wilk.	Meum.
Zeitschw. für Tast- u. Gehörseindr. (Tasteindr. voran)		35,9	29,5	
» » » » » (Gehörseindr. »)	—10,5	+5,4		
» » » » Gesichtseindr. (Tasteindr. »)		20,4	28,9	
» » » » » (Gesichtseindr.») (Dunkel)			87,7	
		(Tageslicht)		49,3
		Lindau Störing	Wilk.	Müller
» » Geh.- u. Gesichtseindr. (Gehörseindr. »)	47,1	60,1		
» » » » » (Gesichtseindr.»)	80,6	127,7	96,6	132,3

B. Aufmerksamkeit auf den letzten Eindruck gelenkt.

	Wilk.	Weyer	Lind.	Störr.	Bolton	Müll.
Zeitschw. f. Tast- u. Gehörseindr. (Tasteindr. voran)	64,7	78,6	90,4			
» » » » » (Gehörseindr. »)	62,5	79,2				
» » » » Gesichtseindr. (Tasteindr. »)	49,9	23,2				
» » » » » (Gesichtseindr.»)	56,2	83,2				
» » Geh.- » » » (Gehörseindr. »)	74,0			68,2	71,0	81,8
» » » » » (Gesichtseindr.»)	57,3					