

Ueber die Trägheit der Netzhaut und des Sehcentrums.

Von

James M^cKeen Cattell.

Mit 4 Holzschnitten.

Die Trägheit ist eine allgemeine Eigenschaft unserer Sinnesorgane. Die Moleküle der Zellen werden nur dann in Bewegung versetzt, wenn ein Reiz von einer bestimmten Stärke und von einer bestimmten Zeitdauer auf sie einwirkt, und die Größe der Bewegung, wie man sie an der Intensität der Empfindung misst, ist abhängig von der Stärke des Reizes und (bis zu einem gewissen Grade) von der Dauer seiner Einwirkung. Andererseits dauert die Bewegung in den Zellen der Sinnesorgane und infolge dessen die Empfindung noch fort, nachdem der Reiz zu wirken aufgehört hat. Bei den mechanischen Sinnen, Tastsinn und Gehör, wird diese Bewegung schnell hervorgehoben und hört schnell wieder auf, so dass wir Druckreize, welche einander in Intervallen von 0,001", und Schallreize, welche einander in Intervallen von 0,01" folgen¹⁾, als gesonderte Eindrücke empfinden. Ein größeres Intervall ist erforderlich bei Lichtreizen, wie zu erwarten ist, da wir annehmen, dass der Netzhautprocess ein chemischer ist. Lichtreize fließen noch ineinander, wenn sie sich in Intervallen von 0,04" (je nach der Intensität des Lichtes größer oder kleiner) folgen. Die Fortdauer der Erregung nach dem Aufhören des Reizes ist schon

1) Diese Zahlenangaben sind nicht sicher. S. Wundt, Phys. Psych. II. 260 ff. und Exner in Hermann's Physiol. II. S. 258 ff., sowie an den hier citirten Stellen.

seit langer Zeit bekannt und die Erscheinungen an rotirenden Scheiben, sowie die Nachbilder sind bereits sorgfältig untersucht. Weniger beachtet hat man die Trägheit der Netzhaut beim Beginn der Erregung. Bei der Betrachtung dieses Gegenstandes muss man vier Vorgänge sorgfältig auseinander halten, deren Zeitdauer einzeln zu bestimmen versucht werden kann. Es ist das 1) die Zeit, wie lange ein Lichtreiz auf die Netzhaut wirken muss, damit er überhaupt erkannt werden kann; 2) die Zeit, wie lange ein Lichtreiz auf die Netzhaut wirken muss, damit das Maximum von Intensität der Empfindung hervorgerufen wird; 3) die Zeit, welche verfließt, bis ein Lichtreiz in einen Nervenimpuls umgesetzt ist, und 4) die ganze Zeit, welche in der Nervenleitung und im Gehirn vergeht, bis man Licht wahrnimmt. Dadurch, dass man diese vier Zeiten und die in ihnen abgewickelten Vorgänge nicht streng geschieden hat, ist große Verwirrung entstanden.

Plateau¹⁾ stellte schon vor 50 Jahren beiläufig die Behauptung auf, dass eine gewisse Zeit erforderlich sei »zur vollen Bildung eines Lichteindrucks«; der Gegenstand wurde jedoch erst von Fick und Brücke ernstlich in Angriff genommen. Fick²⁾ zeigte durch eine Analyse des Talbot'schen Gesetzes und durch einige Experimente, dass ein Lichtreiz eine gewisse Zeit hindurch auf die Netzhaut wirken müsse, um das Maximum der Intensität der Empfindung hervorzu- bringen, und Brücke³⁾ erhielt für diese Zeit 0,186". Exner⁴⁾ fand unter der Leitung von Helmholtz mit Hülfe geistreicher aber etwas complicirter Apparate und Methoden, dass sich die genannte Zeit zwischen den Grenzen 0,119" und 0,287" bewegte und zwar in arithmetischer Reihe abnahm, wenn die Intensität des Lichtes in geometrischer Reihe wuchs. Kunkel⁵⁾ gelangte zu dem Resultate, dass diese Zeit für verschiedene Farben verschieden sei, dass sie, wenn die Farben subjectiv annähernd gleich intensiv erschienen, für roth 0,057", für blau 0,092", für grün 0,133" betrug. Alle diese Experimente bestimmen (mehr oder weniger annähernd) die unter 2) genannte Zeit, es ist das aber nicht immer klar angegeben. Exner z. B. betitelt seine

1) Bulletin de l'acad. royale de Bruxelles 1835 II. S. 52, III. S. 89.

2) Pflüg. Arch. 1863. S. 764.

3) Sitzberichte. d. Wiener Acad. 1864. S. 152—53.

4) ebda. 1868.

5) Pflüg. Arch. IX. S. 197.

Abhandlung: »Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit«, verwechselt also die unter 2) und 4) genannten Vorgänge. An dieser Stelle sind auch zu erwähnen die Versuche, welche Baxt¹⁾ unter Helmholtz' Leitung angestellt hat. Seine Arbeit trägt die Ueberschrift: »Ueber die Zeit, welche nöthig ist, damit ein Gesichtseindruck zum Bewusstsein kommt etc.« (Vorgang 4), diese Zeit bestimmt er aber gar nicht. Er ließ nämlich Buchstaben und Curven eine kurze Zeit (0,005"—0,017") auf die Netzhaut wirken und fand, dass, wenn bald nachher ein heller Lichtschein auf die Netzhaut fiel, die Buchstaben und Curven nicht mehr erkannt werden konnten. Er gibt an, dass die Größe des Intervalles, welches zwischen beiden Lichteindrücken liegen muss, damit man das Object, von welchem der erste Eindruck herrührt, erkennen kann, abhängig sei von der Beschaffenheit dieses Objects und von der Intensität des zweiten Lichtreizes, meint aber ferner, die Länge des Intervalls gebe die Zeit an, die man brauche, um den Gegenstand zu erkennen, eine irrthümliche Ansicht, welche später auch Tigerstedt und Bergqvist²⁾ theilten. Es ist möglich, dass der Eindruck, welchen das erste Object hervorgerufen hat, noch auf der Netzhaut durch das folgende starke Licht ausgelöscht wird; wenn aber die von Baxt angeführten Zeiten richtig sind, ist es wahrscheinlich, dass er erst im Gehirn ausgelöscht wird, und diese Zeiten geben dann ungefähr die Differenz an zwischen den Apperceptionszeiten für Buchstaben oder Curven und für einen intensiven Lichteindruck.

Im nächsten Hefte dieser Studien beabsichtige ich Versuche zu veröffentlichen, welche sich auf die Zeitdauer der oben unter 3) und 4) genannten Vorgänge beziehen, in der vorliegenden Arbeit gedenke ich nur den Vorgang 1) zu betrachten, bestimme also die Zeit, wie lange ein Reiz auf die Netzhaut wirken muss, damit man das als Reiz dienende Object erkennen kann. Man hat gefunden³⁾, dass ungefähr 10 Schallschwingungen erforderlich sind, um die Empfindung eines Tones hervorzurufen, und ungefähr die doppelte Zahl, damit man den Ton erkennen kann. Beim Gesichtssinn ist es ohne besondere Experimente klar, dass die Zeit, welche ich bestimmen will, abhängig ist

1) Pflüg. Arch. IV. S. 325. Helmholtz: Monatsber. d. Berliner Acad. 1871.

2) Zeitschr. f. Biologie. 1883. S. 1.

3) S. Wundt, Phys. Psych. II. S. 261, sowie Anm. 1.

von der Intensität des Lichtes. Ein Object, welches durch den elektrischen Funken nur außerordentlich kurze Zeit beleuchtet ist, sind wir im Stande zu erkennen; dagegen vermag der Astronom einen lichtschwachen Stern erst wahrzunehmen, wenn er die Stelle, an welcher er ihn zu finden erwartet, ziemlich lange fixirt hat. Wir wissen also, dass es im Allgemeinen, wenn die Amplitude der Lichtschwingungen eine größere ist, nur einer geringeren Zahl derselben bedarf, um die Netzhaut zu erregen; es bleibt jedoch eine Frage von wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung, die Zeit, welche ein Object auf die Netzhaut wirken muss, damit man es erkennen kann, zu bestimmen 1) für verschiedene Arten von Objecten und 2) bei verschiedenen Lichtintensitäten.

I. Apparat und Methoden.

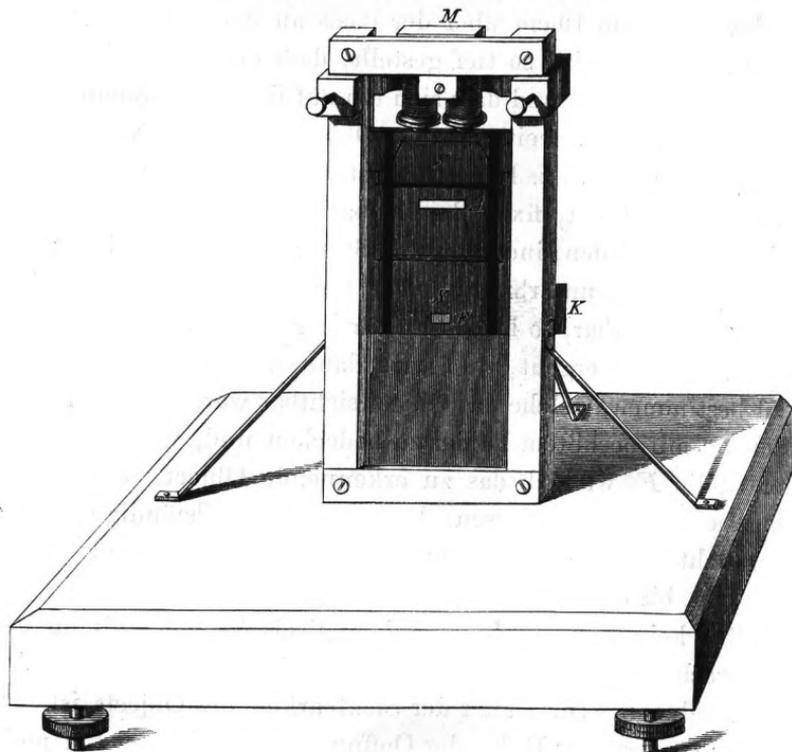


Fig. 1.

Der benutzte Apparat (s. Fig. 1), den man Fall-Chronometer nennen kann, ist sehr einfach. Senkrecht zur Basis stehen zwei massive

messingne Säulen von 30 cm Höhe, in einem Abstand von 10 cm; dieselben werden mit Hülfe der am Fuße des Apparates befindlichen 3 Stell-schrauben genau senkrecht zum Horizont gestellt. In den einander zugekehrten Seitenflächen der Säulen befinden sich dreieckige Einschnitte, in welchen ein schwerer Schirm *ss* aus weichem Eisen gleitet. Der Schirm, welcher mit schwarzem Papier überklebt ist, ist 13 cm hoch und hat 5 cm vom unteren Rande eine Oeffnung von 5 cm Höhe. Er wird in der Schwebe gehalten durch einen Elektromagneten *M*, der in jeder beliebigen Höhe an den Säulen befestigt werden kann. Wird der Strom, welcher durch die Windungen des Elektromagneten geht, unterbrochen, so fällt der Schirm, und zwar durchfällt er denselben Raum immer genau in derselben Zeit. Das zu erkennende Object ist auf einen Carton *K* von 15 cm Breite und 3 cm Höhe aufgeklebt, und dieser Carton wird in seiner Lage festgehalten durch zwei Klemmfedern, die in der Höhe von 10 cm über der Basis an den Säulen angebracht sind. Der Schirm wird so tief gestellt, dass er dem Beobachter das Object gerade verbirgt und dass sich ein auf ihm angebrachter grauer Punkt *F* genau (3 mm weit) vor dem Object befindet. Nachdem man einen Carton, auf den z. B. ein Buchstabe aufgeklebt ist, in die Federn eingeklemmt hat, fixirt der Beobachter den grauen Punkt und lässt den Schirm fallen, indem er den Strom, welcher durch den Elektromagneten geht, unterbricht. Der Buchstabe wird dann an der fixirten Stelle sichtbar, so lange der durchbrochene Theil des Schirmes an derselben vorübergeht, und wird dann wieder bedeckt. Um die Zeit zu bestimmen, welche das Object sichtbar war, braucht man nur den Schirm mit berußtem Papier zu bedecken und, während er fällt, an der Stelle *F*, wo sich das zu erkennende Object befindet, eine Stimmgabel schreiben zu lassen. Da der Schirm vollständig regelmäßig fällt, braucht man die Bestimmung mit der Stimmgabel nur so oft zu wiederholen, bis man mit Sicherheit annehmen kann, dass in der Messung selbst kein Fehler ist. Die theoretisch für den Fall im leeren Raum berechnete Zeit weicht kaum merklich ab von der mit Stimmgabel gefundenen. Die Dauer der Sichtbarkeit des Objects ist natürlich abhängig von der Höhe der Oeffnung im Schirme. Bei meinen Versuchen musste die Spalte 1,3 mm breit sein, wenn das Object 0,001" sichtbar sein sollte. Da ich die Breite der Spalte bis auf 0,1 mm genau

nerstellen konnte, sind die Zeiten bis auf 0,0001" genau¹⁾. Aus praktischen Gründen habe ich nicht eine verstellbare Spalte angewandt, sondern aus dem Schirme eine Spalte von 50 mm Höhe ausgeschnitten, mit schwarzem Carton, der durch Gummibänder auf dem Schirme festgehalten wurde, wieder bedeckt und diesen Carton mit einer Spalte *A* von gewünschter Breite versehen. Die Versuchsmethode brachte keinerlei Störung oder Ablenkung der Aufmerksamkeit mit sich. Der Beobachter fixirt den grauen Punkt auf schwarzem Grunde und lässt selbst den Schirm fallen. Das Object wird sichtbar an dem Punkte, auf welchen sich das Auge eingestellt hat, ist beleuchtet mit der Intensität, welcher das Auge adaptirt ist, und der Beobachter befindet sich in dem Zustande, dass er auf eine schwarze Fläche hinsieht und dass das Object, welches eine von der Spaltbreite abhängige Zeit hindurch sichtbar war, auf der Netzhaut einen Eindruck hervorgerufen hat. Zur Beleuchtung des Objectes diente entweder Tageslicht vom klaren Himmel oder Lampenlicht. Letzteres war nach Belieben herzustellen und gestattete die Intensität genau zu reguliren. Die Lampe war eine Petroleumlampe mit Rundbrenner und gab gleichmäßiges Licht. Die Mitte der Flamme war vom beleuchteten Object 180 mm entfernt, der Winkel, unter welchem die Lichtstrahlen auffielen, betrug ca. 55°. Natürlich war dafür gesorgt, dass kein directes Licht von der Flamme in das Auge des Beobachters fiel.

Die vorliegenden Versuche wurden in Amerika begonnen, aber im Wesentlichen im psychologischen Institut der Universität Leipzig ausgeführt. Der größte Theil derselben wurde mit *B.* (Dr. G. O. Berger) und *C.* (Schreiber dieses) angestellt. Die Versuche waren einigermaßen anstrengend, doch wurde darauf geachtet, dass weder die Netzhaut besonders ermüdet, noch die Aufmerksamkeit zu sehr angespannt wurde. Die Netzhaut zeigte sich etwas empfindlicher, wenn eine Pause vorausging, doch wurde nach Möglichkeit dafür gesorgt, dass diese sowie andere Fehlerquellen vermieden wurden; dieselben sind so gut wie vollständig eliminirt durch die große Zahl von Ver-

1) Sollte noch größere Genauigkeit wünschenswerth sein, so braucht man nur die Säulen höher zu bauen und den Schirm aus größerer Höhe fallen zu lassen. Umgekehrt kann man durch Hebeleinrichtungen, oder indem man das Princip der Atwood'schen Fallmaschine anwendet, die Fallgeschwindigkeit vermindern, also längere Zeiten messen.

suchen. Ich bemerke ausdrücklich, dass weder irgend eine Reihe, noch ein einzelner Versuch bei der Berechnung der Resultate weggelassen ist.

II. Empfindlichkeit der Netzhaut für Farben.

Die Zeit, welche eine Farbe auf die Netzhaut einwirken muss, um erkennbar zu werden, fand ich für die einzelnen Farben verschieden. Angewandt wurde farbiges Papier, welches in reflectirtem Lichte gesehen wurde. Die Farben waren natürlich nicht so gesättigt, wie die des Spektrums, aber bei diesen Versuchen ist es schwer, bei vielen anderen überhaupt unmöglich, ein Sonnenspektrum anzuwenden. Dazu kommt, dass es sicher nicht von geringerem Interesse ist, das Verhalten der Augen solchen Farben gegenüber zu untersuchen, wie sie uns in Natur und Kunst fortwährend entgegentreten, als ihr Verhalten den gesättigten Farben des Spektrums gegenüber. Die ausgewählten Farben waren roth, orange, gelb, grün, blau, violett, und zwar entsprachen sie ungefähr den von Chevreul¹⁾ in seinem premier cercle chromatique mit rouge 0, rouge orange 5, orange jaune 3, vert 0, bleu 1, bleu violet 4 bezeichneten Farben. Am schwierigsten scheint es, in farbigem Papier ein passendes roth und violett zu finden, das von mir benutzte roth war ein wenig dunkel, das violett reflectirte etwas rothes Licht. Die farbige Fläche war 3 cm breit, 1 cm hoch und auf weißen Carton aufgeklebt. Wie oben auseinandergesetzt, war der Carton mittelst der Klemmfedern des Fallchronometers befestigt, der Beobachter fixirte einen grauen Punkt, welcher sich unmittelbar vor der Mitte der farbigen Fläche befand, und ließ den Schirm fallen. Die Farbe wirkte auf die Netzhaut eine Zeit, welche abhängig ist von der Breite der Spalte im Schirme. Um zu bestimmen, wie lang diese Zeit mindestens gewählt werden muss, damit die Empfindung einer Farbe hervorgerufen wird, wurden die verschiedenen Farben einzeln genommen und je dazu 7 verschiedene Intensitäten von grau (weiß und schwarz eingeschlossen). Wenn nämlich eine farbige Fläche nur sehr kurze Zeit sichtbar ist, so erscheint sie grau: gelb hat annähernd das Aussehen des weißen Cartons, violett erscheint schwarz, die übrigen

1) Mém. de l'acad. des sciences de l'inst. de France, XXXIII.

Farben grau in verschiedenen Schattirungen. In den angestellten Versuchsreihen wurde die zu untersuchende Farbe ungefähr 5mal in die Klemmfedern gesteckt, ungefähr ebenso oft Schattirungen von grau, welche der Intensität der Farbe entsprachen. Nachdem der Reiz eine gewünschte Zeit hindurch auf die Netzhaut eingewirkt hatte, gab der Beobachter an, ob er Farbe gesehen hatte oder nicht. War die Dauer der Einwirkung hinreichend lang gewählt, so nannte der Beobachter die Farbe immer richtig und sagte immer »grau«, wenn nicht die Farbe da war. War die Dauer sehr kurz, so konnte der Beobachter die Farbe nicht erkennen und sagte immer »grau«, oder wenn er sie erkannt zu haben glaubte, hatte er ebenso oft Unrecht als Recht. So war es leicht, diejenige Dauer zu bestimmen, bei welcher die Farbe für gewöhnlich erkannt wurde, bei welcher z. B. unter 10 Versuchen einmal die Farbe für grau gehalten wurde oder umgekehrt. Dieser Punkt ist ganz constant und lässt sich, wie die beigegeführten Tabellen zeigen werden, mit großer Genauigkeit bestimmen. Die Versuchsmethode, welche ich hier angewandt habe, scheint mir wissenschaftlich viel richtiger zu sein als diejenigen, welche Exner, Kunkel und Baxt bei ihren Untersuchungen über die Netzhaut anwandten. Bei ihnen hatte der Beobachter (anscheinend war der Experimentator zugleich die einzige Versuchsperson) zu entscheiden, wann ihm zwei beleuchtete Flächen von gleicher Intensität zu sein schienen, oder wann er einen vorher bekannten Buchstaben lesen konnte. Die Versuchsbedingungen waren derartige, dass sie die Entscheidung erschwerten¹⁾. Der Experimentator war daher, wenn er es für wahrscheinlich hielt, dass unter bestimmten Bedingungen zwei Lichteindrücke gleich intensiv erscheinen würden, geneigt, sie nun auch für gleich intensiv zu halten, und wenn er wusste, dass er auf ein rothes Licht gesehen hatte, glaubte er leicht es auch erkannt zu haben. Wenn also z. B. Exner gefunden zu haben glaubt, dass die Zeit, welche ein Lichteindruck auf die Netzhaut wirken muss, um das Maximum von Intensität der Empfindung hervorzurufen, in arithmetischer Reihe abnimmt, wenn die Intensität des Lichtes in geometrischer Reihe wächst, so ist das nicht, wie er es will, als ein bewiesenes Gesetz, sondern als eine Hypothese anzusehen.

1) Kunkel z. B. erwähnt a. o. O. ausdrücklich, dass er nach Exner's Methode keine Resultate bekommen konnte.

In Tab. I führe ich sämtliche Reihen an, welche mit *B.* und *C.* bei Tageslicht vom klaren Himmel gemacht sind. In den Tabellen wie im Text dient als Zeiteinheit $\sigma = 0,001''$ ¹⁾. Die vorderste Spalte gibt die Dauer der Sichtbarkeit in σ an. Unter jeder Farbe stehen je vier Zahlen hinter einander: die erste gibt die Fälle, wo die Farbe richtig genannt, die zweite, wo sie für grau gehalten worden ist, die dritte, wo grau richtig genannt, die vierte, wo grau für die Farbe gehalten worden ist.

Tabelle I.

Zeit	roth	orange	gelb	grün	blau	violett			
<i>B.</i>									
0.6		2-3 2-3 2-3	3-2 4-1 3-2	4-1 5-0 5-0 5-0	5-0 5-0 3-2	4-1 4-1 3-2 3-3	5-0 5-0 2-3 3-2		
0.75	3-2 5-0	5-0 5-0 5-0 5-0 5-0	5-0 5-0 5-0 4-1 5-0	4-1 4-1 5-0 4-1 5-0	5-0 3-2 3-2	1-4 3-2	3-2 4-1 5-0 5-0	4-1 2-3 3-2 5-0 5-0	
1.0	3-2 4-1 5-0 3-2	5-0 4-1 5-0	5-0 5-0	5-0 5-0 5-0	5-0 4-1 4-1 5-2	4-1 2-3 4-1	5-0 5-0 5-0	5-0 5-0	2-3 4-1
1.25	2-3 5-0 6-0	5-0 5-0 5-0			4-1 5-0 5-0	5-0 5-0		3-2 3-2	
1.5	5-0	5-0						4-1 4-1	3-2 5-0
1.75								3-2 4-1 3-2 5-0 5-0 4-0	4-1 3-2 3-2 5-0 5-0

1) In psychometrischen Arbeiten rechnet man gewöhnlich nach Tausendstel Sekunden, es empfiehlt sich daher der Kürze wegen für diese Einheit ein Symbol einzuführen. Das von mir vorgeschlagene $\sigma = 0,001''$ ist analog dem schon mehr gebrauchten Zeichen $\mu = 0,001$ mm gewählt.

Zeit	roth	orange	gelb	grün	blau	violett
C.						
0,75		3—2	4—1			
1,0		3—2	5—0	3—2	5—0	
		3—2	5—0	2—3	5—0	
		2—3	5—0	5—0	5—1	
1,25	4—1	3—2	5—0	5—0	2—3	5—0
	0—5	5—0	7—0	5—0	5—1	8—0
1,5	3—2	5—0		5—0	5—0	
	4—1	4—1				
	3—3	4—1				
1,75	5—0	5—0				
	5—0	5—0				
	6—0	5—0				
2,25						4—1 2—3
						5—2 5—1
						5—1 3—2
2,5						4—1 4—1
						5—0 5—0
						6—1 6—1
						5—0 5—1

Um nicht unnötigen Raum zu brauchen, habe ich die Reihen, welche unter anderen Bedingungen oder mit anderen Personen angestellt wurden, nicht ebenfalls ausführlich angeführt; die Resultate derselben, sowie die der Tab. I sind in Tab. II enthalten. Wenn man diese Resultate aus einzelnen Reihen construirt, wie sie in Tab. I gegeben sind, so können allerdings Fehler vorkommen, aber diese Fehler müssen immer kleiner sein, als dass sie die Genauigkeit der angegebenen Zeiten wesentlich beeinträchtigen könnten.

Tabelle II.

		roth	orange	gelb	grün	blau	violett.
B	Tageslicht	1,1	0,7	0,6	1,1	0,75	1,75
C		1,6	1,1	1,25	1,6	1,5	2,5
H		1,0	0,6	0,75	1,25	1,0	2,25
L		1,25	0,75	1,0	1,25	1,5	2,5
P		0,75	0,6	0,6	1,25	0,75	2,0
S		1,75	1,1	1,25	1,5	1,5	2,75
T		1,5	1,25	1,25	2,0	1,5	2,5
	Mittel:	1,28	0,87	0,96	1,42	1,21	2,32

		roth	orange	gelb	grün	blau	violett
<i>B</i>	Der Farbe folgt weiß	10,0	6,0	6,0	7,5	7,5	12,5
<i>C</i>		7,5	5,0	6,0	7,5	7,5	12,5
<i>B</i>	orange	10,0	10,0	5,0	15,0	4,5	15,0
<i>C</i>		10,0	10,0	7,5	15,0	7,5	12,5
<i>B</i>	blau	3,5	2,25	2,25	7,5	6,0	7,5
<i>C</i>		4,0	2,5	3,0	7,5	6,0	7,5
<i>B</i>	Lampenlicht	1,0	0,9	1,25	1,4	2,0	1,6
<i>C</i>	$\frac{1}{4}$ Intensität	1,6	1,25	1,75	2,75	5,0	3,0
<i>B</i>		$\frac{1}{16}$ "		1,1			2,75
<i>C</i>	$\frac{1}{64}$ "			1,4			6,0
<i>B</i>		$\frac{1}{256}$ "		1,25			4,0
<i>C</i>				1,6			7,5
<i>B</i>				1,75			6,0
<i>C</i>			2,0			10,0	
<i>B</i>			2,5			9,0	
<i>C</i>			2,75			15,0	

Die Resultate der an 7 Personen bei Tageslicht vom klaren Himmel angestellten Versuche zeigen, dass das von einer farbigen Fläche reflectirte Licht $0,6—2,75 \sigma$ auf die Netzhaut wirken muss, damit Farbe erkennbar wird. Die Länge der Zeit ist verschieden für die einzelnen Personen und für die verschiedenen Farben, die Reihenfolge der Farben ist aber im wesentlichen immer dieselbe¹⁾. Am empfindlichsten ist die Netzhaut für orangene Strahlen, fast ebenso empfindlich für gelbe. Wenn die Dauer der Einwirkung die kürzeste ist, bei der überhaupt noch Farbe zu erkennen ist, ist gelb sogar besser erkennbar als orange; wird aber die Zeit eine Kleinigkeit größer, so wird orange ganz sicher erkannt, während gelb zuweilen mit weiß verwechselt wird. Blaues Licht muss ungefähr $0,3 \sigma$ länger auf die Netzhaut wirken, um als Farbe empfunden zu werden. An blau schließen sich roth und grün, und zwar ist die Wirkungsdauer für roth um $0,1$, für grün um $0,2$ länger als für blau. Am wenigsten empfindlich ist die Netzhaut für violett, welches 2—3mal so lange wirken muss als orange. Ohne Zweifel ist die Helligkeit der Farben von Einfluss auf die Länge dieser Zeiten, aber diese Helligkeit ist nicht zufällig, sondern den Farben eigenthümlich, ein gesättigtes orange ist ohne

1) Es wäre sehr interessant, dieselben Versuche mit Farbenblinden zu wiederholen; leider stand mir kein solcher zur Verfügung.

weiteres heller als ein gesättigtes violett. Wie die in der Tab. II unten angeführten Resultate zeigen, muss violett mit einem etwa 200mal so starken Licht beleuchtet werden als orange, damit beide bei derselben Wirkungsdauer erkannt werden können. Die betrachtete Zeit muss etwas länger genommen werden, wenn es nothwendig ist, zwei Farben von einander zu unterscheiden, die im Spectrum benachbart sind, orange und gelb, grün und blau etc., doch ist es nicht nöthig, die Resultate anzuführen, welche ich bei den hierauf bezüglichen Versuchen erhalten habe, weil die Zeiten erstens nur wenig größer sind, als die für die Unterscheidung von grau angegebenen, und weil sie zweitens von der Schattirung der Farben abhängen.

Bei den soeben discutirten Versuchen wirkte nach der Erregung durch die Farbe kein neuer Reiz auf die Netzhaut, abgesehen von dem Licht, welches von schwarzem Papier reflectirt wurde. Vertauscht man dieses mit weißem Papier (welches natürlich wieder mit Tageslicht vom klaren Himmel beleuchtet ist), so verwischt der Eindruck desselben den auf der Netzhaut bereits vorhandenen Eindruck. Die Wirkungsdauer muss also (wie die Tabelle zeigt) viel grösser genommen werden, damit die Farbe erkannt werden kann. In gleicher Weise verlängert ein dem Eindruck folgendes farbiges Licht die Zeit und ändert zugleich die Reihenfolge, in welcher die Farben erkennbar werden; die Tabelle zeigt das für den Fall, wo blau oder orange der zu erkennenden Farbe unmittelbar folgte. *B.*'s Netzhaut ist entschieden empfindlicher als die *C.*'s, seine Zeit beträchtlich kürzer für alle Farben, vorausgesetzt, dass die Netzhaut nach dem Farbeneindruck nicht anderweit erregt wird; sie ist aber auch empfindlicher für den auslöschenden Reiz, so dass, wenn ein solcher vorhanden ist, die Farbe für *B.* ebenso lange sichtbar sein muss, als für *C.*, um erkannt zu werden.

Wendet man statt des Tageslichtes Lampenlicht an, so erhält man für die meisten der Farben längere Zeiten, auch ihre Reihenfolge wird verändert. Die rothen Strahlen der Lampe machen orange viel leichter erkennbar als gelb und nähern roth dem orange; die Zeit für violett wird, da es etwas rothes Licht reflectirt, kürzer als für blau. Die normale Beleuchtung durch die Lampe habe ich oben (Abschn. I) näher angegeben. Wird die Lampe doppelt so weit von der farbigen Fläche aufgestellt (wobei der Auffallswinkel der Lichtstrahlen derselbe

bleibt) so ist die objective Intensität des Lichtes gleich einem Viertel der normalen Intensität. In dieser Weise habe ich fünf verschiedene Lichtintensitäten hergestellt, 1, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{64}$, $\frac{1}{256}$, und in jedem Falle für orange und blau (die am leichtesten und die am schwersten zu erkennende Farbe) die nothwendige Wirkungsdauer bestimmt. Die Resultate dieser Untersuchung sind in der Tab. II angegeben und die zugehörigen Curven in Fig. 2 gezeichnet. Hierbei sind die Abscissen der Intensität, die Ordinaten der nothwendigen Wirkungsdauer proportional. Die Curven nähern sich sowohl der Abscissenaxe als der

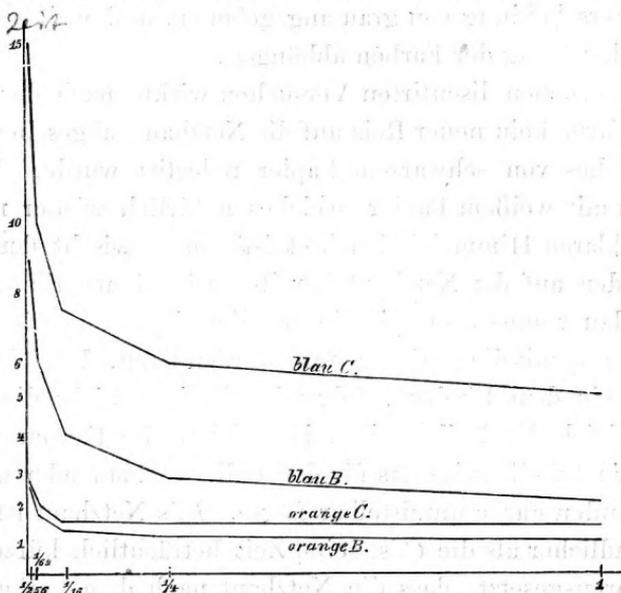


Fig. 2.

Ordinatenaxe, können aber beiden nur parallel werden, sie nicht erreichen, da wir einerseits zu der Annahme berechtigt sind, dass bei einem auch noch so starken Lichte immer eine gewisse Anzahl von Lichtschwingungen zur Erregung der Netzhaut nöthig ist, und weil es andererseits schon bei einer schwachen, nicht erst bei einer unendlich schwachen Intensität unmöglich wird, überhaupt Farbe zu erkennen. Betrachtet man den durch die Untersuchung festgelegten Theil der Curven, sowie die dazu gehörigen Tabellen, so erkennt man, dass innerhalb der Grenzen der Untersuchung für die Curven die Formel gilt $y = c \cdot \log x + c_1$, oder wenn wir die nothwendige Wirkungsdauer t und die Lichtintensität i einsetzen

$$t = c \cdot \log i + c_1,$$

d. h. die betrachteten Zeiten wachsen in arithmetischer Reihe, wenn die Intensität des Lichtes in geometrischer Reihe abnimmt.

III. Die Empfindlichkeit der Netzhaut für Buchstaben und Wörter.

Im Wesentlichen dieselbe Methode, wie bei Farben, wurde angewandt, um die Zeit zu bestimmen, wie lange eine mit einem Buchstaben oder Wort bedruckte weiße Fläche sichtbar sein muss, damit der Buchstabe oder das Wort erkannt werden kann. Die Zeit ist ungefähr dieselbe, wie für die am leichtesten erkennbaren Farben, und zwar ein wenig kürzer für Wörter als für Buchstaben. Versuche wurden gemacht mit großen und kleinen, lateinischen und deutschen Buchstaben und mit kurzen und langen, englischen und deutschen Wörtern, von denen die letzteren mit deutschen Lettern gedruckt waren. Bis zu einer gewissen Grenze ist, wie am Ende dieses Abschnittes ausdrücklich bewiesen wird, die betrachtete Zeit um so kürzer, je größer die Schriftzeichen und je dicker die einzelnen Linien derselben sind; es schien mir jedoch von besonderem Interesse zu sein, gerade solche Schriftzeichen zu wählen, die wir gewöhnlich zu lesen haben. Bei den meisten Versuchen wandte ich daher Schriftzeichen an von der Größe, wie sie zum Druck dieser Abhandlung verwandt sind (Corpus), aber nicht ganz so fett gedruckt, und ihnen entsprechend waren die deutschen Lettern. Von jedem Typus wurden sämtliche verschiedene Buchstaben benutzt (bei den lateinischen Buchstaben also je 26, bei den großen deutschen 25, bei den kleinen deutschen 27) und jeder wurde innerhalb einer Versuchsreihe fünfmal in die Klemmfedern gesteckt, so dass eine Reihe in der Regel aus 130 Versuchen bestand. Der Beobachter verfuhr genau wie bei den Versuchen mit Farben: er fixirte den grauen Punkt, hinter dem sich das Schriftzeichen befand, und ließ den Schirm fallen. Das Schriftzeichen wirkte die gewählte Zeit hindurch auf die Netzhaut und der Beobachter versuchte dasselbe zu nennen oder gab an, dass er es nicht erkannt habe. Er versuchte das Zeichen auch dann zu benennen, wenn er nur einen Theil davon gesehen hatte. Hierbei nannte er oft das Zeichen richtig, wenn er nur sehr wenig davon gesehen hatte, und glaubte umgekehrt oft ein Schriftzeichen deutlich erkannt zu haben, welches gar nicht da

war. Wie bei den Farben bestimmte ich den Punkt, wo alle Schriftzeichen derselben Art richtig gelesen werden konnten, und ebenso den Punkt, wo kein einziges lesbar war; beide Punkte liegen ungefähr um $0,5 \sigma$ auseinander. Ferner suchte ich diejenige Dauer der Sichtbarkeit zu bestimmen, bei welcher ungefähr die Hälfte der Buchstaben oder Wörter richtig gelesen werden konnte. Wegen des großen Unterschiedes in der Lesbarkeit, den schon eine geringe Aenderung der Wirkungsdauer mit sich bringt, und wegen der veränderlichen Empfindlichkeit der Netzhaut ist es unmöglich, immer Reihen zu machen, in denen ungefähr die Hälfte der Buchstaben und Wörter richtig gelesen ist, aber unsere Resultate können wir ebenso gut daraus ableiten, in wieviel Procent der Versuche richtig gelesen worden ist. In der beigefügten Tabelle sind alle bei normaler Beleuchtung gemachten Reihen angegeben; dieselben umfassen über 15000 Einzelbeobachtungen.

Tabelle III.

B.					Lampenlicht					C.					
Zeit 1 σ .										Zeit 1 σ .					
Gr. lat. Buchst.	18. I.	77	6	47	Gr. lat. Buchst.	31. I.	22	64	44	kl. lat. Buchst.	3. II.	45	24	61	
	21.	70	10	50		kl. " "	7. III.	9	101						20
	21.	69	11	50		gr. dtsh. "	30.	—	26						—
	25.	94	—	36		kl. " "	8. IV.	12	86						37
	25.	95	2	33		gr. engl. Wört.	28. II.	—	26						—
	31.	74	2	54		kl. " "	25. 28.	14	96						20
	3. II.	82	—	48		gr. dtsh. "	1. IV.	—	26						—
	15.	46	14	70		kl. " "	25. 28. II.	2	51						9
	8. III.	15	30	85		1,25									
	19.	46	7	77		gr. lat. Buchst.	22. XII.	81	25						24
	30.	41	19	70			18. I.	78	19						33
	2. 6. IV.	57	9	64			21.	93	2						35
	29. 30. VI.	20	14	96			21.	90	5						35
	15. VII.	36	4	90			25.	98	2						30
	kl. lat. Buchst.	3. II.	45	24			61	25.	108						3
7. III.		21	36	73	3. II.		103	3	24						
gr. dtsh. Buchst.	1. 6. IV.	8	40	77	15.		97	3	30						
	kl. dtsh. Buchst.	31. I.	58	5	67		8. III.	96	5	29					
gr. engl. Wört.	8. III.	18	14	103	2. 6. IV.		16	85	29						
	kl. " "	28. II.	12	58	60		29. VI.	8	91	31					
gr. dtsh. Wört.	25. III. 1. IV.	38	33	59	kl. lat. Buchst.		15. 17. VII.	14	66	50					
	kl. " "	25. II.	13	65			10. III.	49	53	28					
1,25					gr. dtsh. Buchst.		2. XII.	53	46	31					
gr. lat. Buchst.	2. XII.	91	5	34			kl. " "	15. II.	37	71	17				
	12.	87	5	38	gr. eng l. Wört.	10. III.	32	52	51						
						25. II.	82	28	20						

B.		Lampenlicht.				C.			
1,25					1,25				
gr. lat. Buchst.	22. XII.	122	—	8	kl. engl. Wört.	30. III.	—	25	1
kl. " "	2. XII.	91	5	34	gr. dtsh. "	20. II.	31	78	21
	22.	111	1	18	kl. " "	20.	63	44	23
gr. dtsh. Buchst.	10. III.	86	3	41	1,5				
kl. " "	15. II.	99	—	26	gr. lat. Buchst.	30. III.	43	1	8
	17. XII.	58	17	55		9. 10. VII.	111	6	13
	19.	90	2	38	belieb. engl. W.	15. 17.	114	5	11
	10. III.	94	1	40	Tageslicht.				
gr. engl. Wört.	25. II.	120	—	10	1,0				
kl. " "	19. XII.	124	—	6	gr. lat. Buchst.	3. 6. IV.	71	26	33
gr. dtsh. "	20. II.	117	1	12	kl. " "	31. X.	15	95	20
kl. " "	20.	128	—	2	kl. engl. Wört.	7. XI.	21	89	20
1,5					1,25				
belieb. dtsh. W.	17. VII.	113	—	17	gr. lat. Buchst.	14. 17. VII.	60	17	53
Tageslicht.					kl. " "	30. X.	92	14	24
0,75						3. XI.	99	14	17
gr. lat. Buchst.	14. 17. VII.	95	2	33		16. 18. VII.	81	21	28
kl. " "	3. 6. IV.	95	1	34	gr. dtsh. Buchst.	16. 17.	25	64	36
	16. 18. VII.	93	1	36	kl. " "	16. 18.	62	21	52
gr. dtsh. "	14. 17. 18.	79	3	43	gr. engl. Wört.	17.	54	2	9
kl. " "	16. 17. 18.	85	1	49	kl. " "	16.	62	—	3
kl. " Wört.	16.	124	—	6	belieb. " "	17.	47	4	14
gr. " "	17.	46	2	17	1,5				
belieb. " "	17.	64	—	1	kl. engl. Wört.	1. XI.	110	6	14
1,0					2,0				
kl. lat. Buchst.	30. X.	76	15	39	kl. lat. Buchst.	8. XI. b.	80	28	22
kl. engl. Wört.	7. XI.	87	17	26		12. XI. b.	76	27	27
1,25					H. Tageslicht.				
kl. lat. Buchst.	3. XI.	124	—	6	1,5				
	8. XI. b. *	82	15	33	gr. lat. Buchst.	16. 17. VII.	76	5	49
	12. XI. b.	63	22	45	kl. " "	16. 17.	49	8	78
1,5						24.	71	4	55
kl. engl. Wört.	1. XI.	116	—	14	gr. dtsh. Buchst.	16. 17.	53	12	69
2,0						24.	77	1	47
kl. lat. Buchst.	25. X. b.	124	—	6					

W. Lämpenlicht.					H. Tageslicht. 1,5																																			
1,25					gr. dtsh. Buchst.	25.	59	6	60																															
gr. lat. Buchst.	12. XII	89	12	29						kl. " "	16. 17.	49	8	78																										
	17.	57	17	56											24.	61	4	70																						
	19.	96	5	29															25.	51	4	80																		
kl. " "	18. XI.	46	8	11																			kl. " Wört.	16. 17.	74	14	42													
	21. XI.	9	21	16																								gr. " "	99	11	20									
kl. engl. Wört.	12. XII.	109	3	18																												belieb. dtsh. "	87	14	29					
	19. XII.	120	3	7																																				
1,5																																								
kl. lat. Buchst.	26. XI.	52	30	48																																* b bedeutet bewölkt. Himmel.				
	3. XII.	53	42	35																																				
	5.	104	12	14																																				

Aus der Tabelle ergibt sich, dass die Zeit, welche ein Schriftzeichen auf die Netzhaut wirken muss, um erkannt werden zu können, sich zwischen $0,75 \sigma$ und $1,75 \sigma$ bewegt. Sie ist ungefähr $0,25$ kürzer bei Tageslicht vom klaren Himmel, als bei Lampenlicht, und ungefähr $0,25$ länger für *C.* als für *B.*, noch ungefähr $0,25$ länger für *H.* Der Unterschied der Zeiten für die verschiedenen Arten von Schriftzeichen beträgt kaum $0,1-0,25$, man thut also besser, ihre relative Lesbarkeit aus der Zahl der pro Cent richtig gelesenen zu bestimmen, wenn die Dauer der Sichtbarkeit für alle dieselbe ist. Man wird aus der Tabelle erkennen, dass für dieselbe Art von Zeichen (die meisten Reihen wurden mit lateinischen großen Buchstaben gemacht) bei derselben Wirkungsdauer die Zahl der pro Cent richtig gelesenen fast constant ist. Die Empfindlichkeit der Netzhaut ist jedoch nicht immer gleich; die Tabelle zeigt sogar eine auffallende Aenderung derselben. Betrachtet man die mit großen lateinischen Buchstaben gemachten Reihen, so wird man finden, dass *B.* bei der Wirkungsdauer 1σ bis zum 3. Febr. in den 7 gemachten Reihen 69—95 Buchstaben richtig las; dann trat in der Empfindlichkeit seiner Netzhaut eine plötzliche Aenderung ein und in den 7 später noch angestellten Reihen beträgt die Zahl der richtig gelesenen Buchstaben nur 15—57. Ebenso las *C.* bei der Wirkungsdauer $1,25 \sigma$ in den ersten 9 Reihen 78—108 Buchstaben richtig. Er las noch an 2 Versuchsabenden wie zuvor, nachdem bei *B.*

bereits die plötzliche Aenderung eingetreten war, so dass an den beiden Abenden *B.*'s und *C.*'s Netzhaut gleich empfindlich waren. Am 2. April aber stellte sich für *C.* ebenfalls eine plötzliche Abnahme der Empfindlichkeit heraus und seitdem musste für ihn die Wirkungs-dauer des Reizes ungefähr $0,25 \sigma$ länger sein, damit er ebenso viel Procent richtig las als früher. Es ist wahrscheinlich, dass diese plötzliche Verminderung der Empfindlichkeit bei beiden Versuchspersonen durch die Natur der Experimente bedingt ist. Jedenfalls darf man die Aenderung nicht übersehen, wenn man aus der Tabelle irgend welche Schlüsse ziehen will; übrigens habe ich Versuche, die ich direct mit einander vergleichen wollte, nach Möglichkeit zu gleicher Zeit an-gestellt.

Aus den mit *B.*, *C.* und *H.* angestellten Versuchen kann man den Schluss ziehen, dass die großen und kleinen lateinischen Buch-staben ungefähr gleich gut zu lesen sind, schwerer die kleinen deut-schen und am schwierigsten die großen deutschen. Diese Thatsache von praktischem Interesse ist bedingt durch die unnöthige Complication der deutschen Lettern (besonders der großen) und durch die Aehnlich-keit gewisser Buchstaben; bei den großen Buchstaben wird die Schwierigkeit noch dadurch vermehrt, dass man sie weniger oft zu Gesicht bekommt, als die kleinen; dieser Umstand äußert seinen Ein-fluss mehr bei *C.* (Amerikaner), als bei *B.* und *H.* (Deutsche). In der letzten Nummer dieser Studien zeigte ich, dass die Zeit, welche man braucht, um ein Schriftzeichen zu erkennen und zu benennen, für große und kleine lateinische Buchstaben ebenfalls gleich sei. Deutsche lasen kleine deutsche Buchstaben in derselben Zeit vor, brauchten aber etwas länger zu den großen deutschen. Englisch Redende, welche gut deutsch konnten, brauchten schon zu den kleinen deutschen Buchstaben etwas länger, zu den großen aber verhältniss-mäßig sehr lange Zeit.

Aus der Tabelle ergibt sich weiter, dass ein ganzes Wort etwas leichter lesbar ist, als ein einzelner Buchstabe. Neuerdings lehrt man die Kinder, die Wörter als Wörter zu lesen und lässt sie nicht mit Buchstabiren anfangen; es ist aber gut, wirklich den Nachweis zu füh-ren, dass wir ein Wortbild als ein Ganzes auffassen. Zu den meisten Reihen wurden 26 einsilbige oder 26 mehrsilbige (über 8 Buchstaben lange) Hauptwörter ausgewählt und der Beobachter wusste, dass eins

von den 26 Wörtern in den Klemmfedern befestigt war, in den übrigen Reihen wurden ganz beliebige Wörter genommen. Im letzten Falle war eine ein wenig größere Zeit erforderlich, die noch wuchs, wenn ungewöhnliche oder sehr leicht zu verwechselnde Wörter vorkamen. Die Wirkungsdauer braucht nur sehr wenig länger zu sein bei einem langen Worte als bei einem kurzen, und ist etwa nur ebenso viel länger bei einem Wort aus einer fremden Sprache, als bei einem Wort aus der Muttersprache.

Wie bei den Versuchen mit Farben werden die Spuren eines Schriftzeichens auf der Netzhaut verwischt, wenn dem Eindruck ein helles Licht folgt. Es muss also dann länger sichtbar sein, um erkannt zu werden. Als auslöschender Reiz diente eine weiße Fläche, die in derselben Weise, wie das zu erkennende Schriftzeichen, von der Lampe beleuchtet wurde. Die unter verschiedenen Bedingungen angestellten Versuchsreihen sind in der beistehenden Tabelle angeführt.

Tabelle IV.

Den Buchst. folgt	σ	B.			Zeit	C.			Zeit
weiß 1 σ	1,5	43	16	71	1,6	25	49	56	1,7
3 σ	2,25	58	3	69	2,3	13	20	43	2,4
	2,5	95	2	33		80	11	39	
5 σ	4	78	4	48	4	44	32	54	4,3
dauernd	6	42	16	72	6,5	44	28	58	6,5
schw. 5 σ , weiß 1 σ	1,5	74	8	48	1,5	80	12	38	1,5
» w. dauer.	3	46	10	74	3,2	58	11	61	3

Wenn auf die Netzhaut nach dem Eindruck des Buchstabens kein weiterer Lichteindruck wirkte, so musste die Dauer der Sichtbarkeit für B. 1,1 σ , für C. 1,4 σ betragen; wirkte aber unmittelbar darauf 1 σ hindurch eine weiße Fläche, so wurden die Zeiten für B. auf 1,6, für C. auf 1,7 erhöht. Wegen der größeren Empfindlichkeit der Netzhaut B.'s werden dessen Zeiten mehr verlängert als die C.'s. Wirkt der auslöschende Reiz 3 σ , so ergibt sich für B. 2,3, für C. 2,4, wirkt er 5 σ , so sind diese Zeiten 4 und 4,3. Wirkt endlich die weiße Fläche beliebig lange fort, so beträgt für beide Versuchspersonen die notwendige Dauer der Wirksamkeit 6,5 σ . Bedeutend geringer ist die Wirkung des auslöschenden Reizes, wenn der durch Einwirkung des

Buchstaben hervorgerufene Process erst 5σ dauern kann, bevor der auslöschende Reiz beginnt; wirkt in diesem Falle z. B. die weiße Fläche beliebig lange fort, so erhält man für *B.* $3,2\sigma$, für *C.* 3σ . Diese Versuche sind den von Baxt¹⁾ angestellten ähnlich, ergeben aber kürzere Zeiten.

Die großen lateinischen Buchstaben dienten ferner noch dazu, den Einfluss der Intensität der Beleuchtung auf die Länge der untersuchten Zeit zu ermitteln. Die Methode war dieselbe, die bei den Farben angewandt wurde. Die hierher gehörigen Reihen sind in der folgenden Tabelle V angegeben, die Resultate derselben durch die beigefügten Curven (s. f. S. Fig. 3) veranschaulicht.

Tabelle V.

	σ	<i>B.</i>			Zeit	σ	<i>C.</i>			Zeit
1 (normal)	1,0	41	19	70	1,1	1,25	8	91	31	1,4
		44	10	76		1,5	14	66	50	
		20	14	96			43	1	8	
		36	4	90			111	6	13	
$\frac{1}{4}$	1,25	27	21	82	1,4	1,5	21	86	23	1,75
	1,5	115	—	15		1,75	59	28	43	
		87	4	39			67	24	39	
$\frac{1}{16}$	1,75	45	22	63	1,85	2,0	14	94	22	2,5
		39	19	72		2,5	60	20	50	
	2,0	97	2	31		3,0	92	7	31	
$\frac{1}{64}$	3,0	18	23	89	4,0	5,0	23	68	39	6,0
	4,0	60	3	67		6,0	40	37	53	
		55	6	69			59	25	46	
$\frac{1}{256}$	10,0	53	8	69	10,0	20,0	52	17	61	20,0
		68	5	57			82	7	41	

Die Gestalt der Curven ist im allgemeinen dieselbe, wie die der in Fig. 2 für Farben gezeichneten. Der durch die Untersuchung festgelegte Theil der Curve entspricht aber nicht der Formel $t = c \cdot \log i + c_1$, vielmehr wachsen die t rascher.

Um endlich die Abhängigkeit der betrachteten Zeit von der Größe der Buchstaben zu untersuchen, nahm ich 5 verschiedene Größen von

1) a. o. O.

Buchstaben (kleine lateinische) aus Snellen's Optotypie. Die Dauer der Sichtbarkeit, bei welcher je die Hälfte der Buchstaben jeder Größe

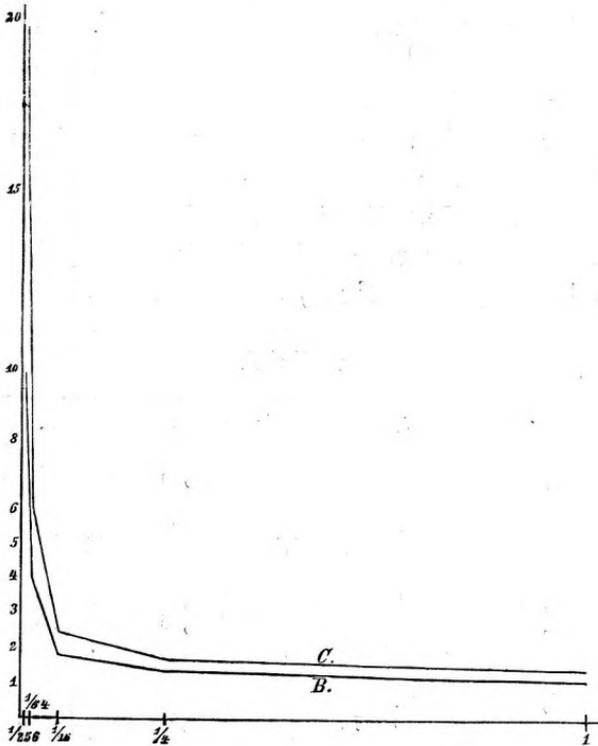


Fig. 3.

gelesen wurde, ist in der folgenden Tabelle angegeben. *D* bedeutet die Entfernung in Metern, in welcher der Buchstabe unter einem Sehwinkel von 5' erscheint, ist also der linearen Größe der Buchstaben proportional.

Tabelle VI.

D =	4	1,75	1,25	0,8	0,5
B.	0,6	0,75	1,1	1,4	3,0
C.	0,7	0,9	1,35	1,75	4,0

IV. Die relative Lesbarkeit der Buchstaben.

Im vorigen Abschnitt haben wir untersucht, wie lange verschiedene Arten von Buchstaben und Wörtern auf die Netzhaut wirken müssen, um erkennbar zu werden, und fanden, dass einige Alphabete schwerer zu lesen waren als andere. In diesem Abschnitt soll gezeigt werden, dass auch die Buchstaben desselben Alphabetes nicht alle gleich gut lesbar sind. Beides sind Umstände von der allergrößten praktischen Wichtigkeit. Das Lesen ist einer der wichtigsten Factoren unseres modernen Lebens, zugleich aber ein sehr künstlicher Act. Wie wir überall in der Natur erkennen, dass die Organismen sich weitgehenden Veränderungen ihrer Lebensbedingungen anzupassen vermögen, so haben auch wir uns an jene Bedingung des modernen Lebens gewöhnt, aber der große Procentsatz der Kinder, welcher sich Kurzsichtigkeit und Augenschwäche zuzieht oder an Kopfschmerzen leidet, ruft uns die Mahnung zu, die Wurzel jener Krankheiten zu beseitigen, bevor dieselben erblich werden. Bedenkt man die große Anstrengung des Auges und des Gehirns, welche beim Lesen nothwendig ist, so ist es von der allergrößten Bedeutung, diese Organe zu entlasten, indem man beim Drucken Symbole anwendet, welche mit möglichst geringem Aufwand von Kraft und Anstrengung gelesen werden können. Es bedarf keiner besonderen Versuche, um nachzuweisen, dass Bücher (namentlich Schulbücher) in großen deutlichen Lettern gedruckt werden müssen, die Versuche aber, welche ich beschrieben habe, lassen uns die günstigste Art von Lettern erkennen. Ich habe diese Frage in der vorliegenden Arbeit leider nicht vollständig lösen können, aber da ich mich mit diesen Versuchen mehr als zwei Jahre lang beschäftigt habe, und besonders, da es mir wegen der anstrengenden Natur der Versuche nicht gerathen erscheint, dieselben jetzt fortzusetzen, so hielt ich es für wünschenswerth, die bisher gefundenen Resultate zu veröffentlichen. Es ist wahrscheinlich, dass der Gebrauch zweier Arten von Buchstaben, großer und kleiner, Auge und Gehirn eher anstrengt als entlastet. Alle Verzierungen und Schnörkel sind der Auffassung hinderlich, darum sind die deutschen Buchstaben, besonders die großen, nicht empfehlenswerth. Die einfachsten geometrischen Gestalten scheinen am leichtesten erkennbar zu sein. Die Linien dürfen nicht zu dünn gedruckt sein; wir scheinen nämlich einen

Buchstaben an den dicken Linien zu erkennen und es ist zweifelhaft, ob es überhaupt ein Vortheil ist, beim Druck dünne und dicke Linien anzuwenden. Nach allen diesen Betrachtungen ist es wahrscheinlich, dass das Alphabet der alten Römer besser war, als die, welche unsere Drucker anzuwenden pflegen. Unsere Interpunctszeichen ferner sind schwer zu sehen und ich glaube ganz überflüssig. Ich halte es entschieden für besser, sie durch bloße freie Zwischenräume zwischen den Satztheilen zu ersetzen oder doch hinter den Interpunctszeichen derartige Zwischenräume zu lassen, wobei die Größe derselben den Pausen in den Gedanken entspricht, oder, was dasselbe ist, den Pausen, welche wir machen würden, wenn wir den betreffenden Abschnitt nach dem Sinne vorzulesen hätten. Eine derartige Methode, Pausen in den Gedanken auch bei schriftlicher Fixation derselben auszudrücken, erleichtert nicht nur das richtige Lesen, sondern lehrt auch klarer denken.

Wie schon zu Anfang des Abschnittes erwähnt, sind nicht nur gewisse Alphabete schwerer zu lesen als andere, sondern auch die Lesbarkeit der Buchstaben desselben Alphabetes ist eine verschiedene. Aus den im vorigen Abschnitt angeführten Reihen ergibt sich, dass gewisse Buchstaben in der Regel richtig gelesen werden, während andere in der Regel undeutlich gesehen oder mit anderen Buchstaben verwechselt werden. Geben wir die Reihen nach dieser Richtung hin ausführlich an, so erhalten wir die Resultate, welche in den folgenden Tabellen VII—X enthalten sind. Die Buchstaben sind nach ihrer Lesbarkeit geordnet, so wie sich dieselbe aus den Versuchen selbst ergab. In der ersten Spalte ist angegeben, wie oft der Beobachter den betreffenden Buchstaben richtig nannte; in der zweiten, wie oft er angab, nichts davon gesehen zu haben; in der dritten, wie oft er versuchte, den Buchstaben zu nennen, aber einen falschen angab, vorausgesetzt, dass diese Verwechslung innerhalb sämmtlicher Reihen nur ein- oder zweimal vorkam. In diesem Falle dürfen wir annehmen, dass der zu lesende Buchstabe mit dem, für welchen er gehalten worden ist, im allgemeinen nicht viel Aehnlichkeit hat, dass der Beobachter also von ihm nur sehr wenig gesehen hat. Diese Spalte gibt also die Fälle an, wo vom Buchstaben kaum etwas gesehen war. Die vierte Spalte endlich enthält die Buchstaben, mit denen der zu lesende Buchstabe drei- oder mehrmal verwechselt worden ist. Wenn ein Buch-

stabe unter 50—100 Fällen dreimal für ein und denselben gehalten worden ist, so ist es ziemlich sicher, dass sie einige Aehnlichkeit besitzen, und je öfter sich diese Verwechslung wiederholt, um so größer ist im Allgemeinen die Aehnlichkeit. Am gründlichsten wurden die großen lateinischen Buchstaben untersucht; bei Anführung dieser Reihen halte ich die für *B.* und *C.* gemachten Reihen auseinander, ebenso führe ich für beide die Reihen, in welchen 20—50 % richtig gelesen sind, und die, in welchen 50—80 % richtig gelesen sind, getrennt an. Im letzten Falle wurden die Buchstaben in der Regel richtig gelesen, oder insoweit gesehen, dass sie eine charakteristische Verwechslung ergaben. Der besseren Anschaulichkeit wegen füge ich hinter den Tabellen VII und VIII eine Curve ein, deren Ordinaten proportional sind der Zahl der Fälle, in denen aus sämtlichen mit großen lateinischen Buchstaben überhaupt angestellten Reihen, also aus je 270 Versuchen für jeden Buchstaben berechnet, dieser richtig gelesen war, während auf der Abscissenaxe beliebige aber gleiche Stücke aufgetragen sind. Die für kleine lateinische, große und kleine deutsche Buchstaben angeführten Tabellen umfassen sämtliche Reihen, in denen 20—80 % richtig gelesen waren, gleichgültig, ob *B.*, *C.*, *H.* oder *W.* beobachtet hatte. Zu den Reihen mit deutschen Buchstaben ist noch zu bemerken, dass sie fast ausschließlich mit *B.* und *H.* (Deutsche) gemacht wurden.

Tabelle VII.

20—50% richtig gelesen.				<i>B.</i>	50—80% richtig gelesen.				
W	61	1	7	3 M N	W	77	—	3	
M	51	1	11	4 S T V	M	71	1	4	4 N
Z	48	10	13	4 S	Z	71	3	6	
A	37	—	12	9 X 6 V 5 N 3 K Y	D	69	—	7	4 L
H	35	3	18	6 M 5 E 4 G R	H	59	—	10	4 B G 3 U
D	34	5	16	4 G L 3 B E R T	O	59	2	10	5 Q 4 G
K	33	9	22	5 F 3 E X	K	59	3	11	4 E 3 L
V	29	6	9	13 Y 7 A 6 X 5 N	C	58	3	6	6 U 4 G 3 E
G	27	4	9	12 C 5 Q 3 H K N O S U	T	57	2	11	7 F 3 U
Q	27	6	15	14 O 9 G 4 S	N	55	1	2	11 S X
N	27	10	11	13 S 10 X 4 M	I	52	—	5	10 L 8 T 5 J
Y	25	5	6	10 N X 7 V 5 A 4 S 3 J	X	51	3	8	15 N 3 S
X	25	12	9	16 N 7 S 3 I V	S	51	14	6	6 N 3 C
S	25	18	18	10 N 4 M	Y	50	1	6	12 N 5 X 3 A V
P	22	1	15	6 I 5 E Y 3 J K M N R T X	R	49	3	12	6 E 4 F 3 B K
					J	48	3	12	17 I
					L	47	1	10	9 I 4 J 3 C F P
					Q	46	1	4	21 O 5 G 3 D

20—50% richtig gelesen.				B.	50—80% richtig gelesen.				
I	22	6	11	13 J 5 T S 4 Y 3 L M U	G	45	1	9	25 C
C	21	16	21	4 L N 3 F G O	P	43	—	7	7 F 5 T 4 D E U 3 B I
O	20	6	13	15 Q 8 D 4 G 3 A C M	A	43	3	4	10 X 8 N 6 V 3 S Y
R	19	4	22	12 K 4 H P S 3 E F	B	42	3	7	8 R H 6 D 3 P T
L	19	4	12	17 I 8 J 7 E 4 C P	U	39	2	14	7 C L 4 G T 3 P
J	19	7	17	13 I 6 T S 4 M 3 Y	V	38	6	5	17 Y 6 A 5 N 3 X
U	18	2	10	11 C 7 I 5 E 4 P 3 F G H L N T	F	32	7	12	8 E T 5 U 4 K P
B	16	6	16	7 R S 6 P H 4 E K 3 G	E	27	3	6	19 F 7 U 6 L 3 B I K P
T	16	7	15	6 F 5 E N P S 4 I R 3 W					
F	14	6	16	10 E 7 K 4 I P R S 3 C U					
E	6	17	10	12 F 6 T 5 L I 4 P U 3 S Z					
	27	7	13	28		51	3	8	18

Tabelle VIII.

20—50% richtig gelesen.				C.	50—80% richtig gelesen.				
W	35	6	4		W	68	1	1	
M	30	4	7	4 W	Z	62	5	3	
Z	30	7	8		H	59	1	7	3 U
X	28	4	5	4 N Y	D	59	2	9	
H	25	7	10	3 B	M	57	4	9	
L	23	6	10	6 I	N	57	4	2	7 X
F	21	7	11	3 E C	A	54	6	4	6 X
A	21	9	11	4 X	Y	54	6	6	4 A
K	21	10	14		X	52	8	2	8 N
G	21	11	9	4 C	I	51	3	5	8 L 3 J
D	20	3	6	7 O 3 B H L	O	49	4	2	10 G 5 C
Y	20	8	7	4 X 3 V W	L	49	6	7	5 I 3 U
N	19	14	2	6 X 4 M	K	49	7	11	3 X
Q	17	10	5	9 G 4 O	Q	47	2	2	15 O 4 G
T	17	7	12	5 I 4 F	G	47	10	7	6 C
S	15	12	13	5 N	S	41	11	8	4 N 3 G I
B	14	2	13	5 R H 3 E L	B	40	4	12	8 R 6 H
O	14	11	6	8 G 3 D M	F	39	4	11	9 I 7 P
C	13	14	14	4 G	P	38	9	8	8 F 4 D 3 T
I	12	6	10	4 J L 3 F P T	C	38	12	5	8 U 4 G 3 I
R	12	9	14	4 Z 3 E K	R	37	9	2	5 B 4 F P 3 E I L
U	11	5	9	7 L 4 I 3 B C M	T	37	15	8	7 I 3 F
P	11	12	10	5 F 4 B 3 I	U	36	2	6	7 I 6 C 5 T 4 F L
E	10	13	10	7 F 5 L	V	33	5	3	15 Y 7 A 4 X 3 N
J	8	12	12	13 I	J	26	7	7	24 I 6 L
V	7	8	7	13 Y 4 A 3 X F	E	20	9	9	18 F 6 I 5 L 3 P
	19	8	9	9		46	6	6	12

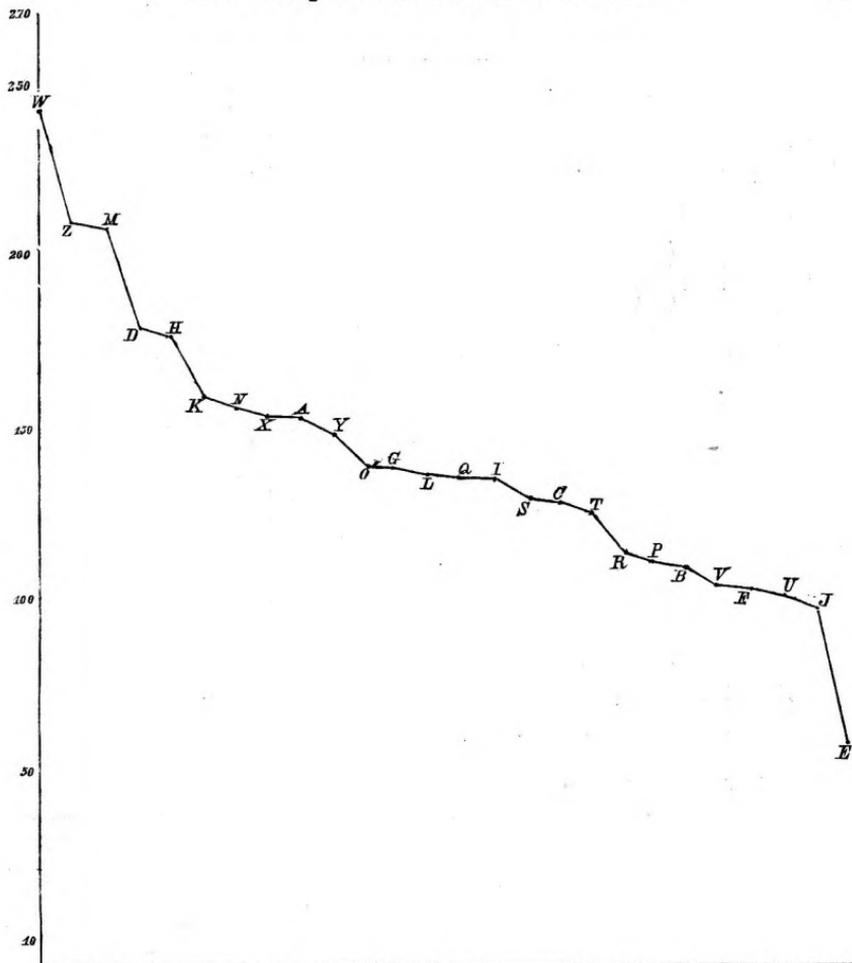


Fig. 4.

Tabelle IX.

d	87	4	9		z	57	20	8	5 x 4 g 3 a s
k	84	3	10	3 l	r	52	18	14	5 l f 3 i y
m	79	7	6	8 n	o	52	20	8	6 a 4 e n 3 c m
q	78	3	5	4 u d 3 a o	f	50	13	9	12 t 6 i 5 l r
h	76	6	10	5 b 3 p	n	49	8	4	13 u 9 h 7 a p 3 m
b	74	4	5	14 h 3 k	a	48	16	14	8 u 5 n 3 k r d
p	73	3	11	6 n 4 t 3 b	x	43	38	3	7 v 3 g s y
w	71	16	7	3 a v	y	42	19	11	14 v 7 x 4 j 3 s
u	64	7	6	16 n 7 a	e	38	22	9	11 c 8 a 6 o 3 r s
l	62	5	4	9 i 7 t 5 d 4 f j	i	36	12	10	15 f 9 l 8 j 7 t 3 c
j	62	10	9	6 i l 4 f 3 k	g	34	33	21	3 f o p s
t	61	9	6	6 f r 5 l 4 i 3 h	c	34	35	15	13 e 3 t
v	60	18	6	12 y 4 x	s	28	43	10	8 a 6 g 5 k
						57	15	9	19

sind, wäre zu hoffen, dass man den Versuch machte, dieselben zu modificiren. Besonders im Englischen ist es nothwendig, das ganze Alphabet neu herzustellen; es gibt da ein paar Schriftzeichen, die vollständig überflüssig sind (C, Q und X) und es gibt andererseits zahlreiche Laute, für welche kein Schriftzeichen existirt. Wenn man die jetzigen Buchstaben modificirt oder neue einführt, muss man nach Einfachheit und Deutlichkeit streben; Versuche, wie die beschriebenen, werden immer die beste Auskunft geben, ob diese Eigenschaften vorhanden sind.

Die kleinen lateinischen Buchstaben zeigen eine ebenso große Verschiedenheit in der Lesbarkeit, wie die großen Buchstaben: unter 100 Versuchen wurde d 87 mal, s nur 28 mal richtig gelesen. Auch hier sind einige Buchstaben (besonders s q c und x) an sich schwer zu lesen, andere sind leicht zu verwechseln, da sie nach der Aehnlichkeit ihrer Form paarweise oder zu größeren Gruppen zusammengeordnet werden können. Eine derartige Gruppe bilden u. a. die schlanken Buchstaben i j l f t. Es wäre vielleicht nicht unmöglich, λ an Stelle von l einzuführen; den Punkt über dem i sollte man gewiss weglassen (wie im Griechischen). Es ist doch widersinnig, dass man beim Drucken Blei und Schwärze verschwendet, um dem Auge und dem Gehirn unnütze Arbeit zu machen.

Aehnliche Beobachtungen kann man bei den deutschen Buchstaben anstellen, aber diese sollte man überhaupt aufgeben. Wissenschaftliche Werke werden schon jetzt meist mit lateinischen Lettern gedruckt, und es ist zu hoffen, dass diese bald durchgehends in Aufnahme kommen. Bis jetzt ist es leider noch unmöglich, die gelesenen Bücher, wie z. B. Goethes Werke, in lateinischen Lettern zu bekommen. Ich brauche nicht weiter auf die Thatsachen aufmerksam zu machen, die sich evident aus den Tabellen ergeben, noch die Wichtigkeit des Gegenstandes zu betonen, die jedermann vollständig klar sein wird.

V. Der Umfang des Bewusstseins.

Bis jetzt habe ich nur von der Trägheit der Netzhaut gesprochen. Ich begann damit, dass die Moleküle der Zellen der Sinnesorgane nur dann in Bewegung versetzt werden, wenn auf sie ein Reiz von bestimmter Stärke und von bestimmter Dauer wirkt. Die beschriebenen

Versuche liefern jedoch nicht die Zeit, welche ein Reiz wirken muss, um die Moleküle der Netzhautzellen in Bewegung zu setzen, sie liefern vielmehr die Zeit, welche das von einer farbigen Fläche oder von einem Schriftzeichen reflectirte Licht auf die Netzhaut wirken muss, damit die Farbe oder das Schriftzeichen erkannt werden kann. Wir fanden z. B., dass das rothe Licht über 1σ auf die Netzhaut wirken muss, um erkennbar zu werden; wirkt es aber eine etwas kürzere Zeit, so dürfen wir annehmen, dass es die Moleküle der Zellen ebenfalls in Bewegung versetzt und dass ein dem rothen Licht entsprechender Nervenimpuls nach dem Sehcentrum des Gehirns gelangt, dass er aber zu schwach ist, um dort die Empfindung des rothen Lichtes auszulösen. Wir haben es also zu thun mit der Trägheit des Gehirns und mit den schwierigen Problemen, die sich an die Reizschwelle knüpfen¹⁾. Hierauf einzugehen ist in dieser Arbeit, die Versuche beschreiben, nicht Theorien aufstellen soll, nicht nothwendig. Ich will nur bemerken, dass man das, was ich in diesen Versuchen bestimmt habe, als Bewusstseinschwelle bezeichnen kann. Es gibt nicht nur eine Reizschwelle, sondern auch eine Reizhöhe, worüber hinaus ein Zuwachs der Reizstärke die Intensität der Empfindung nicht mehr zu steigern vermag. Analog gibt es eine Grenze für die Zahl von Objecten oder für die Complicirtheit eines Objectes, über die hinaus das Bewusstsein den Gesamteindruck nicht mehr umfassen kann (Bewusstseinsumfang).

Ob die Aufmerksamkeit zu gleicher Zeit auf mehr als ein Ding gerichtet sein kann, war in der Form der These: *possitne intellectus noster plura simul intelligere* bereits eine Streitfrage der scholastischen Philosophie; sodann ist der Gegenstand von einer Zahl moderner Philosophen behandelt worden²⁾. Da die meisten dieser Philosophen ihre Resultate durch rein theoretische Betrachtungen gewonnen haben, ist es nicht zu verwundern, dass die Angaben über die Zahl von Vorstellungen, die unser Bewusstsein zu gleicher Zeit umfassen könnte, zwischen 1 und ∞ schwanken. Etwas Licht geworfen wird auf diese Frage durch

1) S. Wundt, *Phys. Psych.* I. 321 ff. — Fechner *Psychophys.* II. 431 ff. — Exner, *Hermanns Phys.* II. 215 ff. — Funke, *ebda* III, 2 S. 324 ff.

2) Vergl. die citirten Stellen bei Wundt, *Phys. Psych.* II, 214 Anm., und Hamilton, *Leet. on Metaphysics and Logic*, Vol. I. Cap. XIV. S. 253—54.

die Zahl der FüÙe in den gebräuchlichen VersmaÙen und durch den Aufbau musikalischer Compositionen; besondere Versuche über den Gegenstand wurden von Wundt¹⁾ und seinen Schülern angestellt; sie ergaben, dass man 12—16 aufeinander folgende Glockenschläge, die sich in Intervallen von 0,2—0,3" folgen, noch richtig schätzen kann, ohne sie nachzuzählen, und dass man sogar 40 solcher Glockenschläge richtig schätzen kann, wenn man rhythmische Gruppen bildet. Auch in dem ersten Falle ist es jedoch sicher, dass die Schläge in Gruppen von mindestens 2 geordnet werden, so dass wir nicht 16 einfache, sondern eine geringere Zahl etwas complicirterer Eindrücke zugleich im Bewusstsein hätten. Versuche, welche ich selbst angestellt habe, ergaben, dass man nicht mehr als 4—5 Schalleindrücke richtig schätzen kann, wenn sie einander in sehr kleinen Zwischenpausen folgen.

Vortheilhafter lassen sich Versuche über den Umfang des Bewusstseins anstellen mit Hülfe des Gesichtssinnes. In der vorigen Nummer dieser Studien (Bd. II, S. 640) habe ich gezeigt, dass man seine Aufmerksamkeit auf 3—5 Buchstaben (je nach der Person verschieden) zu gleicher Zeit richten kann. Dies Resultat wird bestätigt durch eine Untersuchung, die ich mit dem oben beschriebenen Fallchronometer angestellt habe. Bei der ersten Reihe von Versuchen waren kurze senkrechte Linien in Abständen von 2 mm auf die Cartons gedruckt und wirkten in der Weise, wie das oben bei Farben und Buchstaben näher beschrieben ist, 0,01" auf die Netzhaut. Bei dieser Wirkungsdauer ruft ein beleuchtetes Object einen vollständig deutlichen Eindruck auf der Netzhaut hervor; nimmt man die Zeit bedeutend länger, so ist Gefahr vorhanden, dass die Eindrücke vom Bewusstsein nicht simultan, sondern successiv aufgenommen werden. Angewandt wurden 12 Cartons mit 4—15 Linien und der Beobachter hatte in jedem Falle anzugeben, wie viele Linien er gesehen zu haben glaubte. Jede Versuchsreihe bestand aus 60 Versuchen, da jeder Carton fünfmal in die Klemmfedern gesteckt wurde, und zwar wurden auf *B.* und *C.* je 5, auf 6 andere Beobachter je eine derartige Versuchsreihe gemacht. Die Resultate dieser Reihen erkennt man aus der beigefügten Tabelle XI. In der ersten Spalte ist die Zahl der Linien angegeben, welche zu schätzen war. Unter jedem Beobachter ist in der

1) Wundt, Phys. Psych. II, 213. — Dietze, Phil. Stud. II, 362.

ersten Spalte die Zahl der richtigen und dahinter die der falschen Schätzungen angegeben. Die zweite Spalte zeigt, wie groß im Mittel der Beobachter die Zahl der Linien geschätzt hat, die dritte gibt endlich den mittleren Fehler der Schätzungen, wobei alle Abweichungen vom wahren Werthe positiv in Rechnung gezogen sind.

Tabelle XI.

	B.			C.			Frh. T.			G. (9 Jahre)		
IV	25—0	4,0	0,0	23—2	4,1	0,1	5—0	4,0	0,0	5—0	4,0	0,0
V	25—0	5,0	0,0	23—2	5,0	0,0	2—3	4,4	0,4	4—1	4,8	0,2
VI	25—0	6,0	0,0	16—9	5,8	0,4	4—1	5,8	0,2	0—5	5,6	1,2
VII	16—9	7,1	0,4	20—5	7,0	0,2	1—4	6,6	0,8	0—5	7,8	3,2
VIII	19—6	7,9	0,2	17—8	7,8	0,3	3—2	7,8	0,6	1—4	6,4	1,6
IX	16—9	9,1	0,4	13—12	8,6	0,6	2—3	8,4	0,6	0—5	7,6	2,6
X	14—11	10,0	0,4	7—18	9,2	0,8	4—1	9,8	0,2	0—5	7,4	2,6
XI	16—9	10,9	0,4	8—17	10,9	0,9	1—4	12,0	1,0	0—5	8,6	2,8
XII	10—15	12,4	0,8	8—17	11,8	0,8	3—2	12,0	0,4	0—5	12,4	2,4
XIII	9—16	13,3	0,8	12—13	13,0	0,6	1—4	12,8	1,0	0—5	12,0	2,2
XIV	11—14	14,2	0,6	11—14	13,6	0,6	0—5	14,4	1,2	0—5	11,4	3,4
XV	16—9	14,6	0,4	15—10	14,5	0,5	4—1	14,8	0,2	3—2	13,8	1,2
	202—98		0,4	173—127		0,5	30—30		0,6	13—47		2,0
	H.			L.			P.			S.		
IV	5—0	4,0	0,0	3—2	4,4	0,4	4—1	4,2	0,2	3—2	4,6	0,6
V	2—3	4,4	0,6	1—4	4,2	0,8	2—3	4,4	0,6	5—0	5,0	0,0
VI	3—2	5,6	0,4	2—3	5,8	0,6	2—3	5,8	0,6	5—0	6,0	0,0
VII	3—2	7,4	0,4	1—4	6,4	1,0	3—2	7,2	0,6	1—4	6,2	0,8
VIII	2—3	8,2	0,6	1—4	7,6	0,8	1—4	7,8	1,0	1—4	7,6	0,8
IX	1—4	9,0	0,6	1—4	7,2	1,8	3—2	9,0	0,8	0—5	8,8	1,0
X	2—3	10,2	0,6	0—5	8,2	1,8	0—5	8,6	1,4	0—5	8,4	1,6
XI	1—4	10,4	1,0	0—5	8,4	2,6	2—3	10,6	0,8	2—3	10,8	0,6
XII	2—3	12,4	0,8	1—4	11,8	1,4	3—2	11,6	0,4	2—3	12,6	1,0
XIII	1—4	12,4	1,4	2—3	12,4	0,6	4—1	12,6	0,4	1—4	13,4	0,8
XIV	2—3	14,2	0,6	1—4	12,6	1,8	0—5	12,6	1,4	1—4	13,6	1,2
XV	2—3	14,0	1,0	1—4	13,0	2,0	2—3	14,0	1,0	4—1	14,8	0,2
	26—34		0,7	14—46		1,3	26—34		0,8	25—35		0,7

Die Tabelle zeigt, dass, wenn 4 oder 5 Linien 0,01" lang sichtbar sind, ihre Zahl in der Regel richtig geschätzt wird, das gibt uns aber die Zahl von einfachen Eindrücken an, welche zu gleicher Zeit im Bewusstsein enthalten sein können. Die Zahl variirt von 3 bis 6, ist aber für dasselbe Individuum constant. Wird die Zahl der Eindrücke

größer, als dass sie das Bewusstsein zugleich auffassen kann, so schätzt man sie und zwar schätzen in der Regel diejenigen genauer, welche eine größere Zahl von Eindrücken gleichzeitig ins Bewusstsein aufnehmen können. Wie es scheint, hat man eine Neigung, die Zahl der Linien zu unterschätzen, und der mittlere Fehler scheint dem psychophysischen Gesetz zu folgen, so dass er der Zahl der Linien proportional ist. Die Schätzung der 15 und vielleicht auch noch der 14 Linien muss etwas anders beurtheilt werden, als die der übrigen Zahlen, da der Beobachter wusste, dass nicht mehr als 15 Linien da sein konnten. *H.*, *L.*, *P.*, *S.* sind Studenten. Beachtenswerth sind die Schätzungen des *G.* (9 Jahre alt). Er konnte mehr Eindrücke auf einmal fassen, als die meisten anderen, macht aber bei den Schätzungen keinen Unterschied zwischen 7—11 Linien und zwischen 12—15 Linien. Die Uebung scheint auf die Genauigkeit der Schätzungen keinen Einfluss zu haben. Das zeigt die folgende kleine Tabelle, welche die Zahlen der richtigen und falschen Schätzungen, sowie die mittleren Fehler aus den 5 mit *B.* und *C.* gemachten Reihen enthält.

Tabelle XII.

25	III		41—19	0,35		36—24	0,45
28	III		38—22	0,38		30—30	0,52
7	IV	<i>B.</i>	42—18	0,33	<i>C.</i>	36—24	0,45
1	VII		42—18	0,31		31—29	0,6
6	VII		39—21	0,40		40—20	0,42

In gleicher Weise wurden Zahlen, Buchstaben, Wörter und Sätze 0,01" lang sichtbar gemacht und untersucht, wie viel das Bewusstsein zu gleicher Zeit auffassen konnte. Die Buchstaben und Zahlen waren mit einer amerikanischen Schreibmaschine (Remington Nr. 4) gedruckt, bei welcher 5 Buchstaben eine Breite von 1 cm einnehmen. Die Wörter (einsilbige) waren wie die in den vorigen Abschnitten benutzten aus einer gedruckten Liste ausgeschnitten und, wenn mehr als zwei genommen wurden, in zwei oder mehreren Linien angeordnet, so dass alle innerhalb des Feldes des deutlichen Sehens lagen. Die längeren Sätze (ebenfalls aus einer Druckseite herausgeschnitten) waren in gleicher Weise in zwei Linien zertheilt, reichten aber über das Feld des deutlichen Sehens hinaus. Die Resultate der mit 8 Personen

angestellten Versuche gebe ich in der beigefügten Tabelle an. In derselben bezeichnet jedesmal die erste Zahl die Fälle, in denen der Beobachter richtig gelesen hat, die zweite Zahl die Fälle, wo theilweise oder ganz falsch oder gar nichts gelesen wurde.

Tabelle XIII.

	<i>B.</i>	<i>H.</i>	<i>L.</i>	<i>P.</i>	<i>S.</i>	<i>Fr. T.</i>	<i>Fr. G. I.</i>	<i>G. II.</i> (9 Jahre)
3 Zahlen	10—0	8—2	9—1	10—0	10—0	9—1	9—1	9—1
4 „	10—0	7—3	5—5	10—0	10—0	2—8	6—4	8—2
5 „	39—1	5—5	0—10	13—7	9—1	0—10	1—9	2—8
6 „	23—17	2—8		3—17	3—7		0—10	0—10
7 „	5—35	0—10		0—10	1—9			
3 Buchstaben	20—0		8—2	10—0	10—0	6—4	4—6	7—3
4 „	19—1	6—4	1—9	9—1	9—1	3—7	1—9	3—7
5 „	23—17	0—10		7—13	6—4	0—10	0—10	0—10
6 „	12—28			1—9	1—9			
2 Wörter	10—0	7—3	4—6	7—13	10—0	5—5	3—7	5—5
3 „	10—0	1—9	0—10	0—10	3—7	0—10	0—10	0—10
4 „	18—12				1—9			
5 „	1—19							

Die längsten richtig gelesenen Sätze :

<i>B.</i>	Ich habe ein viel zu gutes Herz. — Eine Tochter muss ihrem Vater gehorchen. — Ich habe noch Briefe zu schreiben.
<i>H.</i>	Es kommt noch besser. — Das thut mir leid.
<i>L.</i>	Das thut mir leid.
<i>P.</i>	Wir erwarten den König.
<i>S.</i>	Und der Mann hatte auch eine Frau. — Dann geht ja alles ganz vortrefflich. — Es ist nicht das erste Mal.
<i>T.</i>	Da hat er sehr Unrecht. — Ich bitte um Entschuldigung.
<i>G. I.</i>	Es kommt noch besser.
<i>G. II.</i>	Das versteht sich.

Die Tabelle zeigt, dass das Bewusstsein, wie bei den Linien, so bei den Zahlen und Buchstaben 4—5 zu gleicher Zeit auffassen kann. Der Beobachter hatte auch die Ordnung der einzelnen Elemente eines Eindruckes anzugeben und ähnliche Zeichen (z. B. C und G) scharf auseinander zu halten. Lässt man diese Forderungen fallen, so ist die Zahl der Fälle, wo der Eindruck »richtig« aufgefasst worden ist, in vielen Reihen um 1—3 zu erhöhen. Die Buchstaben sind etwas schwerer aufzufassen als die Zahlen, bei denen jede Combination von einzelnen Zahlen wieder eine Zahl bildet, welche »Sinn« hat. Wörter kann man

nicht so viel zu gleicher Zeit auffassen als Buchstaben, aber dreimal so viel Buchstaben, wenn sie Wörter bilden, als wenn das nicht der Fall ist. Bilden die Wörter einen Satz, so kann man die doppelte Zahl derselben auffassen, als wenn sie ohne Zusammenhang nebeneinander stehen. Der Satz wird als ein Ganzes aufgefasst: ist er nicht aufgefasst, so hat man auch von den einzelnen Wörtern so gut wie nichts gesehen, ist er aufgefasst, so erscheinen die einzelnen Wörter sehr deutlich; dasselbe gilt, wenn der Beobachter aus den aufgefassten Spuren einen neuen Satz construirt, z. B. »da bin ich auch gewesen« statt »das habe ich auch gesagt«.

Als an mir selbst Versuche angestellt wurden, bemerkte ich, dass die Eindrücke simultan in das Bewusstsein gelangten. Wenn aber eine gewisse Zahl überschritten wurde, so waren die aufgefassten Spuren zu schwach und von zu kurzer Dauer, als dass ich daraus die als Reiz dienenden Objecte errathen konnte. Obwohl es mir unmöglich war, diese Objecte ohne weiteres anzugeben, konnte ich doch richtig antworten, wenn ich gefragt wurde, ob ein bestimmtes Schriftzeichen da wäre oder nicht. Das ist besonders der Fall bei langen Sätzen; ich habe da das eigenthümliche Gefühl, als hätte ich den Satz gekannt und wieder vergessen. Die Spuren der Eindrücke, die außerhalb der Grenzen des Bewusstseins liegen, erscheinen ganz ähnlich denen, welche Träume hinterlassen.

Die individuelle Verschiedenheit ist eine Sache von großem Interesse. *B.* kann 6 Buchstaben resp. 4 Wörter zu gleicher Zeit auffassen, andere nur 3 Buchstaben oder 2 Wörter. Frau *G.* ist eine Handwerkersfrau, *G.* ihr Sohn. Ich versuchte dieselben Bestimmungen bei zwei alten, etwas beschränkten Dienstmännern zu machen, aber es schien überhaupt unmöglich, dass sie so feine Eindrücke in ihr Bewusstsein aufnehmen könnten. Sie brauchten z. B. schon, um ein Wort zu lesen, drei bis viermal so lange Zeit wie gebildete Leute.
