

zwischen den Ommatidien stehenden, unveränderten Zellen der Augen- anlage auch im ausgebildeten Auge von der Cornea bis zur Basal- membran reichen) bilden. Welches von beiden für die Dekapoden Geltung hat, wird sich vielleicht schon nach dem Erscheinen der vollständigen Abhandlungen entscheiden lassen; die Frage, wie sich das Auge der Insekten in diesem Punkte verhält, hoffe ich in meiner schon erwähnten Untersuchung mit Bestimmtheit erledigen zu können.

J. Carrière (Straßburg i. E.).

## Ueber psychische Zeitmessung.

Von Dr. **Karl Fricke.**

### I. Die einfache Reaktionszeit.

(Zweites Stück.)

Nachdem wir im vorigen Aufsätze<sup>1)</sup> versucht haben, uns über die Bedeutung der verschiedenen Reaktionsweisen ein Urteil zu bilden, wenden wir uns jetzt von den gewonnenen Gesichtspunkten aus zu einer systematischen Betrachtung der neuern psychometrischen Ergebnisse. Wir beginnen mit einer Besprechung derjenigen Untersuchungen, welche den Einfluss der Stärke des angewandten Sinnes- reizes auf die Dauer der Reaktionszeit behandeln.

Bei dem innigen Zusammenhange alles psychischen und physio- logischen Geschehens hat es von vornherein für uns ein Interesse, die Veränderungen kennen zu lernen, welche der einfachere, rein physiologische Vorgang des Reflexes durch verschiedene Grade der Reizstärke erleidet. Die Vergleichbarkeit desselben mit dem psycho- physischen Reaktionsvorgange ergibt sich nach unsern frühern Er- örterungen schon daraus, dass die eine der besprochenen Reaktions- weisen, die sogenannte muskuläre, in ihrem Ablauf als ein Hirnreflex zu betrachten ist.

Ueber Reflexe hat J. Rosenthal in dieser Zeitschrift<sup>2)</sup> Unter- suchungen veröffentlicht, welche uns über diese Frage Aufschluss geben. Er geht aus von dem sogenannten Helmholtz'schen Phä- nomen, d. h. von der Erfahrung, dass die Zeit, welche zwischen dem Augenblicke der Reizung und dem Eintritte der Reflexbewegung ver- fließt, 10—12 mal so groß ist, als die Zeit, welche zur Leitung in den peripherischen Nerven von ungefähr gleicher Länge erforderlich sein würde. Nun hat die Reflexbewegung die Eigentümlichkeit, dass sie bei so geringer Reizung, deren direkte Anwendung auf einen motorischen Nerven bereits zur Auslösung einer kleinen Bewegung genügt, noch nicht eintritt. Wird der Reiz auf die sensible Fläche verstärkt, so bedarf es bekanntlich schon einer bedeutenden Steigerung, um überhaupt eine Reflexbewegung zu erzielen; ist aber die Reizung bis zu dieser ausreichenden Größe angewachsen, so tritt die Bewegung

1) Biolog. Centralblatt, VIII. Bd., S. 673—690.

2) IV. Bd., S. 247 u. fg.

gleich mit einer ziemlich starken Muskelzuckung ein, welche sogar die durch den gleichen Reiz bewirkte direkte Muskelzuckung an Stärke und Dauer übertreffen kann<sup>1)</sup>. Durch weitere Steigerung der Reizstärke wird nun nicht etwa die Stärke der Zuckung vermehrt, sondern die Reflexzeit bis zum Verschwinden des ursprünglichen Helmholtz'schen Phänomens verringert. Weitere Versuche überzeugten den Verfasser, dass innerhalb der peripheren Nerven die Leitungsgeschwindigkeit von der Reizstärke unabhängig ist, und führten ihn zu dem Schluss, dass der Grund der anfänglichen Verzögerung in dem Mittelgliede zwischen sensibeln und motorischen Fasern, also in den zelligen Elementen der Reflexzentren zu suchen ist, die offenbar der Uebertragung des Reizes ein größeres Hindernis bieten. Von nicht geringerem Interesse erscheint ferner das weitere Ergebnis dieser Untersuchung, dass nämlich bei zunehmender Reizstärke auch der Weg des Nervenstromes eine Veränderung erleidet. Der genannte Verfasser stellte durch Versuche fest, dass eine Stelle im Rückenmarke von besonderer Wichtigkeit für das Zustandekommen des Reflexes ist. Dieselbe befindet sich im obersten Teile desselben und greift vielleicht noch etwas in das verlängerte Mark hinein. Während bei eben ausreichenden Reizungen die normale Leitungsbahn erst bis zum Halsmark aufsteigen muss, um dort auf die motorische Seite übertragen zu werden, so findet bei Anwendung stärkerer Reize der Uebergang schon an einer tiefer gelegenen Stelle statt, es tritt also eine Verkürzung der Reflexbahn ein. Dies wurde sowohl für Reflexe, welche auf der gereizten Seite zu stande kamen, wie auch für die sogenannte Querleitung, d. h. für die Uebertragung auf die entgegengesetzte Körperhälfte, übereinstimmend nachgewiesen.

Diese rein physiologischen Thatsachen sind jedenfalls geeignet, uns in mancher Hinsicht einen Fingerzeig zu geben, wie wir auch die Veränderungen psychischer Vorgänge bei Einwirkung verschieden abgestufter Sinnesreize aufzufassen haben. Bei Anwendung schwacher Reize werden wir von vornherein nicht die muskuläre, reflexartige Reaktionsweise, sondern in der Regel sensorielle Vorgänge voraussetzen. Bei Verstärkung des Reizes dagegen werden wir — und zwar namentlich in allen denjenigen Abhandlungen, welche den grundsätzlichen Unterschied der beiden Reaktionsweisen noch nicht beachtet haben, — die Möglichkeit eines unwillkürlichen Ueberganges von sensoriiellen in muskuläre Reaktionen vermuten. Ueberhaupt werden wir geneigt sein, den Grund einer Aenderung in der Reaktionsdauer nicht in den peripheren Nerven sondern in den Zentralorganen zu suchen, und auch hier die Möglichkeit anzunehmen, dass die Leitung bei einer Aenderung der Reizstärke nicht immer in den gewohnten Bahnen bleibt, dass also der Stärke des Nervenstromes entsprechend

---

1) Vergl. W. Wundt, *Physiol. Psychologie*, 3. Aufl., I. Bd., S. 182.

bald höhere bald niedere Teile des Zentralorgans die Auslösung der beabsichtigten Reaktionsbewegung veranlassen.

Um an die in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> bereits mitgeteilten Untersuchungen wieder anzuknüpfen, gehen wir von den Versuchen von W. Wundt aus, welche zeigen, dass die einfache Reaktionszeit auf solche Sinnesindrücke, welche eben die Reizschwelle erreichen, für die verschiedenen Sinnesgebiete übereinstimmen, und zwar sowohl für den Tast- und Gehörsinn wie für den Gesichtssinn den extrem sensoriellen Wert von über 300  $\sigma$  erreichen:

Reizschwelle: Mittel aus 24 Einzelversuchen: mittlere Schwankung <sup>2)</sup> :		
Schall:	337	50
Licht:	331	57
Tast:	327	32.

Mit Recht bemerkt W. Wundt in der dritten Auflage seiner physiologischen Psychologie<sup>3)</sup> zu diesen Zahlen, dass es bei diesen schwächsten Reizen kaum möglich ist anders als sensoruell zu reagieren, da hierbei die Spannung der Aufmerksamkeit auf den Sinnesreiz gerichtet sein muss. Wir fügen hinzu, dass auch wohl der Gefühlswert eines derartigen Eindruckes nicht ausreichen dürfte, um unmittelbar eine Erregung der motorischen Organe zu veranlassen, und dass es daher in diesem Falle außer einer Apperzeption des Sinnesindruckes auch stets eines besondern Willensimpulses zur Ausführung der Reaktionsbewegung bedarf.

In neuerer Zeit hat nun G. O. Berger<sup>4)</sup> den Einfluss verschiedener Reizstärken auf die Dauer der einfachen Reaktion einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Derselbe arbeitete mit acht verschiedenen Lichtstärken und mit je vier in ihrer Stärke abgestuften elektrischen und Schallreizen. Unter den Lichtreizen war I so gewählt, dass er eben die Schwelle erreichte, während VI die tausendfache Stärke besaß, und als normale Intensität galt. Zu diesem Zwecke benutzte er das durch einen Induktionsstrom hervorgerufene Licht einer Puluj'schen Röhre<sup>5)</sup>, während er die Abstufungen I—V dadurch erreichte, dass zwischen die leuchtende Platte und das Auge photometrisch genau bestimmte graue Gläser eingeschoben wurden. Die stärksten Reize VII und VIII erhielt er in einer wenigen genau vergleichbaren Weise mit Hilfe zweier verschieden starker Sammellinsen. Als Endergebnis einer zehntägigen gemeinschaftlich mit J. M. Cattell ausgeführten Beobachtung ermittelte Berger aus je 150 Einzelversuchen folgende Zahlen:

1) I. Bd., S. 667.

2) Man versteht darunter das arithmetische Mittel aus den Abweichungen der einzelnen Reaktionen von dem Mittelwerte derselben.

3) 1887, II. Band, S. 285.

4) Philos. Stud., III. Bd., S. 38 u. fg.

5) Das Nähere a. a. O. S. 40.

Lichtstärke: . . .		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Reaktionszeit: .	B	338	265	238	230	222	225	207	198
	C	281	205	190	178	177	173	165	158
mittl. Schwankung:	B	26	18	16	15	15	17	18	16
	C	30	17	16	14	15	13	16	19

Zunächst beweist diese Zusammenstellung zweifellos die Giltigkeit des von Wundt aufgestellten und von ihm für Schallreize, durch von Kries und Auerbach für elektrische Reize nachgewiesenen Gesetzes auch auf dem Gebiete der Lichtempfindung, dass nämlich sowohl die Dauer der Reaktionszeit wie auch die mittlere Schwankung derselben in umgekehrtem Sinne wächst wie die Reizstärke und zwar um so schneller, je mehr wir uns der Reizschwelle nähern. Wundt<sup>1)</sup> findet die Erklärung der so gefundenen Zahlwerte darin, dass namentlich in dem ersten bedeutenden Sinken der Reaktionszeit ein unwillkürlicher Uebergang von vollständigen zu verkürzten Reaktionen zu erkennen ist; demgemäß hätten wir hier nicht nur eine Veränderung in der Dauer der psychischen Akte, sondern auch in der Zahl und Verknüpfung derselben.

Die gleichfalls von Berger und Cattell angestellten Versuche mit Schall- und elektrischen Hautreizen<sup>2)</sup> bestätigen eine stetige Verkürzung der Reaktionszeit bei zunehmender Reizstärke, jedoch ohne dass sich bei dem schwächsten Reize, der hier zur Anwendung kam, eine auch nur annähernd so lange Reaktionsdauer ergeben hätte, wie für die Lichtempfindung, und wie sie von Wundt auch für Haut- und Schallreize in der Nähe der Schwelle gefunden waren.

Inbetreff der bei diesen Versuchen angewandten Reaktionsweise ist der namentlich bei den Lichtreaktionen hervortretende Zeitunterschied der beiden Beobachter von Interesse. Durchweg sind die Zahlwerte der einfachen Reaktionen Berger's erheblich höher als die von Cattell, auch vermindern sich die des letztern verhältnismäßig schneller bei zunehmender Reizstärke als die von Berger. Wie der Verfasser bemerkt, ist der Grund dieser auffälligen Abweichung offenbar in dem Umstande zu suchen, dass Cattell vollkommen reflexartig, ohne vorangehende Apperzeption und Willensimpuls zu reagieren pflegte, also nach der Bezeichnung Ludwig Lange's „extrem muskulär“, während Berger nach seinem eignen Urteil diese Art der Reaktion nicht vollständig erreichte. Eine genaue Analyse seiner Bewusstseinszustände hat er freilich nicht beigelegt, jedoch ist es bemerkenswert, dass die von ihm für die Reizschwelle gefundene Reaktionszeit von 338  $\sigma$  mit der von Wundt ermittelten

1) *Physiol. Psychol.*, 3. Aufl., II. Bd., S. 285.

2) *Philos. Stud. a. a. O.* S. 64 u. fg.

übereinstimmt, und wie diese als eine „extrem sensorielle“ zu deuten ist. Vergleichen wir ferner die Reaktionsdauer der beiden Beobachter bei der als normal bezeichneten Reizstärke VI, so ergibt sich, dass Cattell hier nach 173  $\sigma$  reagierte, also offenbar muskulär, während Berger 225  $\sigma$ , also etwa 50  $\sigma$  mehr gebrauchte. Dieser Unterschied ist grade ausreichend, um in letzterem Falle noch einen Apperzeptionsvorgang wahrscheinlich zu machen, oder mit andern Worten, die Dauer der Reaktion lässt hier auf eine Reaktionsweise schließen, die wir früher als eine verkürzte, d. h. keinen besondern Willensakt einschließende, aber doch noch sensorielle kennen gelernt haben. Die weitere Verkürzung der Reaktionszeit bei zunehmender Intensität des Reizes müssen wir nach Analogie der eingangs erwähnten physiologischen Ergebnisse Rosenthal's als eine Beschleunigung der Vorgänge in der zentralen grauen Substanz betrachten, ohne dass in den Untersuchungen ein Anhaltspunkt für eine genauere Einsicht in die ursächlichen Verhältnisse gegeben wäre.

Auch auf dem Gebiete der Temperatur-Empfindung hat das Wundt'sche Gesetz Bestätigung gefunden. Die Versuche von Goldscheider, auf welche wir in einem andern Zusammenhange ausführlicher zurückkommen werden, beweisen auch hier die genaueste Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Intensität, ein Ergebnis, welches mit den Erfahrungen anderer Forscher (Exner, von Kries und Hall, von Vintschgan) auf diesem Gebiete im Einklang steht<sup>1)</sup>.

Diesem sehr bemerkenswerten Einflusse der Intensität des Reizes gegenüber scheint die Qualität innerhalb desselben Sinnesgebietes nur von untergeordneter Bedeutung zu sein. Die von G. O. Berger über den Einfluss der verschiedenen Farben auf die Dauer der einfachen Reaktionszeit angestellten Versuche blieben erfolglos. Dies erscheint insofern auffallend, als S. P. Langley<sup>2)</sup> festgestellt hat, dass zum Sehen der Farben eine nicht unbeträchtlich verschiedene Energie erforderlich ist, also gleichsam auch Intensitätsunterschiede in betracht kommen. Nachdem Langley bereits früher gezeigt hatte, in welcher Weise sich die als Wärme messbare Energie der Sonnenstrahlen auf die einzelnen Abschnitte des Spektrums verteilt, suchte er mit Hilfe einer Methode, welche zur Bestimmung der Sehstärke angewandt zu werden pflegt, den Schwellenwert für die Erkennung der Farben Violett, Grün, Scharlach- und Karmoisinrot zu ermitteln. Er

1) Goldscheider, Ueber die Reaktionszeit der Temperaturempfindungen. Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft zu Berlin 1886—1887, Sitzung am 17. Juni 1887; Auszug im Biolog. Centralblatt, VII. Bd., S. 448 und in du Bois-Reymond's Archiv, 1887, S. 470.

2) S. P. Langley, Energie und Sehen. American Journal of Science, 1888, Ser. 3, Vol. XXX, S. 359; vergl. naturwissenschaftl. Rundschau, IV. Jahrg., 1889, S. 69 u. fg.

fand so, dass folgende Energiemengen<sup>1)</sup> erforderlich und ausreichend sind, um eine Lichtempfindung hervorzurufen:

Violett	( $\lambda = 0,40 \mu$ )	= 0,000 000 000 000 000 180 00
Grün	( $\lambda = 0,55 \mu$ )	= . . . . . 75
Scharlach	( $\lambda = 0,65 \mu$ )	= . . . . . 170 00
Karmoisin	( $\lambda = 0,75 \mu$ )	= . . . . . 340 000 00

Die Unsicherheit dieser Zahlen wird von dem Verfasser selbst bis zu einem gewissen Grade zugegeben. Indess ist es bemerkenswert, dass ähnliche Ergebnisse aus den Untersuchungen von J. M. Cattell und G. O. Berger hervorgegangen sind, soweit dieselben sich auf die Erkennungszeit einer Farbe bezogen. Die letztgenannten Verfasser fanden den schon von Kunkel<sup>2)</sup> aufgestellten Satz bestätigt, dass die verschiedenen Teile des Spektrums eine verschieden lange Zeit gebrauchen, um denjenigen Grad von Erregung hervorzubringen, welcher zur Wahrnehmung derselben hinreicht, auch wenn die Farben auf die gleiche Intensität reduziert sind. Cattell<sup>3)</sup> fand mit Hilfe seines Fallechronometers<sup>4)</sup> einen gesetzmäßigen, bei verschiedenen Personen gleichmäßig wiederkehrenden Unterschied in der Einwirkungs-dauer der verschiedenen Farben, welche von 0,6 auf 2,75  $\sigma$  anwachsen kann. Während die Netzhaut für Orange und Gelb am schnellsten empfindlich ist, so verlängert sich die Zeit der Einwirkung für Blau um 0,3 und für Rot noch um 0,1  $\sigma$  mehr. Grün gebraucht auffallender Weise sogar 0,2  $\sigma$  mehr als Blau, und Violett musste endlich 2—2,75  $\sigma$  sichtbar bleiben, um richtig erkannt zu werden. Folgt auf den Eindruck der Farbe nicht Schwarz, wie in den aufgeführten Fällen, sondern Weiß, so verwischt dies den schon vorhandenen Eindruck, und es bedarf einer erheblich längern Einwirkungs-dauer der Farben, für Orange 6, für Violett 12,5  $\sigma$ , um richtig erkannt zu werden. Ebenso wird durch ein auf den Eindruck folgendes farbiges Licht die Zeit verlängert, und auch die Reihenfolge der Farben verändert. Die gleiche Erfahrung machte man, wenn zur Beleuchtung der Farben nicht wie bisher Tageslicht, sondern Lampenlicht gewählt wurde. Dies alles beweist den weitgehenden Einfluss, welchen die äußere Anordnung der Versuche auf das Ergebnis auszuüben vermag und erklärt uns, weshalb wir keine volle Übereinstimmung in den Untersuchungen Langley's und Cattell's erwarten dürfen. Am auffallendsten ist jedenfalls die Abweichung, welche sich bei Cattell in der Erkennungszeit der grünen Farbe kundgibt; während Grün

1) Die folgenden Zahlen sind Bruchteile einer Pferdekraft. Die Wellenlänge ( $\lambda$ ) des Lichtes ist in Tausendstel Millimeter ( $\mu$ ) ausgedrückt.

2) Pflüger's Archiv, Bd. 9, S. 206; vergl. Philos. Stud., Bd. III, S. 80 u. fg.

3) James Mc Keen Cattell, Ueber die Trägheit der Netzhaut und des Sehzentrums. Philos. Studien, Bd. III, Tabellen auf S. 102—104.

4) Eine genaue Beschreibung und Abbildung dieses Instrumentes findet sich a. a. O. S. 97 u. fg. und S. 307 u. fg.

nach Langley des geringsten Kraftmaßes bedarf, um gesehen zu werden, fand sich bei Cattell für diese Farbe eine längere Erkennungszeit als für Rot. Von andern Unterschieden der Untersuchungsmethode abgesehen, mag hier darauf hingewiesen werden, dass Cattell nicht wie Langley mit reinen Spektralfarben, sondern mit farbigem Papier arbeitete, welches nach seiner eignen Erklärung<sup>1)</sup> nicht so gesättigt war, wie die Spektralfarben.

Auch in den Untersuchungen Cattell's gibt sich die Bedeutung der Intensität des Eindruckes dadurch zu erkennen, dass ein gesättigtes Violett einer 200mal so starken Beleuchtung bedurfte, um bei derselben Einwirkungsdauer erkannt zu werden, als ein gesättigtes Orange; der Verfasser führt dies lediglich auf solche Helligkeitsunterschiede zurück, welche den Farben als solchen eigentümlich sind.

Dem rein negativen Ergebnis Berger's über den Einfluss der bloßen Qualität des Sinneseindruckes auf die Reaktionszeit scheinen die bereits früher in dieser Zeitschrift mitgeteilten Reaktionszeiten für Geruchs- und Geschmacks-Empfindungen zu widersprechen, indem diese von der Qualität des Reizes abhängig erscheinen. Freilich lassen grade hier die technischen Schwierigkeiten der Versuchsanordnung von vornherein nicht denjenigen Grad der Genauigkeit in den Zahlenangaben erwarten, mit dem wir gegenwärtig auf andern Sinnesgebieten zu rechnen gewohnt sind.

Unter verhältnismäßig einfachen Versuchsbedingungen fand Moldenhauer<sup>2)</sup> folgende Zahlen für drei Beobachter.

Ol. Menthae pip.: . . . . .	247—203—362
Ol. Bergamottae: . . . . .	268—212—374
Ol. Rosarum: . . . . .	291—199—330
Kampher: . . . . .	246—226—496.

Bei genauer Vergleichung der Zahlen müssen wir auch hier zugeben, dass die Abhängigkeit von der Qualität nur scheinbar konstant ist. In den drei Reihen tritt uns deutlich ein grade umgekehrtes Verhältnis zwischen dem ersten und den beiden andern Beobachtern entgegen. Während in der ersten Reihe Rosenöl die längste und Kampher die kürzeste Reaktionszeit aufweist, so zeigen die beiden andern eine grade entgegengesetzte Abstufung.

Noch bedeutend größere individuelle Abweichungen haben die Reaktionszeiten, welche von Vintschgau und Hönigschmied<sup>3)</sup> für Geschmacksempfindungen ermittelten.

1) A. a. O. S. 100.

2) Philos. Stud., I. Bd., S. 606 u. fg.

3) v. Vintschgau und Hönigschmied, Versuche über die Reaktionszeit einer Geschmacksempfindung. Pflüger's Archiv, Bd. X, XII und XIV; vergl. Biol. Centralblatt, Bd. I, S. 670 und W. Wundt, Phys. Psych., 3. Aufl., II. Bd., S. 270.

Chlornatrium: . . . . .	159,8—597
Zucker: . . . . .	163,9—752
Phosphorsäure: . . . . .	167,6— —
Chinin: . . . . .	235,1—993.

Trotz der großen Verschiedenheiten der beiden Reihen bleibt scheinbar für die bittere Geschmacksempfindung in beiden übereinstimmend das Ergebnis einer erheblich größern Reaktionszeit übrig; allein es zeigte sich, dass die Reaktionsdauer für Chinin sich verkürzte, sobald der Stoff statt an der Spitze, am Grunde der Zunge zur Anwendung kam. In diesem Falle waren die Reaktionszeiten nicht nur ungefähr gleich, sondern es wurde sogar auf Chinin noch etwas schneller reagiert, als auf Zucker. Damit ist aber die Ursache der anfänglichen Ungleichheit deutlich als eine nicht von der Qualität des Reizes, sondern von der Verteilung der Endorgane abhängige erkannt. Wenn uns auch vor der Hand ein sicherer Anhalt dafür fehlt, wie viel Grundqualitäten des Geschmackssinnes anzunehmen sind und wie die einzelnen Geschmacksfasergattungen verteilt liegen, so darf doch das Vorhandensein solcher Gattungen als wahrscheinlich, und insbesondere die Thatsache als erwiesen betrachtet werden, dass grade der vordere Teil der Zunge für die Empfindung des Bittern am wenigsten zugänglich ist. Wie bereits Kräpelin in dieser Zeitschrift<sup>1)</sup> berichtet hat, zeigt die Zunge für Tasteindrücke ein grade entgegengesetztes Verhalten, indem die Reaktionszeit vom Zungen-grunde zur Spitze abnimmt und für letztere auch kürzer ist als für die Körperhaut. Wir haben somit an der Zungenspitze, welche nach Weber die kleinsten Empfindungskreise des Tastsinnes aufweist, zugleich auch die kürzeste Reaktionszeit auf Tasteindrücke.

Inbetreff des Hautsinnes finden sich abgesehen von diesem Verhalten der Zunge auch auf der ganzen Körperoberfläche große Verschiedenheiten, welche in neuerer Zeit durch von Vintschgau und Steinach<sup>2)</sup> einer genauen und sorgsamten Prüfung unterworfen sind. Im allgemeinen ergab sich, dass Reaktionen auf Hautreize im Gesicht kürzer ausfielen als an andern Körperstellen, z. B. an der Hand. Aber auch wenig weit von einander entfernte Stellen zeigten auffallende Verschiedenheiten, z. B. die Volar- und Dorsalseite derselben Hand. Die Verfasser ziehen daraus den Schluss, dass der Grund weder in der Länge der Leitung noch in den psychischen Vorgängen, sondern in den Endapparaten liegen müssen. Bei Steinach ergaben sich für Druckreaktionen folgende Zahlenverhältnisse:

Stirnmitte . . . . .	109
rechte Wange . . . . .	103
linke Hand Carpus Volarseite . . . .	128
linke Hand Radialwand Dorsum . . . .	109

1) I. Bd., S. 670.

2) M. v. Vintschgau und E. Steinach, Zeitmessende Versuche über den Temperatur- und Drucksinn. Pflüger's Archiv, 1888, 43. Bd., S. 152—194.

Noch bedeutender waren die Unterschiede, welche die Reaktionszeiten auf Kältereize von  $2\frac{1}{5}$ — $5\frac{4}{5}$ ° C aufweisen, und welche bei beiden Beobachtern bis zu 70  $\sigma$  anwachsen konnten:

	v. Vintschgau:	Steinach:
rechte Schläfe . . . . .	162	124
linke Schläfe . . . . .	183	135
Stirnmitte . . . . .	147	116
rechte Wange . . . . .	143	125
linke Wange . . . . .	162	116
Mitte Carpus v. S. . . . .	203	152
Antithenar . . . . .	206	197
Daumenballen . . . . .	206	194
Mitte des Ulnarrandes dorsal . .	211	172
Mitte des Radialrandes dorsal . .	209	172

Die individuellen Unterschiede lassen auf eine verschiedene, bei von Vintschgau mehr sensorielle, bei Steinach muskuläre Reaktionsweise schließen. Die relativen Unterschiede für die verschiedenen Hautstellen sind aber trotzdem bei beiden Beobachtern im ganzen dieselben.

Für Wärmereize von 48—49° C erwies sich bei Steinach der Unterschied von Gesicht und Hand als denen für Kälte entsprechend, während er sich bei von Vintschgau wesentlich vergrößerte. Es scheint demnach als ob die Hand des letztern für Wärme eine geringere Empfindlichkeit besitzt als für Kälte.

Während es sich auch bei den letzten Besprechungen noch immer um Abweichungen handelte, welche sich auf dem Gebiete desselben Sinnes zu erkennen geben, so verdienen die großen Verschiedenheiten, welche die Sinnesgebiete unter einander in ihrer Reaktionsdauer zu erkennen geben, nicht minder unsere volle Beachtung.

Unter allen Sinnesgebieten weisen ohne Zweifel die beiden chemischen Sinne, Geruch und Geschmack die längsten Reaktionszeiten auf. Eine genaue psychologische Analyse ist uns zwar hier ebenso wenig wie bei allen frühern und bei allen nicht aus dem Wundt'schen Laboratorium hervorgegangenen Arbeiten mitgeteilt. Indess liegt es in der Natur der Sache anzunehmen, dass diese Reaktionen insofern als sensorielle betrachtet werden können, als wohl der Sinneseindruck vor Ausführung der Reaktionsbewegung zum Bewusstsein gelangt sein muss. Jedenfalls steht dies in denjenigen Fällen außer Frage, wo neben dem chemischen Reize ein gleichzeitiger Druckreiz auf das Sinnesorgan einwirkte. Indess selbst unter Annahme extrem sensorielle Reaktionen erreichen die Zahlen mancher Beobachter eine Höhe, welche unter den sonst bekannten Größen für einfache Reaktionszeiten beispiellos dastehen. Wir denken dabei namentlich an die zweite Reihe der oben mitgeteilten Zeiten für Geschmacksempfindungen, welche eine Dauer von 597 bis 993  $\sigma$  erreichen und an die

von Buccola (236 bis 680) und Beaunis (meist 400 bis 800  $\sigma$ ) gefundenen Reaktionszeiten auf Geruchsempfindungen<sup>1)</sup>.

Ohne Zweifel sind die Unterschiede zum großen Teil auf Rechnung der technischen Schwierigkeiten und Verschiedenheiten der Versuchsanordnung zurückzuführen, allein die durchgängige Höhe der Zahlen begünstigt doch die Vermutung, dass hier die Natur der chemischen Einwirkung, welche erst allmählich bis zur ausreichenden Größe anschwillt, eine hervorragende Rolle spielt. Die bereits erwähnten Versuche, welche den großen Zeitunterschied von Tast- und Geschmacksreaktionen der Zungenspitze, also derselben Körperstelle, ergeben, lassen kaum eine andere Deutung aufkommen.

Die Zugänglichkeit der Zunge für spezifisch verschiedene Sinnesreize erinnert an das Verhalten unserer gesamten Körperhaut, in welcher wir ein Sinnesorgan für die grundverschiedenen Kategorien des Druckes und der Temperatur besitzen. Nach den Untersuchungen von Blix und Goldscheider gibt es überall auf der Haut nicht nur gesonderte Punkte für Druck- und Temperaturreize, sondern die letztern sollen sich sogar in solche für Wärme und für Kälte unterscheiden lassen<sup>2)</sup>. Alle Punkte besitzen die Fähigkeit, auf jede Art von Reizung mit der ihnen eignen Art der Empfindung zu antworten. Für das volle Verständnis dieser Lehre von den Druck- und Temperaturpunkten fehlt uns zwar die Unterstützung von seiten der anatomischen Untersuchung, da diese Stellen keineswegs durch spezifisch verschiedene Endapparate der Hautnerven ausgezeichnet sind, die Verschiedenheit aber, welche sich in der büschelförmigen Ausstrahlung der Nervenbündel an den unterschiedenen Punkten zu erkennen gibt, zur Zeit noch einer genügenden Ausdeutung entbehrt. Jedoch findet diese Anschauung wenigstens eine gewisse Analogie in den Verschiedenheiten, welche durch die Beobachtungen über die Reaktionszeit der Wärme-, Kälte- und Druckempfindungen festgestellt wurden. Die von einigen Forschern bereits früher ausgesprochene Vermutung, dass Kälte- und Wärmeempfindungen verschieden lange Zeit gebrauchen, um zur Wahrnehmung zu gelangen, ist durch die umfassenden bereits oben erwähnten Untersuchungen von Goldscheider<sup>3)</sup> als erwiesen zu betrachten. Wir erwähnen hier von seiner Versuchsanordnung nur, dass die Reaktion durch einen Beisskontakt vermittels der Schneidezähne ausgeübt und auf einer sich drehenden Kymographiontrommel aufgezeichnet wurde. Inbetreff der Reaktionsweise müssen wir aus dem Umstande, dass der Temperaturreiz durch Berührung einer abgekühlten oder erwärmten Metallkugel erfolgte, den Schluss ziehen, dass es sich hier ebenso wie bei den Untersuchungen über die chemischen Sinne um sensorielle Reaktionen handelt, insofern wenigstens eine

1) Vergl. W. Wundt, *Physiol. Psychol.*, III. Aufl., II. Bd., S. 271.

2) Vergl. Hermann, *Lehrbuch der Physiologie*, 9. Aufl., Berlin 1889, S. 470.

3) Vergl. den ausführlicheren Bericht im *Biolog. Centralblatt*, VII. Band, S. 446 u. fg.

bewusste Empfindung des Temperaturreizes — verschieden von der Empfindung der gleichzeitig stattfindenden Berührung — der registrierenden Bewegung vorangehen musste. Bei Anwendung von Kältereizen von ungefähr  $15^{\circ}\text{C}$  und von Wärmereizen von ungefähr  $50^{\circ}\text{C}$  wurde als Ergebnis von 2172 Einzelversuchen festgestellt, dass die Reaktionszeit für Kälte vom Gesicht bis zu den untern Gliedmaßen von 135—255, für Wärme dagegen von 190—790  $\sigma$  anwächst. Ueberall kommt somit die Wärme langsamer zur Empfindung als die Kälte, und zwar vermehrt sich in auffallender Weise der Zeitunterschied beider mit der Entfernung der geprüften Hautstelle vom Gehirn; an den untern Gliedmassen wird diesen Zahlen zufolge die Erwärmung einer Hautstelle sogar über  $\frac{1}{2}$  Sekunde später wahrgenommen als eine Abkühlung derselben. Von diesem außergewöhnlich hohen Unterschiede abgesehen finden die Ergebnisse Goldscheider's eine Bestätigung durch die zeitmessenden Versuche, welche M. von Vintschgau und E. Steinach<sup>1)</sup> unter ähnlichen Bedingungen über den Temperatur- und Drucksinn angestellt haben. Ausdrücklich wird in dieser Abhandlung hervorgehoben, dass der Reagierende seine ganze Aufmerksamkeit auf den Augenblick konzentrierte, in welchem die Temperaturempfindung anfang, eben merklich zu werden<sup>2)</sup>, so dass wir die Reaktionen als sensorielle betrachten müssen.

Die ermittelten Zahlen bestätigen zunächst das vorhin besprochene Goldscheider'sche Gesetz, indem sich ergab, dass auf Kältereizungen von  $2\frac{2}{5}$ — $6\frac{2}{5}^{\circ}\text{C}$  durchweg schneller reagiert wurde als bei Anwendung einer Wärme von etwa  $48$ — $49^{\circ}\text{C}$ . Aber auch in anderer Hinsicht geben uns diese Versuche eine Bestätigung früherer Erfahrungen, indem sie zugleich unsern Gesichtskreis für das Verständnis derselben erweitern. Schon Kräpelin hat in seinem frühern Berichte<sup>3)</sup> darauf hingewiesen, dass nicht nur die Stärke des äußern Sinnesreizes für die Schnelligkeit der Reaktion maßgebend ist, sondern auch die subjektive Empfindlichkeit der gereizten Stelle. Dies fand sowohl Goldscheider wie auch von Vintschgau und Steinach<sup>4)</sup> bestätigt. Kräpelin weist darauf hin, dass man den Grund der Erscheinung sowohl auf eine verschiedene Reizbarkeit oder Zugänglichkeit, aber auch auf eine verschiedene Zahl der getroffenen Nervenendigungen zurückführen könne, und glaubt in Hinblick auf frühere Untersuchungen mit Recht, dass dem letztern Umstande eine Hauptrolle zuzuschreiben ist. Gemeinschaftlich mit Hönigschmied hatte nämlich von Vintschgau nachgewiesen, dass bei größerer räumlicher Ausdehnung der gereizten Fläche eine entschiedene Verkürzung

1) Pflüger's Archiv, 43. Bd., S. 152 u. fg.

2) A. a. O. S. 159.

3) Biolog. Centralblatt, I. Bd., S. 672 und vorher.

4) Zeitmessende Versuche über den Temperatur- und Drucksinn. Pflüger's Archiv, 1888, 43. Bd., S. 152—194.

der Reaktionszeit eintritt, so dass unter diesem Gesichtspunkte die Extensität des Sinnesreizes in einem ähnlichen Verhältnisse zur Schnelligkeit der Reaktion erscheint, wie die Intensität desselben. Indess fand schon Goldscheider, dass auch ein- und dieselbe Stelle nach wiederholter Reizung allmählich eine schwächere Empfindung gibt, und dass damit gleichzeitig auch die Zeitwerte der Reaktion erheblich größer werden. v. Vintschgau und Steinach lieferten dann für Kältereize den bestimmten Nachweis, dass die von Minute zu Minute abgestumpfte Empfindung von einer immer weitergehenden Verlängerung der Reaktionszeit begleitet ist, wie folgende Zahlen lehren<sup>1)</sup>:

Kältereiz:		auf der Stirnmitte:	
$2\frac{2}{5}$ — $2\frac{4}{5}^0$	von	141 bis 433	innerhalb 15'
6 — $6\frac{2}{5}^0$	„	134 „ 333	„ 19'
Kältereiz:		rechte Wange:	
$2\frac{3}{5}$ — $2\frac{4}{5}^0$	von	145 bis 485	innerhalb 15'
$3\frac{4}{5}$ — $4\frac{1}{5}^0$	„	161 „ 439	„ 15'

Für Wärme führten die auf der Stirnmitte angestellten Versuche zu ähnlichen Ergebnissen:

Wärmereiz:		Stirnmitte:	
48 — $48\frac{2}{5}^0$	von	142 bis 384	innerhalb 10'
$48\frac{4}{5}$ — $49^0$	„	116 „ 301	„ 19'

Dagegen ergaben sich für andere Hautstellen unregelmäßige Zahlen. Jedenfalls ist aber durch obige Angaben die Möglichkeit erwiesen, dass auch die subjektive Empfindlichkeit derselben Nervenendigungen neben der Intensität und Extensität des Reizes von wesentlichem Einflusse auf die Reaktionsdauer sein kann.

Inbetreff des Drucksinnes, mit dessen Untersuchung sich die zuletzt besprochene Abhandlung gleichfalls beschäftigt, fand sich naturgemäß eine geringere Reaktionszeit als für Temperaturreize. Für Stirnmitte und rechte Wange ergab sich die Dauer von 119  $\sigma$ , für die Volarseite des Carpus der linken Hand 126 und für den Radialrand der dorsalen Seite derselben Hand 126  $\sigma$ , also Zahlen, welche sich den von andern Beobachtern ermittelten Reaktionszeiten bei elektrischer Hautreizung nähern, die extrem-muskulären etwa um 20  $\sigma$  übertreffen, aber um 80—90  $\sigma$  kürzer sind als die extrem-sensoriellen. Ein direkter Vergleich mit diesen Zahlen kann aber bei der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen und namentlich in Anbetracht der Schwierigkeit, welche die schwerlich festzustellende Verschiedenheit der Reizstärke verursacht, hier nicht durchgeführt werden. Dagegen erklärt sich der Unterschied in den für Druck-

1) A. a. O. S. 161 u. fg.

und Temperatur-Empfindungen gefundene Reaktionszeiten zwanglos in der von den Verfassern angegebenen Weise. Bei Druckreizen erleidet die Epidermis einen Stoß, welcher sich direkt auf die Endapparate der Nerven überträgt; Temperaturreize dagegen müssen ähnlich wie chemische erst allmählich bis zu einer bestimmten Höhe anwachsen, um für das Zustandekommen einer Empfindung auszureichen. Nicht so einfach erklärt sich freilich der gleichfalls festgestellte Unterschied zwischen Kälte- und Wärmereaktionen. Auch die Annahme gesonderter Kälte- und Wärmepunkte in der Haut würde uns nur in dem Falle einen Schlüssel zur ungezwungenen Lösung des Rätsels liefern, wenn sich der Nachweis führen ließe, dass die Kältepunkte dichter liegen als die Wärmepunkte, so dass auch hier die Extensität des Reizes eine Rolle spielte. Außerdem ist es aber keineswegs ausgeschlossen, dass es bei allen bisherigen Versuchen noch nicht gelungen ist, die Intensität des Kälte- und Wärmereizes der Empfindlichkeit unserer Nervenendigungen dermaßen anzupassen, dass beide als verhältnismäßig gleich gelten könnten.

Auch auf dem Gebiete der übrigen Sinne liegen Thatsachen vor, welche auf eine weitgehende Bedeutung des Verhältnisses der subjektiven Empfindlichkeit des betreffenden Sinnesgebietes zur Stärke des objektiven Reizes schließen lassen. Nur in einem Falle dürfen wir zweifellos dies Verhältnis für alle Sinne als gleich betrachten, wo es sich nämlich um solche Reize handelt, die eben die Schwelle des Bewusstseins erreichen. Wir haben bereits oben mitgeteilt, dass in diesem einen Falle Licht- und Schallreaktionen in ihrer Dauer mit denen des Hautsinnes bei elektrischer Reizung übereinstimmen, indem sie hier sämtlich die Höhe von etwa 330  $\sigma$  erreichen. Im übrigen aber — und zwar namentlich auch in allen mit Reizen von sogenannter normaler Stärke ausgeführten Untersuchungen — zeigen sich so bedeutende Abweichungen, dass eine Besprechung der dafür herangezogenen Erklärungsgründe unerlässlich erscheint. Nach den von Wundt<sup>1)</sup> mitgeteilten Tabellen wurden für sensorielle und muskuläre Reaktionsweise folgende Zeiten ermittelt:

### I. Sensorielle Reaktionen.

	Licht:		Schall:		elektr. Hautreiz:	
	a. M. <sup>2)</sup>	m. S. <sup>2)</sup>	a. M.	m. S.	a. M.	m. S.
Ludwig Lange . . . . .	299	28	230	33	—	—
Nikolai Lange . . . . .	—	—	216	21	213	25
Götz Martius . . . . .	291	39	—	—	—	—
Belkin . . . . .	—	—	235	33	—	—

1) *Physiol. Psychol.*, 3. Aufl., II. Bd., S. 267.

2) a. M. = arithmetisches Mittel; m. S. = mittlere Schwankung.

## II. Muskuläre Reaktionen.

	Licht:		Schall:		elektr. Hautreiz:	
	a. M.	m. S.	a. M.	m. S.	a. M.	m. S.
Ludwig Lange . .	172	8	124	8	—	—
Nikolai Lange . .	—	—	127	8	105	6
Götz Martius . .	182	13	—	—	—	—
Belkin . . . . .	—	—	121	9	—	—

Aehnliche Unterschiede in der Reaktionszeit der einzelnen Sinnesgebiete finden sich auch in den Angaben anderer Beobachter, wie aus den weitern von Wundt<sup>1)</sup> wie von Kräpelin<sup>2)</sup> gegebenen Zusammenstellungen hervorgeht. Nur die offenbar muskulären Reaktionszeiten zweier anderer Beobachter<sup>3)</sup> wollen wir hinzufügen, welche sich durch ungewöhnliche Kürze der Lichtreaktionen auszeichnen:

	Licht:	Schall:
Berger:	153	126
Cattell:	147	122

Wir haben grade die obigen Tabellen ausführlich mitgeteilt, um den Verdacht auszuschließen, dass die Verschiedenheiten etwa durch die Reaktionsweise veranlasst sein könnten. Auf allen Gebieten übertreffen die sensorischen Reaktionen die muskulären um fast dieselbe Größe, welche 100  $\sigma$  übersteigt; nur die sensorischen Schallreaktionen von Nikol. Lange sind verhältnismäßig kurz. Im übrigen aber sind die Lichtreaktionen überall um mehr als 50  $\sigma$  länger als die Schallreaktionen, und diese betragen wieder durchweg 20  $\sigma$  mehr als die des Hautsinnes. Nun liegt es am nächsten, bei der von einander so stark abweichenden Natur der Reize die Verschiedenheit in der rein physischen Einwirkung derselben auf das Sinnesorgan als Grund dieser auffallenden Thatsache zu betrachten, und es unterliegt kaum einem Zweifel, dass die Zeitunterschiede der Reaktionen sich wenigstens zum teil auf diese Weise erklären. Namentlich ist es die chemische Natur der Einwirkung des Lichtes auf die Netzhaut, welche die längere Dauer der Reaktionen dieses Organs wie bei den andern chemischen Sinnen bei zu einem gewissen Grade zu erklären vermag. Das Licht bedarf allerdings einer messbaren Zeit, um von dem Sinnesorgan der weitern Nervenleitung übermittelt zu werden. In seinen mehrfach erwähnten psychometrischen Untersuchungen hat J. M. Cattell<sup>4)</sup> versucht, den Grenzen dieser Dauer durch Bestimmung einer Minimal- und Maximalzeit nahe zu kommen. Als Minimalgrenze betrachtet er die Dauer von 0,6—2,75  $\sigma$ , welche ein farbiges Licht auf die Netzhaut einwirken muss, um erkannt zu werden. Dass aber innerhalb

1) A. a. O. S. 268.

2) Biolog. Centralblatt, I. Bd., S. 665.

3) Philos. Studien, III. Bd., S. 325.

4) Philos. Studien, III. Bd., S. 320 u. fg.

dieser Zeit die Erregung der Netzhaut sich noch nicht der Nervenleitung mitgeteilt hat, geht daraus hervor, dass die genannte Zeit dann nicht zur Erkennung der Farbe ausreicht, wenn nach derselben unmittelbar weißes Licht einwirkt; letzteres scheint den vorangegangenen Eindruck der Farbe schon in der Netzhaut zu unterdrücken. Bei dieser Anordnung bedurfte violette Licht einer Zeit von  $12,5 \sigma$ , um zur Wahrnehmung zu gelangen. Dieser Minimalzeit setzt der Verf. diejenige Zeit gegenüber, welche man durch die bekannten Versuche mit rotierenden Scheiben ermittelt hat, aus denen hervorgeht, dass Lichteindrücke mit einander verschmelzen, wenn sie in Zwischenräumen von  $25 \sigma$  auf einander folgen. Diese Zeit betrachtet er als Maximalgrenze. Dem entgegen wird, wie bereits Kräpelin<sup>1)</sup> berichtet, den Schallreizen dann gar keine Latenzzeit im Sinnesorgan zugemessen, wenn der Eindruck von einem Geräusch veranlasst wird, während für Töne nach der Berechnung von v. Kries und Auerbach die Zeit von 9—10 Schwingungen vergehen soll, bis eine Wahrnehmung des Tones eintritt. Da nun bei Reaktionsversuchen in der Regel Geräusche und nicht Töne als Sinnesreiz Verwendung finden, so würde sich allerdings ein gewisser Zeitunterschied von Licht- und Schallreaktionen schon aus der Art der physiologischen Reizvorgänge ergeben. Indess dürften die für die Einwirkungsdauer der Lichtreize von Cattell ermittelten Zahlen doch keineswegs allein zur Erklärung der beobachteten Zeitunterschiede genügen. Auch bleibt die auffallende Thatsache völlig unerklärt, dass die Reaktionszeiten der genannten Sinne dann nahezu übereinstimmen, wenn der Reiz eben die Schwelle des Merklichen erreicht. Hier liegt offenbar eine verhältnismäßige Uebereinstimmung in der Stärke der Einwirkung vor, und zwar dürfte dies der einzige Fall sein, wo wir mit Bestimmtheit sagen können, dass die Reizstärke des Schalles für die Empfindlichkeit des Ohres dieselbe Größe darstellt, wie die des Lichtes für das Auge. Auf allen andern Stufen fehlt uns das objektive Maß zur Entscheidung der Frage, ob ein Schall eben so laut tönt, wie ein Licht hell leuchtet, auch der Begriff des normalen Reizes ist keine fest bestimmbare Größe. Nun ist es jedenfalls auffallend, dass in umgekehrtem Verhältnisse, wie die Reaktionszeiten wachsen, die Gefühlsbetonung der Sinne abnimmt. Ohne Zweifel ist dieselbe bei dem Hautsinne am stärksten, wie schon die populäre Bezeichnung desselben als Gefühlssinn zu erkennen gibt. Grade die Gefühlsbetonung ist aber auf die Uebertragung eines Sinneseindruckes in die Form der Bewegung von wesentlichem Einflusse, und mit Recht weist daher auch Kräpelin<sup>2)</sup> auf diesen Umstand hin, in welchem er eine Ursache des verschiedenen Verhaltens der genannten Sinne vermutet. Nur stimmen wir ihm darin nicht bei, wenn er den Hautsinn sowohl dem Gehörs- wie dem Gesichtssinne entgegensetzt. Es ist bekannt, dass

1) Biolog. Centralblatt, I. Bd., S. 666.

2) A. a. O. S. 669.

auch unsere Gehörsempfindungen entschieden eine stärkere Gefühlsbetonung einschließen, als die Wahrnehmung von Licht und Farben. Von den Gefühlen, welche melodische und harmonische Klangverbindungen zu erwecken vermögen, wollen wir hier ganz absehen. Aber auch Geräusche, insbesondere solche, welche bei den Reaktionsversuchen gebräuchlich sind, wie das Aufschlagen einer fallenden Kugel auf eine harte Unterlage, erwecken einen unangenehmen Gefühlston, der auch nach längerer Gewöhnung stärker bleibt als bei Licht- und Farbenreaktionen. Dass ferner Gehörsempfindungen auf Bewegungen namentlich rhythmischer Art von Einfluss sein können, ist gleichfalls eine bekannte Erfahrung. Das Marschieren und Tanzen nach dem Takte der Musik, die Ausführung gewisser reflexartiger Bewegungen auf Geräusche, selbst wenn dieselben nicht sehr stark sind, legen von einer leichten Beeinflussung der motorischen Organe durch Schallreize Zeugnis ab. Dass wir uns aber diesen Einfluss nicht etwa in der Weise zu denken haben, als ob bei Schallreaktionen der Uebergang in die muskuläre Reaktionsweise begünstigt würde, beweist die Thatsache, dass man auf diesem Sinnesgebiete ebensowohl absichtlich sensorieell wie muskulär reagieren kann, und dass die Zahlwerte beider Reaktionsweisen sich um dieselbe Größe von einander unterscheiden, wie sensorielle und muskuläre Lichtreaktionen. Da es sich also nicht um einen Ausfall von Bewusstseinsvorgängen, also Funktionen der Großhirnrinde handelt, so werden wir den Grund des schnellern Ablaufs von Schall- und Hautreaktionen in gewissen subkortikalen Zentren suchen müssen, deren Mitwirkung sowohl bei muskulärer wie bei sensorieeller Reaktionsweise in betracht kommt. Es könnte demnach den Anschein gewinnen, als ob die durch Seh Hügel bzw. Kleinhirn vermittelte Uebertragung der Nervenerregung auf die Bewegungsorgane weniger Zeit gebrauchte, als die Vermittlung der Vier Hügel, welche letztern bekanntlich als das Reflexzentrum des Gesichtssinnes gelten. Man könnte daran denken, in der Natur und Lage dieser verschiedenen Zentralorgane, welche den Nervenstrom von der sensibeln auf die motorische Seite zu übermitteln haben, den Grund der besprochenen Ungleichheit zu suchen, und zwar um so mehr, als es keineswegs gleichgiltig zu sein scheint, durch welche Muskelgruppen die Reaktionsbewegung erfolgt.

Nach Cattell<sup>1)</sup> tritt eine weitere Verlängerung der Reaktionszeit auf Lichtreize dann ein, wenn die Reaktionsbewegung nicht wie gewöhnlich durch Oeffnung eines Telegraphenschlüssels mit der Hand ausgeführt wird, sondern durch die von den Sprachorganen hervorgebrachten Schallwellen, welche in einem von dem Verfasser beschriebenen und abgebildeten Schallschlüssel einen Kontakt aufheben, und noch mehr, wenn die Bewegung durch die Lippen auf einen gleichfalls daselbst dargestellten Lippenschlüssel übertragen wird. Er fand folgende Durchschnittswerte:

1) Psychometrische Untersuchungen I. Philos. Studien, III. Bd., S. 312 u. fg.

	Cattell:		Berger:	
	a. M.	m. S.	a. M.	m. S.
Telegraphenschlüssel, rechte Hand:	146	11	150	13
„ linke Hand:	147	11	153	12
Schallschlüssel: . . . . .	170	16	168	19
Lippenschlüssel: . . . . .	176	13	188	11

Bei der ausgesprochen muskulären Reaktionsweise der beiden Verfasser, namentlich Cattell's, kann die Verlängerung nur in der Natur der motorischen Reflexzentren begründet sein; es ließe sich allerdings auch denken, dass infolge der geringern Uebung der Reagierenden in dem Gebrauch des Schall- und Lippenschlüssels die letztgenannten Zahlen noch eine sensorielle Beimengung in Form eines bewussten Willensaktes enthielten. Letzteres wird aber dadurch unwahrscheinlich, dass ein Unterschied in der Reaktionszeit der rechten und der gleichfalls ungeübten linken Hand weder durch diese noch durch andere Untersuchungen festgestellt wurde. Auch E. Tischer<sup>1)</sup> beobachtete abgesehen von den 4–10 ersten Zahlen keinen Unterschied zwischen den Reaktionen der rechten und linken Hand. J. Merkel<sup>2)</sup> kam sogar durch seine mit drei Personen angestellten Versuche zu dem Ergebnis, dass die einzelnen Finger beider Hände auffallend geringe Unterschiede in der Reaktionszeit erkennen lassen.

Eine weitere Art, welche Cattell in Anwendung brachte, mit Hilfe der Sprache die Reaktionszeit zu bestimmen, war folgende. Derjenige, welcher auf den Lichtreiz reagieren sollte, sagte nach dem Erscheinen des Lichtes so schnell als möglich: „jetzt“. Auf dieses Wort öffnet ein zweiter Reagierender den Telegraphenschlüssel, wodurch der Zeiger des Chronoskops angehalten wird. Subtrahiert man von der gefundenen Zahl die Reaktionszeit, welche der letztere für Schallreize zu haben pflegt, so enthält der Rest die Reaktionszeit des ersten für Lichtempfindungen. Natürlich wird durch diese Verknüpfung das Ergebnis weniger genau, indess stimmte es im allgemeinen mit den auf andere Weise vermittels der Sprachorgane gefundenen Zahlen überein<sup>3)</sup>.

Nach diesen Erörterungen, welche vorwiegend den Einfluss psychischer und physiologischer Verhältnisse auf die Dauer der Reaktion betrafen, bleibt uns noch übrig, die Bedeutung gewisser zentraler, psychischer und psychophysischer Zustände hervorzuheben. Ueber

1) E. Tischer, Ueber die Unterscheidung von Schallstärken. Philos. Studien, I. Bd., S. 534.

2) J. Merkel, Ueber die zeitlichen Verhältnisse der Willensthätigkeit. Ebendasselbst II. Bd., S. 88.

3) Cattell bemerkt mit Recht, dass man dies Verfahren in solchen Fällen mit Erfolg verwerten könne, wo es sich um ungeübte Personen, Kinder oder Wahnsinnige, oder um die Bestimmung von Reflexzeiten und Reaktionsvorgängen an Tieren handelt. Vergl. a. a. O. S. 326 u. fg.

den Einfluss, welchen die Anspannung oder Sammlung der Aufmerksamkeit auszuüben im stande ist, können wir uns nach dem, was bereits früher darüber gesagt werden musste, an dieser Stelle kurz fassen. Nur wegen der Bedeutung, welchen die Sammlung der Aufmerksamkeit für die Länge und Gleichmäßigkeit der Reaktionszeit besitzt, erwies sich ja, wie früher dargelegt wurde, die Einführung eines Signals vor der Reaktion als wünschenswert. Die Isolierung des Reagierenden hatte ferner nur den Zweck, seine Aufmerksamkeit vor störenden Einflüssen zu bewahren, da sich durch die Erfahrung herausgestellt hatte, dass namentlich disparate Sinnesreize im stande sind, die Aufmerksamkeit abzulenken und die Dauer der Reaktion sowie die mittlern Schwankungen derselben zu vergrößern. Am wichtigsten aber war zweifellos die Erkenntnis, welche die neuern Untersuchungen von Ludwig Lange gebracht haben, dass sich die Reaktionszeit in einem auffallenden Abhängigkeitsverhältnis von der Richtung der Aufmerksamkeit und des Willens befindet. Wird die Aufmerksamkeit ungeteilt dem zu erwartenden Sinneseindrucke zugewandt, so gebraucht die nachfolgende sensorielle Reaktion etwa  $100\sigma$  mehr, als wenn wir muskulär reagieren, d. h. die Aufmerksamkeit auf die beabsichtigte Reaktionsbewegung richten und durch den Willen einem niedern die Bewegung auslösenden Zentralorgane eine gewisse Spannung übertragen<sup>1)</sup>.

Im Verhältnis zu diesem bedeutenden Einflusse, welchen die Richtung der Aufmerksamkeit ausübt, erscheint der des Spannungsgrades nur von untergeordneter Bedeutung. J. M. Cattell hat auch diese Frage in seinen psychometrischen Untersuchungen behandelt, indem er die Reaktionszeit bei gespannter, normaler und abgelenkter Aufmerksamkeit bestimmte. Letzteres suchte er zunächst durch Einführung eines störenden Schalles zu erreichen, fand aber bei Lichtreaktionen nur eine geringfügige Verlängerung von 2—10  $\sigma$ , bei Schallreaktionen wurde überhaupt keine Veränderung wahrgenommen. Dagegen ergab sich eine erheblich größere Verlängerung dadurch, dass der Reagierende sich nebenbei damit beschäftigte, fortgesetzt 17 zu addieren. Die folgende Tabelle<sup>2)</sup> enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse, wobei die bei normaler Aufmerksamkeit gefundenen Zahlen gleich 0 gesetzt sind.

Aufmerksamkeit . . . . .	Berger:		Cattell:	
	gespannt	abgelenkt	gespannt	abgelenkt
Elektrisches Licht . . . . .	— 12	+ 44	+ 26	+ 21
Induktionsschlag . . . . .	— 5	+ 25	— 3	+ 34
Tageslicht . . . . .	— 13	+ 35	0	+ 13
Schall . . . . .	— 23	+ 31	— 10	+ 20

1) Eine genauere Auseinandersetzung über diesen Punkt findet sich im ersten Teile dieser Abhandlung; Biolog. Centralblatt, VIII. Bd., S. 683 u. fg.

2) Philos. Studien, III. Bd., S. 334.

Eine besonders hohe Anspannung der Aufmerksamkeit scheint demnach nicht von bedeutendem Einflusse auf die Schnelligkeit der Reaktion zu sein. War dagegen das Bewusstsein durch anderweitige Beschäftigung in Anspruch genommen, so gelang es nicht, „die niedern Centra so gut in Bereitschaft zu setzen“, und es entstand eine Verzögerung von 20—30  $\sigma$ . Noch auffallender war der Einfluss des Zwischenraumes von Signal und Reiz auf die Länge und Beständigkeit der Reaktionsdauer. Wenn Cattell, anstatt in gewohnter Weise  $\frac{3}{4}$ — $\frac{5}{4}$ “ nach dem Signal den Reiz folgen zu lassen, die Zwischenzeit beliebig zwischen 1 und 15“ wechseln ließ, so ergab sich als Folge einer dadurch hervorgerufenen Unsicherheit nicht nur eine erhebliche Verlängerung der Reaktionszeiten auf Licht wie auf Schallreize, sondern vor allem ein bedeutendes Anwachsen der mittlern Schwankungen. Diese Versuche und Zahlen haben indess unmittelbar nur für die extrem-muskuläre Reaktionsweise, deren sich Cattell bediente, Geltung.

Dem gegenüber beobachtete W. Wundt<sup>1)</sup> bei sensoriiellen Reaktionen eine auffallend größere Beeinträchtigung der Schnelligkeit, wenn die Aufmerksamkeit von dem erwarteten Sinnesreize abgelenkt wurde. Namentlich fand er eine bemerkenswerte Verzögerung der Reaktion bei völlig unerwarteten Eindrücken. Die Reaktionszeit konnte so bei stärkern Schalleindrücken bis zu  $\frac{1}{4}$ , bei schwachen oft bis zu  $\frac{1}{2}$  Sekunde verlängert werden. Die Bedingungen der Beobachtung machen es wahrscheinlich, dass diese Verlängerung der sensoriiellen Vorgänge nur die Apperzeptionsdauer betrifft, während für eine Hemmung der Willenserregung kein Anlass vorliegt.

Einen ähnlichen Gegenstand behandelt eine neuere Arbeit von H. Leitzmann<sup>2)</sup>, welche von gewissen Störungsercheinungen bei der elektrischen Registrierung von Sterndurchgängen ausgeht. Die Abhandlung hat dadurch ein eigenartiges Interesse, weil die Untersuchung nicht mit bewusster Rücksichtnahme auf derartige Störungsercheinungen angestellt wurde, sondern die letztern sich erst nach Abschluss der astronomischen Beobachtungen durch die Regelmäßigkeit ihres Auftretens bemerklich machten. Die Beobachtungen wurden in der Weise ausgeführt, dass das Zusammenfallen von Stern und Faden in dem Rep'sold'schen Meridianinstrument der Straßburger Sternwarte vermittels eines Taster Schlüssels auf elektrischem Wege registriert wurden. Es stellte sich dabei heraus, dass diese Registrierungen fast regelmäßig das Intervall einer Sekunde an einem bestimmten Punkte teilten. Abgesehen von unberechenbaren Einflüssen, die bei dieser Ablenkung in betracht kommen könnten, wird namentlich zur Erklärung dieser Thatsache der Umstand hervorge-

1) *Physiol. Psychologie*, 3. Aufl., II. Bd., S. 290 u. fg.

2) H. Leitzmann, Ueber Störungsercheinungen bei astronomischer Registrierung. *Philos. Studien*, V. Bd., S. 56 u. fg.

hoben, dass der Registrierapparat in dem Beobachtungsraume jede Sekunde ein deutlich hörbares Signal gibt. In diesen regelmäßigen akustischen Reizen glaubt der Verf. die Quelle der besprochenen Erscheinung zu finden. Es würde dies namentlich die von Wundt angeführte Beobachtung der sogenannten *Komplikationen*<sup>1)</sup> bestätigen, dass nämlich eine Vorstellung dann eine Zeitverschiebung erleidet, wenn zu einem Eindrucke ein disparater Reiz hinzutritt. Im vorliegenden Falle handelt es sich um Veränderungen der Apperzeptionsdauer je nach der zeitlichen Beziehung, in welche ein Hauptreiz des Gesichtssinnes und ein akustischer Nebenreiz zu einander treten. Nach Leitzmann ist auch dem heutigen astronomischen Beobachter die ältere sogenannte Auge-Ohrmethode der Durchgangsbeobachtungen noch geläufig, nach welcher ein Sterndurchgang durch Abschätzung in Bruchteilen einer Sekunde nach dem Schlage der Sekundenuhr bestimmt wird. Der Verfasser glaubt daher, dass infolge dieser Gewohnheit, auf den Sekundenschlag zu achten, eine Ablenkung der auf die Durchgangszeit des Sternes gerichteten Aufmerksamkeit stattgefunden habe. Namentlich spricht für diese Auffassung die Thatsache der Selbstbeobachtung, dass, wie der Verf. schreibt, „beim Beobachten die störenden Sekundengeräusche schwache Innervationen in Zunge und Gaumen in Gang setzen, welche denen ähnlich sind, die wir beim Zählen der Sekunde nach der Auge-Ohrmethode beobachtend wohl absichtlich ausführen, da sie uns den Takt der Zeit versinnlichen, dessen wir dort zur Fixierung des Sternortes in den Momenten der Sekunden so nötig bedürfen“<sup>2)</sup>. Es würde demnach auch hier der Fall eintreten, den Nikolai Lange in einer schon früher erwähnten Untersuchung über die Schwankungen der sinnlichen Aufmerksamkeit behandelt. Obwohl die Dauer der optischen Schwankungen an sich kürzer ist als die der akustischen, so sind bei disparaten Sinnesreizen doch beide Arten von Schwankungen, nachdem sie ihre Periode gewechselt haben, immer durch eine ganz bestimmte Zeitdauer von einander getrennt<sup>3)</sup>. Grundbedingung für eine derartige Verschmelzung ist es aber jedenfalls, dass der Nebenreiz geeignet ist, die Aufmerksamkeit des Beobachters auf sich zu lenken, sei es infolge einer Gewohnheit, wie im vorliegenden Falle, oder aus ähnlichen Gründen. Unter dieser Voraussetzung brauchen die störenden Gebräuche keineswegs von bedeutender Stärke zu sein, um eine Zeitverschiebung zu bewirken, sondern können, wie N. Lange dargelegt hat, bis zur Reizschwelle abgestuft werden. Dagegen ist es sehr wohl denkbar, ja sogar wahrscheinlich, dass bei solchen Beobachtern, denen die

---

1) *Physiol. Psychologie*, 3. Aufl., II. Bd., S. 334 u. fg.

2) *A. a. O.* S. 82.

3) Nikolai Lange, *Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der aktiven Apperzeption*. *Philos. Studien*, IV. Bd., S. 400; vergl. auch Wundt, *Physiol. Psychologie*, 3. Aufl., II. Bd., S. 253 u. fg.

Auge-Ohrmethode unbekannt ist, und welche auch nicht aus irgend einem andern Grunde an dem Sekundenschlage ein besonderes Interesse nehmen, die von Leitzmann beobachtete periodische Ablenkung ausbleiben möchte.

Ebensowenig wie ein hoher Spannungsgrad der Aufmerksamkeit scheint auch die Ermüdung einen großen Einfluss auf die Dauer muskulärer Reaktionen zu haben. Cattell fand in ausgedehnten Versuchsreihen (1950 Versuche), welche von frühem Morgen (7<sup>h</sup> 30') bis zum späten Abend (bei B. bis 11<sup>h</sup>, bei C. sogar bis 1<sup>h</sup> 30' Nachts) mit ganz kurzen Pausen fortgesetzt wurden, nur eine geringfügige Verlängerung der Reaktionsdauer um ein paar Hundertteile einer Sekunde; auch die mittleren Schwankungen waren nur unbedeutend größer geworden. Dem scheint aber die auffallende Verlängerung, welche nach von Vintschgau bei Kältereizen verhältnismäßig schnell eintritt, zu widersprechen. Wie bereits oben mitgeteilt, wuchsen die Reaktionszeiten in dem kurzen Zeitraume von 15—19' fast auf das dreifache der anfänglichen Größe an <sup>1)</sup>. Indessen liegt auf keinem andern Sinnesgebiete eine ähnliche Erfahrung vor, und wir sind daher wohl berechtigt, in diesem Falle eine eigenartige Abstumpfung der Endapparate in ihrer Empfindlichkeit gegen diese Art der Reizung anzunehmen. Eine Ermüdung der Zentralorgane und eine Verlangsamung der psychophysischen Vorgänge ist in letzterem Falle sicherlich ausgeschlossen.

Wenn dagegen die Ermüdung sich bis zu dem Allgemeingefühl der körperlichen Mattigkeit steigert, oder auch, wenn das Allgemeinbefinden z. B. durch Kopfschmerz gestört ist, so wird auch die Reaktionsfähigkeit in Mitleidenschaft gezogen. In solchen Fällen beobachteten von Vintschgau und Steinaeh eine Verzögerung der Reaktionszeit, welche auf der Stirnmitte bis 32, auf der rechten Wange bis zu 35  $\sigma$  anwachsen konnte. Diese Erfahrungen stützen sich auf zahlreiche und zeitlich mehrere Tage bis zu einem Monat von einander getrennte Versuche.

Schließlich bleibt noch ein Gesichtspunkt von allgemeinem Interesse übrig, von welchem aus wir die Veränderlichkeit der einfachen Reaktionszeit betrachten können, nämlich die Frage, welchen Einfluss wir der Uebung zuschreiben müssen. Diese Frage ist nicht für alle Fälle in gleichem Sinne zu beantworten. Wie bei dem Einflusse der Aufmerksamkeit weniger der Spannungsgrad als die Richtung derselben in betracht kam, so ist es auch hier von wesentlicher Bedeutung, auf welches Ziel die Uebung gerichtet ist. Es ist unzweifelhaft, dass man es durch Uebung dahin bringen kann, die Zeit der Reaktion immer weiter bis zu einer gewissen Grenze zu verkürzen. Es handelt sich hierbei um den schon früher besprochenen Uebergang von sensoriiellen Reaktionen, welche erst nach voll-

1) Pflüger's Archiv, 1888, 43. Bd., S. 161.

zogener Apperzeption des Sinnesindrucks und mit bewusster Willenserregung stattfindet, in muskuläre, d. h. reflexartige Reaktionen. Diese Veränderung tritt nicht nur dann ein, wenn man absichtlich das geringste Zeitmaß der Reaktion zu erreichen sucht, sondern man muss zugeben, dass auch unwillkürlich die Reaktionszeit sich mit der häufigen Versuchswiederholung ganz von selbst verkürzt. Das von dem Licht- oder Schallreize zugleich mit der Vorstellung hervorgerufene sinnliche Gefühl, welches für das Zustandekommen der aktiven Apperzeption wie der Willenserregung von Bedeutung ist<sup>1)</sup>, verliert infolge der häufigen Wiederholung des Eindrucks seine ursprüngliche Lebhaftigkeit und Frische, so dass sich schließlich dem bloß perzipierten Sinnesreize unmittelbar die Reaktionsbewegung assoziativ anschließt. Von diesem Standpunkte aus behandelt u. a. auch J. M. Cattell<sup>2)</sup> den Einfluss der Uebung. Nur bei ungetübten Personen glaubt er einen Apperzeptions- und Willensprozess vor der Reaktionsbewegung annehmen zu müssen. Dagegen „wird die Reaktion oft gemacht,“ so wird der ganze Gehirnprozess automatisch, der Reiz schlägt von selbst den vorbereiteten Weg nach dem motorischen Zentrum ein und löst den Bewegungsimpuls aus.“ Durch den Vergleich mit den Bewegungen einer der Großhirnrinde beraubten Taube kennzeichnet er die durch Uebung erreichbare Grenze der Verkürzung als eine bloße Reflexzeit. Wenn nun hierbei trotz der unvergleichlich häufigern Benutzung der rechten Hand sowohl im allgemeinen wie auch insbesondere zur Ausführung von Reaktionsbewegungen, sich doch weder aus seinen noch aus frühern Untersuchungen ein nennenswerter Zeitunterschied beim Gebrauche der ungetübten linken ergab, so ist dies nur ein augenfälliger Hinweis auf den zentralen Charakter dieser durch Uebung erlangten Verkürzung.

Indessen ist es auch möglich dieser sich unwillkürlich einstellenden Verknüpfung von Sinnesreiz und Reaktionsbewegung zu widerstreben. Es kann für das abgestumpfte ursprüngliche sinnliche Gefühl ein anderes, in wissenschaftlichen Interessen begründetes an die Stelle treten und den Assoziationsmechanismus unterdrücken. Durch eine Uebung in dieser Richtung lässt es sich erreichen, den Ausfall der bewussten psychischen Thätigkeiten zu verhindern und ihrem Ablauf eine den physiologischen Vorgängen nahe kommende Gleichmäßigkeit zu verleihen. Der Erfolg dieser Uebung gibt sich vor allem in der Verminderung der bei sensorischen Reaktionen von vornherein sehr hohen mittleren Schwankungen zu erkennen. Auch bei Personen von großer Versuchserfahrung ist nach einer Unterbrechung oder bei Abänderung der Versuchsbedingungen fast regelmäßig eine kurze Eintübung erforderlich, um die in den ersten

1) Vergl. O. Külpe, Die Lehre vom Willen in der neuern Psychologie. Philos. Studien, V. Bd., 1889, S. 435.

2) A. a. O. Philos. Studien, III. Bd., S. 321 u. fg.

Reaktionsversuchen sich kundgebenden unverhältnismäßig hohen Schwankungen zu vermeiden.

Es ist bereits früher hervorgehoben, dass zur Ausführung gleichmäßiger sensorischer Reaktionen nicht nur überhaupt ein höherer Grad von Uebung erforderlich ist, sondern dass die mittleren Schwankungen, welche als ein Ausdruck der erlangten Sicherheit gelten können, hier immer größer bleiben als bei muskulären. Der Grund dafür liegt auf der Hand. Wird eine Bewegung häufig ausgeführt, so erfolgt sie schließlich ganz von selbst reflexartig unter Ausschaltung oder Abkürzung der sensorischen Bahnen. Dieser physiologische Mechanismus erleichtert allmählich die Ausführung muskulärer Reaktionen, aber für sensorielle ist er gradezu hinderlich, und zwar umsomehr, je öfter die Reaktionsversuche sich wiederholen. Es bedarf hier einer steten Willensspannung, welche sowohl auf die Apperzeption wie auf den nachfolgenden Bewegungsimpuls gerichtet sein muss, und um diese zu kontrollieren, einer steten auf die psychischen Vorgänge gerichteten Selbstbeobachtung.

Eine einseitige Auffassung würde es aber sein, wenn wir infolge dieser Schwierigkeit, „weil wir in solcher Selbstbeobachtung im allgemeinen gar nicht geübt sind“, und aus Furcht, „dass solche Versuche mit präzisem Resultat gar nicht ausgeführt werden können“<sup>1)</sup>, ganz darauf verzichten und ausschließlich die Ermittlung der größten Reaktionsgeschwindigkeit als „wohldefinierte Aufgabe“<sup>2)</sup> betrachten wollten. Dass sich auch auf sensoriellem Wege scharf begrenzte und wissenschaftlich brauchbare Ergebnisse erreichen lassen, hat die Erfahrung bereits bewiesen, und weitere in Aussicht stehende Veröffentlichungen werden zahlenmäßig den Wert dieser Untersuchungsweise bestätigen. In ihr haben wir vor allem das Mittel, durch welches die Reaktionsversuche eine ganz besondere psychologische Bedeutung erlangen können: die Uebung in der Selbstbeobachtung, welche von Kries im allgemeinen vermisst, ist nichts unerreichtbares, sondern findet grade in dieser fortgesetzten Analyse einfacher psychischer Zustände ihre sicherste Grundlage.

Durch welche besonderen Versuchsanordnungen, die Uebung, gleichmäßig sensorisch zu reagieren, wirksam unterstützt werden kann, soll in einer weitern Besprechung der sogenannten zusammengesetzten Reaktionszeit demnächst behandelt werden.

1) Vergl. J. von Kries, Ueber Unterscheidungszeiten. Vierteljahrsschrift für wissenschaftliche Philosophie, XI. Jahrgang, S. 10.

2) Ebendasselbst S. 15.

---

Mit einer Beilage der Verlagsbuchhandlung von **Georg Thieme** in Leipzig.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1889-1890

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Fricke K.

Artikel/Article: [Ueber psychische Zeitmessung. 234-256](#)