

(Aus dem psychologischen Institut zu Göttingen.)

# Über die Schätzung kleiner Zeitgrößen.

Von

F. SCHUMANN.

Mit 4 Figuren im Text.

I.

## Über die psychologischen Grundlagen der Vergleichung kleiner Zeitgrößen.

§ 1.

Obwohl eine grössere Anzahl von experimentellen Untersuchungen über die Unterschiedsempfindlichkeit für kleine, von einfachen Schalleindrücken begrenzte Zeitgrößen ausgeführt sind, ermangeln wir doch noch vollständig einer begründeten Theorie über die psychologischen Grundlagen der Vergleichung solcher kleiner Zeiten. Werden Ton-, Licht-, Temperatur- oder Druckempfindungen miteinander verglichen, so kennen wir wenigstens die zu vergleichenden psychischen Inhalte, und die Funktion des Vergleichens ist die alleinige Unbekannte. Vergleichen wir dagegen Raumstrecken oder Zeitintervalle, so können wir auf Grund der inneren Wahrnehmung nicht einmal die psychischen Inhalte näher bezeichnen, auf die wir uns bei der Vergleichung solcher Größen stützen. Läßt sich daher schon bei den zuerst genannten Empfindungen infolge unserer Unbekanntschaft mit der Funktion des Vergleichens nicht mit Sicherheit angeben, welches Verfahren das zweckmäsigste ist zur Untersuchung des Ganges der Unterschiedsempfindlichkeit, so muß dies um so mehr der Fall sein bei den Größen der zweiten Art. Es ist daher klar, daß alle Untersuchungen über die Unterschiedsempfindlichkeit im Gebiete des Zeitsinnes einen

sehr hypothetischen Wert haben, so lange nicht die psychischen Inhalte näher bestimmt sind, welche bei der Vergleichung kleiner Zeiten als Grundlage dienen. Ich werde mich daher bemühen, im Folgenden zunächst dieser Aufgabe soweit wie möglich gerecht zu werden.

Einigen Aufschluß über die betreffenden psychischen Inhalte habe ich zuerst erhalten bei dem Versuche, die verschiedenen Schlagfolgen eines Metronoms dem subjektiven Eindrücke nach in die Kategorien: „sehr langsam“, „langsam“, „adäquat“, „schnell“, „sehr schnell“ einzuordnen. Es ergibt hierbei die Selbstbeobachtung, daß diejenige Schlagfolge des Metronoms für adäquat gehalten wird, bei welcher die Aufmerksamkeit sich nach jedem Eindrücke gerade bequem wieder auf den folgenden vorbereiten kann, und bei welcher man dementsprechend auch jeden Eindruck gerade in dem Augenblick erwartet, in welchem er eintritt. Bei langsameren Schlagfolgen zeigt sich dagegen, daß die Aufmerksamkeit schon immer einige Zeit vor Eintritt jedes Eindrucks auf denselben vorbereitet ist. Es ist dann vor jedem Eindruck ein Nebeneindruck der Spannung der Erwartung merkbar, doch vermag ich auf Grund der inneren Wahrnehmung nicht zu entscheiden, ob es sich dabei um Spannungsempfindungen, hervorgerufen durch Muskelkontraktionen, oder um ein innerlich erzeugtes Spannungsgefühl handelt. Durch die Intensität dieses Nebeneindrucks sind dann die Urteile: „sehr langsam“ und „langsam“ bedingt. Nimmt man andererseits raschere Schlagfolgen, so treten anfangs die einzelnen Eindrücke ein, bevor sich die Aufmerksamkeit auf sie vorbereitet hat; es macht sich dann ein Nebeneindruck der Überraschung geltend, der die Urteile: „schnell“ und „sehr schnell“ veranlaßt. Diesen Eindrücken hat VIERORDT (*Der Zeitsinn*, Tübingen 1868, S. 51 f.) dadurch Ausdruck zu geben versucht, daß er sagt: „Bei kurzen Takten hüpfst sozusagen die Empfindung vom Beginn des ersten Taktes auf die beiden anderen Zeitpunkte; wogegen bei längeren Zeiten für unser subjektives Gefühl die Zeit, in unserer Vorstellung, immer mehr anzuschwellen scheint.“

Diese Nebeneindrücke sind jedoch nur bei den ersten Schlägen einer neuen Schlagfolge subjektiv deutlich. Nach kurzer Zeit paßt sich innerhalb gewisser Grenzen die Aufmerksamkeit dem neuen Intervall an, die Spannung der Er-

wartung, bezw. der Nebeneindruck der Überraschung nimmt immer mehr ab, und jeder Schall wird schliesslich wieder gerade in dem Augenblicke erwartet, in welchem er eintritt. Dementsprechend geben auch die Versuchspersonen an, daß ihnen die Zeiten anfangs gröfser bezw. kleiner vorgekommen seien als später. Bei einer schnellen Schlagfolge ist aber eine gröfsere Konzentration der Aufmerksamkeit erforderlich, damit dieselbe jedem Eindruck schon entgegenkommen kann. Achtet man dann länger auf eine derartige schnelle Schlagfolge, so macht sich leicht eine Ermüdung der Aufmerksamkeit bemerklich, welche bewirkt, daß die einzelnen Schläge nicht mehr klar aufgefaßt werden. Bei den langsamen Schlagfolgen macht sich dagegen eine Erschlaffung der Aufmerksamkeit bemerklich und man fühlt sich leicht gelangweilt.

Daß die Nebeneindrücke der Spannung der Erwartung und der Überraschung wirklich diejenigen psychischen Inhalte sind, auf die wir uns beim Vergleichen kleiner Zeitgrößen stützen, wird noch wahrscheinlicher durch Kontrasterscheinungen, welche sich nach einer längere Zeit fortgesetzten Einübung auf irgend ein Intervall zeigen. Hat man z. B. bei Versuchen über die Unterschiedsempfindlichkeit nach der Methode der mittleren Fehler längere Zeit mit einer Hauptzeit von 0,7 Sek. operiert und geht dann plötzlich zu einer Hauptzeit von 0,8 Sek. über, so schwillt die Erwartungsspannung vor Eintritt des das neue Intervall abschließenden Schalls besonders stark und rasch an, und das Intervall erscheint auffallend lang. Ebenso ist auch, wenn man nach der Einübung auf die Hauptzeit von 0,7 Sek. zu einer kleineren Hauptzeit übergeht, der Nebeneindruck der Überraschung anfangs sehr stark und das neue Intervall erscheint auffallend kurz. Bei öfterer Wiederholung des neuen Intervalls nehmen dann die Nebeneindrücke bald ab, und das Intervall scheint kleiner bezw. gröfser zu werden. So kann ein und dasselbe Intervall, z. B. 0,6 Sek., bald verhältnismäfsig kurz, bald verhältnismäfsig lang erscheinen, je nachdem eine Einübung auf eine längere oder auf eine kürzere Zeit vorangegangen ist.

Die Aufmerksamkeit stellt sich aber nicht nur auf eine Reihe gleicher aufeinanderfolgender Intervalle ein, sie kann sich vielmehr auch zwei verschiedenen, unmittelbar aufeinanderfolgenden Intervallen anpassen. Vergleicht man nämlich öfter

hintereinander dieselben zwei unmittelbar aufeinander folgenden Zeitintervalle, von denen das zweite etwas länger oder kürzer als das erste ist, so scheint, wie schon MACH (Untersuchungen über den Zeitsinn des Ohres, *Ber. d. Wiener Akad., Math.-nat. Klasse, Abt. 2, 1865, S. 143*) gefunden hat und wie ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann, der Unterschied der beiden Intervalle, auch wenn man ihn bei den ersten Versuchen deutlich wahrgenommen hat, allmählich kleiner zu werden und selbst (bei nicht zu großen Differenzen) ganz zu verschwinden. Zugleich ergibt die innere Wahrnehmung, daß sich anfangs vor dem dritten Signal der Nebeneindruck der Erwartungsspannung oder, wenn das zweite Intervall kleiner ist, der Nebeneindruck der Überraschung geltend macht, und daß diese Nebeneindrücke allmählich schwinden.

Während die Aufmerksamkeit dem subjektiven Eindrucke nach im allgemeinen nach jedem Signale nachläßt, um nach bestimmter Zeit von neuem wieder anzuwachsen, geschieht dies bei Intervallen, die kleiner als 0,3 Sek. sind, nicht mehr. Macht man Versuche über die Unterschiedsempfindlichkeit mit diesen kleinsten Intervallen, so bleibt bei jedem Versuche die Erwartung gespannt, bis alle drei Signale erfolgt sind. Die durch Einübung entstandenen Kontrasterscheinungen sind jedoch unverändert, und die Nebeneindrücke der Spannung der Erwartung<sup>1</sup> bzw. der Überraschung scheinen mir auch noch die Ursache derselben zu sein. Ebenso ist auch noch die Anpassung an zwei verschiedene, unmittelbar aufeinander folgende Intervalle vorhanden, nur scheint mir die Anpassung schwieriger zu erfolgen, wenn das zweite Intervall kleiner als wenn es größer ist. Bei diesen kleinen Intervallen tritt aber noch eine andere Erscheinung ein. Hat man sich nämlich z. B. auf eine Normalzeit von etwa 0,3 Sek. eingeübt und geht dann zu Versuchen mit einer kleineren Normalzeit von 0,2 Sec. über, so

---

<sup>1</sup> Da einerseits die Erwartung während des ganzen Versuchs gespannt ist und andererseits im Falle des Kontrastes vor dem das Intervall abschließenden Signale eine besondere Erwartungsspannung eintritt, so ist die zweite Spannung entweder nur ein Zuwachs der ersten, oder es handelt sich in dem einen Falle um eine Spannungsempfindung, ausgelöst durch Muskelkontraktionen, und in dem anderen Falle um ein innerlich erzeugtes Spannungsgefühl. Eine Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten vermag ich nicht zu treffen.

scheinen die Signale anfangs unklarer oder, wenn ich so sagen soll, verwaschener zu sein als später; auch hat man den Eindruck, als ob die Empfindungen zeitlich zusammenhängen bzw. ineinander fließen, während sie nach wenigen Versuchen scharf getrennt erscheinen. Dieselben Erscheinungen treten ein, wenn die Versuchsperson auf das neue Intervall zwar schon eingewöhnt ist, aber die Signale zu einer Zeit erfolgen, wo ihre Aufmerksamkeit noch nicht vorbereitet ist.

Auf der Einstellung der sinnlichen Aufmerksamkeit beruht nun unsere so feine Unterschiedsempfindlichkeit für kleine Zeitgrößen. Vergleicht man, wie es bei der Methode der richtigen und falschen Fälle und bei derjenigen der Minimaländerungen geschieht, öfter hintereinander eine konstante Normalzeit mit einer variablen, unmittelbar darauf folgenden Vergleichszeit, so stützt sich das Urteil bei den ersten Versuchen auf die Intensität jener Nebeneindrücke der Erwartung und der Überraschung. Allmählich stellt sich dagegen die sinnliche Aufmerksamkeit auf die Normalzeit ein, so daß das zweite Signal gerade in dem Augenblick, wo es ertönt, und das dritte Signal nach einem weiteren der Normalzeit gleichen Intervall erwartet wird. Tritt das dritte Signal früher ein und haben wir den Nebeneindruck der Überraschung, so halten wir die Vergleichszeit für kleiner; macht sich dagegen vor dem dritten Signal eine Spannung der Erwartung bemerkbar, so halten wir das Intervall für größer. Nimmt man dann nach einer Reihe von Versuchen die Normalzeit an zweiter Stelle, so müssen sich nun die Nebeneindrücke der gespannten Erwartung bzw. der Überraschung schon beim zweiten Signale bemerkbar machen. Allerdings kann man bei Differenzen, die eben die Unterschiedsschwelle überschreiten, durch die innere Wahrnehmung jene Nebeneinflüsse nicht mit Sicherheit feststellen, doch werden sie schon bei Differenzen, die etwa das Doppelte der Schwelle betragen, häufig so deutlich, daß man dieselben wohl auch bei den kleinsten, noch eben merkbaren Differenzen als wirksam annehmen darf. Vorausgesetzt ist bisher, daß die Normalzeit bei einer größeren Anzahl hintereinander angestellter Versuche an erster Stelle genommen wird. Geschieht dies nicht und wird etwa fortwährend zwischen „Normalzeit zuerst“ und „Normalzeit zuzweit“ gewechselt, so kann sich die Einstellung nicht so gut ausbilden, und die Nebeneindrücke treten erst bei größeren Differenzen auf.

Wenn die zu vergleichenden Intervalle nicht unmittelbar aufeinander folgen, sondern durch eine Pause getrennt sind, so ist der Vorgang ganz analog. Wird die Normalzeit wieder öfters an erster Stelle genommen, so stellt sich die Versuchsperson auf dieselbe ein. Bei der Vergleichszeit tritt daher ebenfalls die Erwartung des zweiten Schalls eine bestimmte, der Normalzeit gleiche Zeit nach dem ersten Signale ein, und die Vergleichszeit wird wieder für gröfser oder kleiner gehalten, je nachdem sich dem zweiten Signal ein Nebeneindruck der Erwartungsspannung oder ein solcher der Überraschung zugesellt.

Beobachtet man die Versuchspersonen, wenn sie auf die Schlagfolge eines Metronoms achten oder Zeitintervalle miteinander vergleichen, so bemerkt man häufig, dafs dieselben die einzelnen Schläge mit kleinen Bewegungen des Kopfes, der Hände oder der Füfse begleiten. Es ist dies nach dem Vorigen leicht verständlich, da ja mit der Erwartung die verschiedensten Innervationen einhergehen. Aus demselben Grunde ist es auch verständlich, dafs wir, wie F. MARTIUS (Weitere Untersuchungen zur Lehre von der Herzbewegung. *Zeitschrift f. klin. Medizin*, Bd. 15, S. 536 ff.) nachgewiesen hat, im allgemeinen die Fähigkeit besitzen, fast gleichzeitig mit Schalleindrücken, welche sich in kleinen, konstanten Intervallen wiederholen, Registrierbewegungen auszuführen. Wird mir die Aufgabe gestellt, Registrierbewegungen gleichzeitig mit rhythmisch sich wiederholenden Schalleindrücken auszuführen, so achte ich erst einige Zeit auf die Schalleindrücke, bis sich die Aufmerksamkeit angepasst hat, und beginne dann mit den Registrierbewegungen, die sich nun, wenn ich mich auf meine innere Wahrnehmung verlassen kann, ohne weiteres Zuthun meinerseits von selbst immer zur richtigen Zeit einfinden. Ein Spezialfall hiervon ist ferner die Aufgabe, welche bei der im Gebiete des Zeitsinns üblichen Modifikation der Methode der mittleren Fehler der Versuchsperson gewöhnlich gestellt wird: ein einem gegebenen Intervall unmittelbar folgendes und ihm möglichst gleiches zweites Intervall durch Ausführung einer kleinen Taktbewegung zu begrenzen. Denn das psychische Verhalten hierbei ist dasselbe wie in dem Falle, wo drei Signale in gleichen Intervallen objektiv gegeben werden und die Aufgabe gestellt wird, möglichst gleichzeitig mit dem dritten Schalle eine Registrier-

bewegung auszuführen. Ist das gegebene Intervall (die Hauptzeit) „adäquat“, so wird das zweite Signal in dem Augenblick eintreten, in welchem ihm die Erwartung entgegenkommt; man kann demgemäß die Registrierbewegung gleichzeitig mit der nach dem zweiten Signal wieder eintretenden Erwartung ausführen. Gehört dagegen die Schlagfolge in die Kategorie „langsam“ bezw. „sehr langsam“, so wird das zweite Signal erst eintreten, wenn die Erwartungsspannung eine gewisse Intensität erreicht hat; mit der Registrierbewegung wartet man daher jetzt, bis die Erwartungsspannung nach dem zweiten Signal wieder scheinbar dieselbe Intensität erreicht hat. Anfangs wird dann natürlich die reproduzierte Zeit (Fehlzeit) sehr ungenau sein, bis sich bei öfterer Wiederholung die Aufmerksamkeit dem Intervall angepaßt hat und man nun gleichzeitig mit der eintretenden Erwartung reagieren kann. Bei sehr kleinen Hauptzeiten endlich wird man anfangs vom zweiten Signal überrascht werden, so daß die Taktierbewegung entweder ganz ausbleibt oder erst durch eine nach dem zweiten Signal wieder auftretende Erinnerung an die gestellte Aufgabe ausgelöst wird. Auch hier ermöglicht natürlich erst bei öfterer Wiederholung die Anpassung der Aufmerksamkeit eine genauere Reproduktion der Hauptzeit.

Die bisherigen Auseinandersetzungen gelten übrigens nur für Intervalle, welche 2 Sek. nicht wesentlich überschreiten. Mit der Zunahme der Intervalle tritt die Einstellung der Aufmerksamkeit immer schwerer ein und die Vergleichung der Intervalle wird entsprechend unsicherer. Bei größeren Zeiten wird man sich daher nach anderen Hilfsmitteln für die Schätzung umsehen müssen. Nun hat schon E. LEUMANN (*Phil. Stud.*, V., S. 618 ff.) darauf hingewiesen und MÜNSTERBERG hat es bestätigt, daß die periodische Thätigkeit des Atmens sehr gut als Maßstab für die Schätzung größerer Intervalle dienen kann, und in der That ist auch nach meinen Erfahrungen ein Einfluß derselben nicht zu verkennen. Ferner teilte mir Herr Professor KRAEPELIN, der ausgedehnte Versuchsreihen über die Schätzung größerer Intervalle angestellt hat, gelegentlich einer Besprechung mit, daß seine Versuchspersonen noch verschiedene andere Hilfsmittel, z. B. die Gesichtsvorstellung eines über ein Zifferblatt wandernden Zeigers benutzt hätten. Es dürften deshalb die mit verschiedenen Versuchspersonen angestellten

Untersuchungen über den Gang der Unterschiedsempfindlichkeit wohl kaum vergleichbar sein und außerdem auch wenig Wert besitzen. Meines Erachtens können nur solche Untersuchungen Interesse beanspruchen, welche die beim Schätzen dieser größeren Zeiten wirksamen Faktoren nachzuweisen suchen.

Ich möchte noch erstens hervorheben, daß die beschriebenen Erscheinungen nicht nur von mir allein konstatiert sind, sondern daß die verschiedensten Versuchspersonen dieselben bestätigt haben, und zweitens, daß die Nebeneindrücke der Spannung der Erwartung und der Überraschung nur bei größerer Übung die alleinige Grundlage für die Schätzung der kleineren Intervalle bilden. Bei ungeübten Versuchspersonen dürften wohl noch verschiedene andere Faktoren wirksam sein. Viele begleiten z. B. die Schläge eines Metronoms mit Bewegungen des Zeigefingers, indem sie, die Hand ruhig auf dem Tische liegen lassend, mit jedem Schlage ruckweise eine Senkbewegung des Fingers ausführen und dann denselben langsam wieder bis zu einer bestimmten Höhe heben. Wenn diese nun die Bewegungen immer in möglichst gleicher Weise wiederholen, können sie das rechtzeitige Eintreffen eines Schlages nach dem Zusammentreffen mit den ruckweisen Fingerbewegungen beurteilen. Andere Versuchspersonen dürften natürlich andere derartige kleine Hilfsmittel herbeiziehen, so daß die Anstellung einiger oberflächlicher Versuche selbstverständlich keinen Wert haben kann.

## § 2.

Bei Gelegenheit von experimentellen Untersuchungen über das Gedächtnis nach der Methode von H. EBBINGHAUS, welche im hiesigen psychologischen Institute längere Zeit hindurch angestellt wurden, habe ich nebenher einige interessante Beobachtungen gemacht über Täuschungen in der Auffassung von Intervallen, welche ebenfalls auf die Bedeutung der Einstellung der Aufmerksamkeit für die Schätzung kleiner Zeiten hinweisen. Bei diesen Untersuchungen wurden sinnlose Silben, welche auswendig gelernt werden sollten, auf einen Papierbogen untereinander in gleichen Abständen geschrieben; dieses Papier wurde dann auf eine um eine horizontale Axe sich bewegende Kymographiontrommel geklebt und vor die Trommel wurde ein Schirm mit einem kleinen Ausschnitte gestellt. Sobald man nun das

Uhrwerk des Kymographions in Gang setzte, erschienen die Silben in bestimmten, konstanten Zwischenzeiten der Reihe nach einzeln in dem Ausschnitte des Schirmes und wurden von der vor dem Schirm sitzenden Versuchsperson so lange laut vorgelesen, bis dieselben frei hergesagt werden konnten. Die Geschwindigkeit der rotierenden Trommel wurde natürlich fortwährend kontrolliert und möglichst konstant erhalten. Bei diesen Versuchen zeigten sich nun folgende Erscheinungen:

1. Waren die Versuchspersonen geistig abgespannt, so hielten sie die normale, vom Experimentator während des Lernens kontrollierte Geschwindigkeit für wesentlich größer als sonst. Waren die Versuchspersonen dagegen geistig besonders frisch, so schien ihnen umgekehrt die Geschwindigkeit geringer als gewöhnlich zu sein.

2. Bei den meisten Versuchsreihen betrug die konstante Zwischenzeit zwischen dem Auftauchen zweier aufeinander folgender Silben 0,65 Sek. Auf diese Zwischenzeit waren die Versuchspersonen so eingeübt, daß sie verhältnismäßig geringe Änderungen derselben ( $\pm 0,02$  Sek.) häufig schon unangenehm stark empfanden.

3. Eine Versuchsperson gab an, daß ihr die Geschwindigkeit der Silben bei den ersten Wiederholungen zuweilen größer erschienen sei als bei den folgenden.

4. Bei mehreren Versuchsreihen war ich als Experimentator beteiligt und hatte als solcher die Geschwindigkeit der Trommel zu kontrollieren und darauf zu achten, daß die Versuchsperson beim Hersagen jede Silbe, ehe sie im Gesichtsfelde erschien, richtig aussprach. Ich hatte nun hierbei die normale Geschwindigkeit der Trommel so genau kennen gelernt, daß ich schon gewöhnlich beim Betrachten der Trommel nach dem subjektiven Eindrucke annähernd richtig entscheiden konnte, ob die Geschwindigkeit normal war oder nicht. War aber bei der Kontrolle vor Beginn der Versuche die Geschwindigkeit wesentlich zu groß gewesen und stellte ich dann durch Verminderung des treibenden Gewichtes die normale Geschwindigkeit wieder her, so hielt ich jetzt die Geschwindigkeit meistens für unternormal.

Die Erklärung dieser Erscheinungen ergibt sich leicht in folgender Weise. Taucht eine Silbe im Gesichtsfelde auf, so folgt die Versuchsperson derselben so lange mit der Aufmerksam-

keit, bis sie deutlich erkannt und ausgesprochen ist; dann wendet sich die Aufmerksamkeit der nächstfolgenden Silbe zu, folgt dieser wieder, bis sie erkannt und ausgesprochen ist u. s. w. Nun ist der Ausschnitt des Schirmes so groß gewählt, daß jede Silbe unmittelbar nach dem Verschwinden der vorangehenden im Gesichtsfelde erscheint. Bei gewissen mittleren Geschwindigkeiten, die auch im allgemeinen bei den Versuchen benutzt wurden, kann daher die Versuchsperson, indem sie jeder Silbe so lange die Aufmerksamkeit zuwendet, wie dieselbe im Gesichtsfelde sichtbar ist, gerade bequem alle Silben deutlich erkennen und aussprechen. Der Vorgang des Erkennens besteht natürlich einfach darin, daß sich das Gesichtsbild der Silbe vollständig entwickelt und daß dann dieses Gesichtsbild das entsprechende Lautbild reproduziert. Bei Steigerung der Geschwindigkeit wird aber die Versuchsperson ihre Aufmerksamkeit immer mehr konzentrieren müssen, um alle Silben deutlich erkennen und aussprechen zu können; und zwar bewirkt die größere Konzentration der Aufmerksamkeit erstens eine schnellere Entwicklung des Gesichtsbildes, zweitens eine schnellere Reproduktion des Lautbildes und eine schnellere und energischere Reproduktion des Bewegungsbildes und drittens ein schnelleres Aussprechen der Silbe. Ferner achtet die Versuchsperson bei größerer Geschwindigkeit nicht mehr auf die richtige Aussprache der Silbe; die Aufmerksamkeit wendet sich vielmehr schon, sobald das Klangbild reproduziert ist, der nächstfolgenden Silbe zu. Wird schließlich die Geschwindigkeit über eine gewisse Grenze hinaus gesteigert, so gelingt es natürlich überhaupt nicht mehr, alle Silben deutlich zu erkennen. Nimmt andererseits die Geschwindigkeit ab, so kann man mit der Konzentration der Aufmerksamkeit nachlassen und auf die Richtigkeit der Aussprache achten. Von einer gewissen Grenze an wird dann die Geschwindigkeit unangenehm langsam infolge der Spannung der Erwartung, welche sich vor dem Auftauchen jeder Silbe geltend macht.

Ist nun die Versuchsperson geistig abgespannt, so wird sie anfangs in der gewohnten Weise ohne besondere Anstrengung die einzelnen Silben zu erkennen suchen. Während aber gewöhnlich die Versuchsperson infolge der Einübung gerade so viel Zeit zum deutlichen Erkennen und Aussprechen der Silben braucht, wie erforderlich ist, damit die Aufmerksamkeit

sich immer der folgenden Silbe gerade im Moment ihres Auftauchens zuwenden kann, haftet jetzt infolge der geistigen Erschlaffung die Aufmerksamkeit länger als gewöhnlich an jeder Silbe, so daß die folgenden Silben immer schon im Gesichtsfelde auftauchen, während die Aufmerksamkeit der Versuchsperson noch den vorangegangenen zugewandt ist. Haftet dann die Aufmerksamkeit an der zweiten Silbe ebenso lange wie an der ersten, so wird die dritte Silbe in dem Momente, in welchem sich ihr die Aufmerksamkeit zuwendet, noch weiter im Gesichtsfelde vorgedrungen sein als die zweite Silbe in dem entsprechenden Momente u. s. w. Dieser Sachverhalt veranlaßt dann die Versuchsperson zu einer stärkeren Konzentration der Aufmerksamkeit, da sonst bald eine Silbe überhaupt nicht mehr vollständig erkannt werden würde. Die sonst nur bei einer übernormalen Geschwindigkeit vorkommende Thatsache, daß jede Silbe schon, bevor sie erwartet wird, im Gesichtsfelde auftaucht, bewirkt also in diesen Fällen die Täuschung des Urtheils. Ist andererseits die Versuchsperson geistig besonders frisch, so geht die Aufmerksamkeit unwillkürlich rascher als gewöhnlich von jeder Silbe zur nächstfolgenden über, so daß jede Silbe schon vor ihrem Erscheinen im Gesichtsfelde erwartet wird. Die so vor dem Eintritt jeder Silbe hervorgerufene Spannung der Erwartung bewirkt dann, daß die Geschwindigkeit unternormal erscheint.

Die Täuschung, daß bei geistiger Abspannung der Versuchsperson die Geschwindigkeit übernormal erschien, trat häufig auch bei den späteren Wiederholungen auf, wenn versucht wurde, die Reihen frei herzusagen. Da nämlich jede Silbe, wenn sie als richtig hergesagt gelten sollte, von der Versuchsperson schon ausgesprochen sein mußte, bevor sie im Gesichtsfelde erschien, so mußte bei größerer Geschwindigkeit durch die größere Konzentration der Aufmerksamkeit auch eine schnellere Reproduktion der Silben bewirkt werden. Um Zeit zu gewinnen, suchten nun die Versuchspersonen, da zwischen der letzten und ersten Silbe jeder Reihe eine etwas größere Zwischenzeit war, mit dem Auswendighersagen gleich nach dem Aussprechen der letzten und vor dem Erscheinen der ersten Silbe zu beginnen. War aber infolge von Abspannung die Assoziationszeit verlängert, so wurde dadurch dieser Vorsprung bald wieder ausgeglichen, und die letzten

Silben der Reihen tauchten im Gesichtsfelde auf, bevor sie reproduziert waren. Es war dann zur Bewältigung der Reihe eine besonders starke Konzentration der Aufmerksamkeit erforderlich, und trotzdem gelang das rechtzeitige Hersagen sämtlicher Silben häufig erst nach einer aufsergewöhnlichen Anzahl von Wiederholungen.

Ganz analog den im Vorstehenden beschriebenen Thatsachen ist die bekannte Erfahrung, daß wir glauben, die Ausländer redeten in ihrer Sprache rascher als wir in der unsrigen. Diese Täuschung rührt einerseits daher, daß wir infolge unserer größeren Unbekanntschaft mit den fremden Sprachen den Sinn der in einer solchen gesprochenen Worte nicht so rasch zu verstehen vermögen wie den Sinn der heimatlichen Laute (verlängerte Assoziationszeit); andererseits aber auch schon daher, daß von rasch hintereinander gesprochenen Worten sich nur dann klare Lautbilder entwickeln, wenn wir mit ihnen so vertraut sind, wie mit den Worten der Muttersprache.

Wie groß nun die Unterschiedsempfindlichkeit bei längerer Einübung auf eine bestimmte Geschwindigkeit werden kann, zeigt die oben an zweiter Stelle erwähnte Thatsache, daß Änderungen der gewohnten Geschwindigkeit um  $\frac{1}{30}$  schon häufig unangenehm stark empfunden wurden.

Die unter 3. angeführte Thatsache erklärt sich ferner leicht daraus, daß das Erkennen der Silben bei den ersten Wiederholungen, da die Silben dann noch unbekannt sind, eine etwas längere Zeit in Anspruch nimmt als später. Daß sich dies nur bei einer Versuchsperson so deutlich gezeigt hat, liegt wohl einerseits daran, daß die Trommel bei der ersten Umdrehung<sup>1</sup> noch nicht ihre volle Geschwindigkeit erreicht hatte, und andererseits ist denkbar, daß die Versuchspersonen sich leicht daran gewöhnen, bei den ersten Wiederholungen ihre Aufmerksamkeit mehr zu konzentrieren als bei den späteren.

Was endlich die unter 4. erwähnte Kontrasterscheinung anbetrifft, so läßt sich dieselbe ganz analog den im vorigen Paragraphen beschriebenen, bei Vergleichung kleiner, durch einfache Gehörseindrücke begrenzter Zeiten eintretenden Kontrasterscheinungen erklären. Während ich nämlich kontrollierte,

---

<sup>1</sup> Da die Trommel nur allmählich ihre volle Rotationsgeschwindigkeit annahm, so ließ ich die Versuchsperson erst nach Beendigung der ersten Umdrehung mit dem Lesen beginnen. Indessen hatte die Trommel auch dann wohl noch nicht ganz das Maximum ihrer Geschwindigkeit erreicht.

ob die Versuchsperson zur richtigen Zeit die einzelnen Silben hersagte, stand ich seitwärts vom Rotationsapparate und sah von oben auf die rotierende Trommel. Die untere Grenze des Gesichtsfeldes der Versuchsperson war durch einen dicht vor der Trommel befindlichen Faden markiert, welcher sich zugleich so tief in meinem Gesichtsfelde befand, daß ich unterhalb desselben nur noch ein kleines Stück der Trommel übersehen konnte. Zur besseren Verdeutlichung dieser Verhältnisse dient die nebenstehende Figur 1. Der Kreis  $T$  stellt einen Querschnitt der rotierenden Trommel dar und das ausgezogene Stück  $B$  dieses Kreises den Querschnitt desjenigen Teiles der Trommel, welchen ich übersehen konnte. Der Punkt  $F$  bezeichnet den Querschnitt des Fadens,  $S$  denjenigen des Schirmes und  $A$  den Ausschnitt des Schirmes. Bei der Kontrolle verfolgte ich nun jede Silbe mit dem Blick von ihrem ersten Auftreten bis zu einem Punkte oberhalb des Fadens, also etwa von  $\alpha$  bis  $\gamma$ . Dies that ich jedoch erst bei den letzten Wiederholungen, wenn die Versuchsperson die Reihe frei herzusagen suchte. Während der ersten Wiederholungen beobachtete ich die Silben, um mir das Gesichtsbild derselben behufs leichterer Erkennung bei der Kontrolle gut einzuprägen, auf einer bequemer gelegenen Strecke  $\beta\delta$ . Dabei mußte sich dann, wie man leicht übersehen wird, die Aufmerksamkeit wieder so einstellen, daß die Strecke  $\beta\delta$  annähernd konstant und gleich dem Zwischenraume zwischen zwei aufeinanderfolgenden Silben war. Denn wäre z. B. die Aufmerksamkeit jeder Silbe eine längere Strecke gefolgt, so hätte sich der Punkt  $\beta$ , bei dem sich die Aufmerksamkeit immer der neuen Silbe zuwendete, dem Endpunkte des Gesichtsfeldes nähern müssen, so daß bald eine Silbe überhaupt nicht mehr deutlich erkannt worden wäre. In derselben Weise betrachtete ich nun auch die einzelnen Stellen, wenn ich vor Beginn der Versuche die Geschwindigkeit der Trommel kontrollierte. Genügte dabei die gewohnte Thätigkeit der Aufmerksamkeit, so hielt ich die Geschwindigkeit für normal. Näherte sich dagegen der Punkt  $\beta$  der Grenze  $\alpha$  bzw.  $\varepsilon$  des Gesichtsfeldes, so hielt ich die Geschwindigkeit für unternormal bzw. übernormal. War

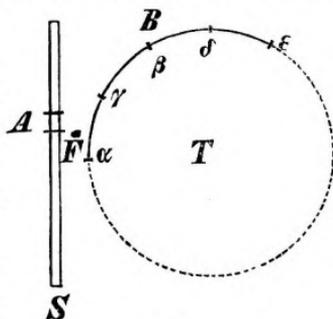


Fig. 1.

nun anfangs bei der Kontrolle vor Beginn der Versuche die Geschwindigkeit zu groß gewesen, so hatte ich die Aufmerksamkeit mehr konzentrieren müssen und war rascher als gewöhnlich von jeder Silbe zur nächstfolgenden übergegangen. Stellte ich dann die normale Geschwindigkeit wieder her, so fuhr ich unwillkürlich noch einige Zeit fort mit derselben angestregten Aufmerksamkeit, welche bei der größeren Geschwindigkeit erforderlich war, rascher als gewöhnlich von jeder Silbe zur nächstfolgenden überzugehen. Infolge der so veränderten Einstellung der Aufmerksamkeit mußte dann natürlich die normale Geschwindigkeit unternormal erscheinen.

### § 3.

Im vorigen Paragraphen ist gezeigt worden, daß wir die Geschwindigkeit einer rotierenden Trommel, auf welcher Silben in gleichen Abständen geschrieben stehen, nach der Anstrengung der Aufmerksamkeit, welche erforderlich ist, um die Silben zu erkennen und auszusprechen, beurteilen können. Sind nun statt der Silben Linien auf die rotierende Trommel gezeichnet, und beobachtet man dann die Linien durch den Ausschnitt eines vorgesetzten Schirmes, so folgen die Augen, falls die Geschwindigkeit nicht zu groß bzw. der Abstand der Linien nicht zu klein ist, jeder Linie eine bestimmte Strecke und springen dann zur nächstfolgenden über. Es ist dies eine Thatsache, welche schon v. FLEISCHL (*Physiol.-optische Notizen, 2. Mittlg., Berichte der Wiener Akad., math. naturw. Klasse, Abtlg. 3, 1882, S. 20*) konstatiert hat und welche ich nach meinen zahlreichen Erfahrungen durchaus bestätigen muß. Je rascher sich nun die Trommel bewegt, desto geringere Zeit darf die Aufmerksamkeit an jeder Linie haften, und bei Überschreitung einer gewissen Grenze wird es überhaupt nicht mehr möglich sein, jeder Linie besonders einen Augenblick die Aufmerksamkeit zuzuwenden. Man wird dann entweder nur jeder zweiten, dritten etc. Linie einen Augenblick mit der Aufmerksamkeit folgen, oder aber die Augen ruhig halten und mehr passiv den Wechsel der Empfindungen über sich ergehen lassen. Es ist demnach zu vermuten, daß auch die Rotationsgeschwindigkeit der mit Linien versehenen Trommel beurteilt wird nach der Anstrengung der Aufmerksamkeit, welche man anwenden muß, um allen Linien einen Moment mit den Augen zu folgen. In

der That wird nun diese Vermutung bestätigt durch die folgenden Erscheinungen:

1. Spannt man auf eine Kymographiontrommel einen Bogen Papier, auf dessen rechter Hälfte äquidistante Linien in z. B. 1 cm Entfernung, auf dessen linker Hälfte dagegen solche Linien in wesentlich größeren Abständen gezogen sind, und läßt man nun einmal durch den Ausschnitt eines vorgesetzten Schirmes die Linien der linken Hälfte beobachten, während zugleich die rechte Hälfte verdeckt ist, und dann die Linien der rechten Hälfte bei verdeckter linken, so scheinen im letzteren Falle die Linien sich wesentlich rascher zu bewegen.

2. Eine Trommel, auf welche ein Bogen Papier mit Linien in allmählich sich vergrößernden Abständen geklebt ist, scheint sich mit ungleichmäßiger Geschwindigkeit zu bewegen. Die in größeren Abständen gezogenen Linien scheinen sich langsamer zu bewegen, als diejenigen, welche dichter nebeneinander stehen.

3. Hat man einige Zeit die Bewegung von Linien durch den Ausschnitt eines Schirmes beobachtet, so scheint ihre Geschwindigkeit zuzunehmen, wenigstens wenn die Geschwindigkeit so groß ist, daß die Einzelbeobachtung jeder Linie einige Anstrengung der Aufmerksamkeit erfordert.

Die ersten beiden Thatsachen lassen sich offenbar nur durch die obige Annahme erklären, da die beiden Fälle der wirklich größeren Rotationsgeschwindigkeit und der größeren Anzahl von Linien in kleineren Abständen nur den Umstand gemeinsam haben, daß die Aufmerksamkeit mehr angestrengt werden muß, um allen Linien einen Augenblick zu folgen. Durch dieselbe Annahme erklärt sich dann auch leicht die dritte Thatsache, da die bei den rasch aufeinanderfolgenden Augenbewegungen bald eintretende Ermüdung der Muskeln bzw. der motorischen Zentralorgane bewirkt, daß die Augen später unwillkürlich an jeder Linie etwas länger haften als anfangs. Hierbei wird aber außer der Nerv-Muskelermüdung auch noch eine Erschlaffung der Aufmerksamkeit in Frage kommen; wenigstens deutet die folgende vierte Versuchsthatsache darauf hin.

4. Man ziehe auf beide Hälften der Trommel Linien in denselben Abständen und lasse dann eine Versuchsperson einige Zeit die Linien der einen Hälfte bei Verdeckung der anderen beobachten, bis die Linien sich infolge von Ermüdung rascher

zu bewegen scheinen. Darauf öffne man plötzlich die Verdeckung der zweiten Hälfte bei gleichzeitiger Zudeckung der ersten Hälfte, dann scheinen anfangs die Linien der zweiten Hälfte sich langsamer zu bewegen als die der ersten Hälfte.

Da man nun nicht gut annehmen kann, daß durch den Übergang des Blicks von der einen Hälfte der Trommel zur anderen die Ermüdung des Zentralorganes bzw. der Muskeln wesentlich gemildert wird, so muß man wohl zur Erklärung die Annahme machen, daß in dem betreffenden Momente die erschlafte Aufmerksamkeit vom Beobachter wieder mehr konzentriert wird.

Da ich die vorstehenden Beobachtungen bei einer größeren Anzahl von Versuchspersonen bestätigt gefunden habe, so glaube ich ihnen eine allgemeinere Geltung zuschreiben zu dürfen. Nur bei einer Versuchsperson ergaben sich etwas andere Erscheinungen, welche sich jedoch leicht durch anormale Verhältnisse erklären lassen. Der Betreffende hatte sich nämlich zweimal einer Operation an den Augenmuskeln unterworfen, wovon die Folge war, daß er den Fixationspunkt nur langsam verändern konnte. Die obigen Erscheinungen traten daher erst bei sehr langsamen Geschwindigkeiten ein. Bei den mittleren Geschwindigkeiten gab er an, daß er, nachdem er einer Linie eine kurze Zeit mit den Augen gefolgt sei, die folgende bzw. mehrere folgende überspringe und erst wieder der dritten, vierten etc. seine Aufmerksamkeit einen Augenblick zuwende. Hatte er nun einige Zeit in dieser Weise etwa nur die linke Hälfte des Ausschnittes beobachtet bei verdeckter rechter Hälfte und ging er dann mit dem Blick zu der rechten Hälfte über (bei Verdeckung der linken), so dauerte es erst eine kurze Zeit, bis er sich wieder auf das Überspringen der Linien in der richtigen Weise eingestellt hatte, und die Geschwindigkeit erschien ihm demgemäß in der Zwischenzeit größer.

Wenn im vorstehenden versucht ist nachzuweisen, daß die Anstrengung der Aufmerksamkeit, welche erforderlich ist, um allen Linien einen Moment mit den Augen zu folgen, eine Grundlage bildet für die Beurteilung der Geschwindigkeit bewegter Linien dem unmittelbaren Eindrücke nach, so soll doch damit keineswegs behauptet sein, daß sie auch die einzige Grundlage bilde. Zahlreiche Erfahrungen des gewöhnlichen

Lebens, auf welche näher einzugehen hier nicht der Ort ist, beweisen vielmehr, daß im allgemeinen ein Objekt sich um so rascher zu bewegen scheint, je schneller sich sein Bild auf der Netzhaut verschiebt. Auf diesen Satz läßt sich z. B. auch die Thatsache zurückführen, „daß die Geschwindigkeit eines sich am Auge vorüberbewegenden Punktes für größer gehalten wird, wenn das Auge ihm nicht nachfolgt, als wenn es ihm folgt“ (v. FLEISCHL, a. a. O. S. 22).

#### § 4.

Die Frage nach der psychophysischen Natur der Aufmerksamkeit ist gegenwärtig wohl noch nicht spruchreif. Wenigstens sind die verschiedenen Versuche, den psychophysischen Mechanismus der Aufmerksamkeit klar zu legen, kaum ernsthaft zu nehmen. Die Theorie der willkürlichen sinnlichen Aufmerksamkeit von G. E. MÜLLER, wie sie neuerdings gemäß den modernen psychophysischen Anschauungen modifiziert ist (vgl. A. PILZECKER, *Die Lehre von der sinnlichen Aufmerksamkeit*, Göttinger-Diss., 1889, S. 30 ff.), vermag die Vorgänge, welche stattfinden, wenn wir willkürlich unsere Aufmerksamkeit einem sinnlichen Eindrucke zuwenden, wenigstens so weit zu analysieren, daß sich eine größere Anzahl von Erscheinungen durch dieselbe erklären läßt. Eine erschöpfende Darstellung des betreffenden psychophysischen Mechanismus vermag sie dagegen auch nicht zu geben. Nach dieser Theorie geht dann, wenn wir etwas erwarten, in den betreffenden zentrosensorischen Partien des Gehirns ein psychophysischer Prozeß vor sich, welcher der Vorstellung des Erwarteten entspricht. Dieser Prozeß erstreckt sich bis auf niedere Gehirnzentren und ruft dort assoziierte Innervationen hervor, welche eine Adaptation des betreffenden Sinnesorgans etc. bewirken. Wissen wir nun, wie es bei den in § 1 geschilderten Versuchen der Fall ist, daß mehrere Schalleindrücke aufeinander folgen werden, so ist es natürlich, daß nach jedem Schlage ein Vorstellungsbild eines neuen Schlages auftaucht und so die Erwartung desselben eintritt. Die durch die assoziierten Innervationen hervorgerufene Spannungsempfindung würde dann jener Nebeneindruck sein, auf dessen Intensität wir uns nach S. 2 ff. bei Abgabe des Urteils „langsam“ bzw. „sehr langsam“ stützen. Über die Entstehung des Nebeneindrucks der Überraschung, welcher

dadurch hervorgerufen wird, daß der Schallreiz eintritt, bevor er erwartet wird, dürften sich dagegen bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft nur Vermutungen aufstellen lassen, welche nicht eingehender begründet werden können. Die sinnliche Überraschung unterscheidet sich von dem Erschrecken wohl nur durch die geringere Intensität. Bei den stärkeren Graden zeigt sich der inneren Wahrnehmung eine plötzliche Leere des Bewußtseins, und äußerlich giebt sich ein über den ganzen Körper verbreitetes Auftreten von Muskelzuckungen zu erkennen. Daß diese Erscheinungen bei starken Reizen auftreten können, ist ja ziemlich plausibel, weshalb sie aber auch schon bei schwachen unerwarteten Reizen eintreten, das hüllt sich vorläufig wohl noch in Dunkel.

Was dann die Erklärung der Einstellungserscheinungen anbetrifft, so würden wir vermuten können, daß das akustische Sinneszentrum, nachdem es öfter in denselben Intervallen erregt ist, eine Tendenz zu einer automatischen Thätigkeit in diesen Intervallen behalten kann und daß es demgemäß dem erregenden Reize in dem Momente seines Entstehens durch Erzeugung einer gleichen psychophysischen Erregung entgegenkommt. Schon bei den Gewichtsversuchen, welche ich gemeinschaftlich mit Herrn Professor MÜLLER ausführte (vgl. *Pflüger's Arch.*, 45, S. 37 ff.), zeigte sich gelegentlich, daß die motorischen Zentralorgane nach längerer Thätigkeit in bestimmten Intervallen eine Tendenz zu einer automatischen Thätigkeit in diesen Intervallen annehmen. Waren nämlich die Gewichte während einer Versuchsreihe z. B. im Takte von 0,7 Sek. gehoben, und gingen wir dann zu einem größeren Intervall, etwa 1,2 Sek., über, so mußte die Versuchsperson sich anfangs besondere Mühe geben, um in dem neuen Takte zu heben, da sich unwillkürlich die Impulse in dem alten Intervall einstellten. Daß dann in gleicher Weise auch dem akustischen Zentrum eine Tendenz zu einer automatischen Thätigkeit eingeprägt werden kann, beweisen die Erscheinungen des Sinnengedächtnisses, welche FECHNER nach mehrstündigem Beachten der Schläge einer Sekundenuhr bei Gelegenheit von erdmagnetischen Beobachtungen hatte. Derselbe sagt hierüber (*El. d. Psychoph.*, 2. Aufl., II., S. 500): „Wenn ich nach einer solchen Beobachtungsreihe abends im Bette lag, und selbst noch am anderen Morgen, wenn alles ganz still war, hörte ich auf

das allerdeutlichste (fortgehends) den Schlag des Sekundenzählers mit seinem eigentümlichen Takte, etwa so, als wenn eine Pendeluhr im Nebenzimmer ginge, so daß ich mich besonders überzeugen mußte, daß keine derartige äußere Ursache wirklich vorhanden sei.“ Dieselbe Erscheinung des Sinnengedächtnisses zeigte sich auch bei einer meiner Versuchspersonen, mit der ich vorläufige Versuche, und zwar gewöhnlich mittags, über die Unterschiedsempfindlichkeit des Zeitsinnes anstellte. Derselbe gab an, daß er die Telephongeräusche, welche die zu vergleichenden Zeitintervalle begrenzen, öfter nachmittags, wenn er geistig nicht weiter beschäftigt sei, mit sinnlicher Deutlichkeit zu hören glaube. Da also nach diesen Thatsachen wohl nicht zweifelhaft ist, daß den sensorischen Zentren eine Tendenz zu einer automatischen Thätigkeit in bestimmten Intervallen eingeprägt werden kann, so dürfen wir dieselbe auch wohl als wirksam bei den obigen Einstellungserscheinungen voraussetzen. Zur Erklärung des Umstandes, daß die Intensität der Erwartungsspannung schon bei verhältnismäßig geringer Vergrößerung des eingeübten Intervalls zu maximaler Intensität anschwillt, würde etwa anzunehmen sein, daß auch der vorbereitende psychophysische Prozeß in dem betreffenden Falle rascher seine volle Intensität erreicht, und mit ihm die assoziierte Innervation. Allerdings möchte ich es dahingestellt sein lassen, ob es sich bei der Erwartungsspannung nicht doch vielleicht um ein innerlich erzeugtes Spannungsgefühl handelt. Hierfür würde wenigstens die Thatsache sprechen, daß bei den minimalen Zeiten von ca. 0,3 Sek. ebenfalls vor dem dritten Signale, wenn es etwas später als gewöhnlich eintritt, eine Spannung der Erwartung sich geltend macht, obwohl die Aufmerksamkeit im Verlaufe des ganzen Versuchs gespannt bleibt und demgemäß Spannungsempfindungen fortwährend vorhanden sind.

Auf eine Einübung der nervösen Zentren, natürlich komplizierterer Art, deuten dann die Erscheinungen des zweiten Paragraphen hin.

## II.

**Übersicht über die Ergebnisse der früheren Untersuchungen.**

## § 5.

MACH und VIERORDT.

Wenn die Erörterungen des vorigen Abschnittes auch keine vollständige Lösung des behandelten Problems gebracht haben, so genügen doch die erhaltenen Resultate, um einen großen Teil der Verschiedenheiten, welche sich unter den von den verschiedenen Forschern bei ihren experimentellen Untersuchungen erhaltenen Resultaten ergeben haben, zu erklären. Vor allem dürfte nach dem Vorangegangenen klar sein, daß nur solche Untersuchungen über die Unterschiedsempfindlichkeit für kleine Zeitgrößen miteinander vergleichbar sind und überhaupt Wert haben, bei welchen eine maximale Einübung auf die einzelnen Intervalle stattgefunden hat. Denn da die Einstellung der Aufmerksamkeit sich bei den verschiedenen Intervallen verschieden rasch vollzieht, so dürfte je nach dem Grade der Übung auch der Gang der Unterschiedsempfindlichkeit ein verschiedener sein. Nun entsprechen die meisten Untersuchungen dieser Anforderung nicht, so daß sie schon deshalb bedeutend an Wert verlieren. Doch ist dies, wie wir gleich sehen werden, weder der einzige noch der hauptsächlichste Fehler von denen, welche den verschiedenen Untersuchungen anhaften.

Während CZERMAK in einer Mitteilung (*Wiener Berichte*, math.-nat. Klasse, XXIV, S. 231 ff.) zuerst auf die Wichtigkeit von experimentellen Untersuchungen über den Zeitsinn aufmerksam gemacht hat, waren MACH und VIERORDT die ersten, welche annähernd gleichzeitig experimentelle Untersuchungen ausführten. MACH (*Wiener Ber.*, math.-nat. Klasse, 51, Abtlg. 2) suchte nur die Frage nach der Gültigkeit des WEBERSchen Gesetzes im Gebiete des Zeitsinnes zu entscheiden. Obwohl nun sowohl die benutzten Apparate zur Untersuchung unserer so feinen Unterschiedsempfindlichkeit in diesem Gebiete bei weitem nicht genau genug waren, als auch die angewandte Methode der eben merklichen Unterschiede wesentliche Mängel hatte, so ergab sich doch ein Resultat, welches durch meine unten

angeführten Versuche durchaus bestätigt wird: Die relative Unterschiedsempfindlichkeit besitzt bei 0,3 bis 0,4 Sek. ein Maximum und nimmt nach beiden Seiten hin regelmässig ab. Außerdem fand schon MACH die für die Theorie der Zeit-schätzung, wie wir oben gesehen haben, so wichtige, später aber vollständig vernachlässigte Thatsache, daß das Ohr sich an zwei unmittelbar aufeinanderfolgende ungleiche Pausen, nachdem dieselben öfter aufeinander gefolgt sind, so sehr gewöhnen kann, daß es dieselben für gleich hält. Interessant sind ferner noch die sich anschließenden theoretischen Betrachtungen, welche der oben entwickelten Anschauung in mancher Beziehung sehr nahe kommen. Aus der Thatsache, daß wir an zwei vollständig verschiedenen Melodien von gleichem Rhythmus die Gleichheit des Rhythmus erkennen können und daß wir schon bekannte Melodien zu erraten vermögen, wenn ihr Rhythmus durch Klopfen angegeben wird, schließt MACH, daß zu jeder Tonempfindung noch eine andere Empfindung, welche durch das zwischen dieser Tonempfindung und der vorangegangenen liegende Intervall bestimmt sei, hinzukommen müsse und daß demgemäß bei verschiedenen Melodien von gleichem Rhythmus die Reihe dieser Nebenempfindungen gleich sei. Die Entstehung dieser Nebenempfindungen sucht dann MACH, ebenso wie es oben geschehen ist, auf die sinnliche Aufmerksamkeit zurückzuführen, entwickelt dabei aber eine Theorie derselben, welche unhaltbar ist, da sie die Aufmerksamkeit als eine rein motorische Erscheinung betrachtet, und welche auch später von ihm selbst (*Beiträge zur Analyse der Sinnesempfindungen*, S. 105 ff.) verlassen ist.

Der nächste Experimentator, VIERORDT (*Der Zeitsinn*, Tübingen 1868), den seine beiden Schüler, CAMERER und HÖRING, unterstützten, stellte sich nicht nur die Aufgabe, die Gültigkeit des WEBERSchen Gesetzes im Gebiete des Zeitsinnes zu untersuchen, sondern suchte auch die mannigfaltigen Leistungen des Zeitsinnes zu verfolgen, wie sie sich in den wichtigsten Sinnesgebieten, sowie in der bloßen Vorstellung von Zeitgrößen kundgeben. Die Versuchsanordnung bei den meisten Versuchen war die folgende: Der eine Arm eines doppelarmigen, um eine wagerechte Axe drehbaren Hebels war „an seinem freien Ende mit einer nach abwärts gerichteten Stahlspitze versehen, welche beim Aufschlagen auf eine unterliegende Glasplatte einen

momentanen Ton verursachte“. Der andere Arm des Hebels markierte die Momente des Aufschlagens der Stahlspitze auf eine rotierende Kymographiontrommel. Der Experimentator gab dann durch zweimaliges Anschlagen der Glasplatte mit der Stahlspitze die Hauptzeit an, während die Versuchsperson bei den unmittelbar aufeinanderfolgenden Intervallen durch einen dritten Anschlag mit demselben Hebel und bei zeitlich getrennten Intervallen nach einer Pause durch zweimaliges Anschlagen eine der Hauptzeit gleiche Fehlzeit herzustellen suchte. VIERORDT glaubte nun in der so reproduzierten Zeit ein Maß für den „entsprechenden zeitlichen Empfindungsinhalt“ und in dem mittleren variablen Fehler ein Maß für die Unterschiedsempfindlichkeit zu erhalten. Beide Annahmen sind aber unhaltbar. Für die erstere ergibt sich dies z. B. schon aus dem auf S. 7 erwähnten Falle. Werden vom Experimentator einige Male hintereinander etwas größere Intervalle (z. B. 1,0 Sek.) angegeben, während die Versuchsperson sich jedesmal bemüht, ein unmittelbar darauffolgendes gleiches Intervall durch einen dritten Anschlag herzustellen, und geht dann der Experimentator zu einem wesentlich kleineren Intervall (z. B. 0,5 Sek.) über, so wird die Versuchsperson jetzt von dem zweiten Anschlag so überrascht, daß sie die Bewegung entweder gar nicht oder doch viel zu spät ausführt. Was ferner die zweite Annahme anbetrifft, so würde, selbst wenn man davon absehen wollte, daß die Methode der mittleren Fehler aus den von G. E. MÜLLER geltend gemachten Gründen zu einem genauem Maße der Unterschiedsempfindlichkeit überhaupt nicht führen kann, doch noch zu bedenken sein, daß die Versuchsweise VIERORDTS in einem wesentlichen Punkte von derjenigen abweicht, welche FECHNER schon in den „*Elementen*“ als die zweckentsprechende bezeichnet hat, und welche er für Gewichtsversuche dort mit folgenden Worten beschreibt (2. Aufl., I., S. 72): „Hat man sich bloß das Gewicht des einen Gefäßes als Normalgewicht mittelst der Wage gegeben, so kann man versuchen, das andere, das Fehlgewicht, nach dem bloßen Urteile der Empfindung jenem gleich zu machen. Hierbei wird man im allgemeinen einen gewissen Irrtum, Fehler begehen, den man findet, wenn man das zweite Gefäß, nachdem man es dem ersten als gleich taxiert hat, nachwiegt.“ Wollte VIERORDT bei seinen Versuchen in analoger Weise verfahren,

so mußte der Experimentator sowohl Normal- wie Vergleichszeit angeben, und die Versuchsperson ohne aktives Eingreifen sich nur darauf beschränken, die beiden Intervalle miteinander zu vergleichen. Es wären dann diejenigen Vergleichszeiten, welche von der Versuchsperson der Hauptzeit gleichgeschätzt wären, als Fehlzeiten zu betrachten gewesen. Dadurch, daß sich die Versuchsperson nicht ganz dem Vergleichen widmen konnte, sondern selbst die Fehlzeit herstellen mußte, wurde ein Moment eingeführt, welches besonders bei den kleinen Zeiten, bei denen der Nebeneindruck der Überraschung die Reproduktion stört, verhältnismäßig große und variable Fehlzeiten bewirken mußte.<sup>1</sup> Würde jemand Versuche über das Augenmaß in der Weise ausführen, daß er der Versuchsperson neben einer Hauptdistanz eine kontinuierlich sich vergrößernde Vergleichsdistanz darböte und ihr die Aufgabe stellte, in dem Augenblicke, in welchem ihr die Vergleichsdistanz der Hauptdistanz gleich zu sein scheine, durch irgend eine kleine Manipulation der Vergrößerung Einhalt zu thun, so dürften sich wohl auch wesentlich andere Resultate ergeben als bei den in der üblichen Weise angestellten Versuchen. Wir brauchen uns deshalb nicht zu wundern, daß die nach der Reproduktionsmethode erhaltenen Resultate nicht mit den von MACH erhaltenen übereinstimmen, zumal da die einzige Versuchsreihe, welche VIERORDT nach der Methode der richtigen und falschen Fälle ausgeführt hat und welche allein mit den Versuchen MACHS vergleichbar ist, auch ein vollständig übereinstimmendes Resultat zeigt.<sup>2</sup>

Wenn nun aber auch der mittlere variable Fehler nicht als Maß der Unterschiedsempfindlichkeit dienen kann, so können geeignet angestellte Untersuchungen nach der VIERORDT'schen Methode natürlich trotzdem ihren Wert haben. Nur gehört dazu, wie sich leicht aus den Erörterungen des § 1 ergibt, daß viele Versuche hintereinander mit derselben Normalzeit gemacht werden. Leider ist dies nun bei den zahl-

<sup>1</sup> In einer späteren Mitteilung (*Zeitschr. f. Biologie*, XVIII, 1882, S. 397 ff.) verteidigt VIERORDT seine Versuchsweise gegen die Angriffe WUNDT'S, giebt aber selbst die Möglichkeit von Störungen bei den kleinen Zeiten zu.

<sup>2</sup> Die Reproduktionsmethode wird durch meine in § 10 angeführten Versuche noch näher beleuchtet.

reichen Versuchen VIERORDTS, welche er über die Reproduktion verschiedener, teils durch Gehör-, teils durch Licht-, teils durch Tasteindrücke begrenzter Intervalle gemacht hat, nicht der Fall, so daß sich aus ihnen gar wenig schließen läßt. Hervorzuheben wäre nur noch, daß VIERORDT zuerst eine Versuchsreihe angestellt hat, bei welcher der Versuchsperson die Aufgabe gestellt wurde, die in regelloser Abwechslung dargebotenen Schlagfolgen eines Metronoms dem subjektiven Eindrucke nach in die Kategorien „sehr langsam“, „langsam“ etc. einzuordnen. Über die diese Urteile bedingenden Faktoren ist in § 1 das Nähere auseinandergesetzt.

Indem ich jetzt zur Besprechung der Untersuchungen neuerer Autoren übergehe, möchte ich noch bemerken, daß VIERORDTS Schrift trotz der hier hervorgehobenen Mängel seiner Versuche durchaus als eine verdienstvolle bezeichnet werden muß und daß ihre Lektüre auf jeden, der sich der experimentellen psychologischen Forschung widmen will, anregend wirken wird.

## § 6.

### Die Untersuchungen aus dem Leipziger Laboratorium.

Eine der oben entwickelten ähnliche Anschauung über die Vergleichung kleiner Zeiten vertritt WUNDT in seiner „*Phys. Psych.*“ (3. Aufl. II., S. 348). Nach ihm beruht das Vergleichen von kleinen Intervallen darauf, daß die Zeit, welche zwischen dem Auftauchen der Erinnerungsbilder einer Reihe unmittelbar aufeinander folgender Sinneseindrücke liegt, sich mehr oder weniger genau richtet nach dem Intervalle, welches die Eindrücke voneinander trennt. Irgend ein Grund für diese Annahme ist nicht beigebracht. Dies ist um so verwunderlicher, da WUNDT an anderer Stelle (*Phys. Psych.* II., S. 315) annimmt, daß die Schnelligkeit, mit der eine Vorstellung eine assoziierte ins Bewußtsein nachzieht, hauptsächlich von der Stärke der zwischen beiden Vorstellungen bestehenden Assoziation abhängt.

Unter WUNDT'S Leitung ist dann eine Reihe von experimentellen Arbeiten ausgeführt. Nach den Untersuchungen von MACH und VIERORDT, welche mehr den Zweck einer vorläufigen Orientierung hatten, konnten offenbar nur solche Untersuchungen

die Wissenschaft fördern, welche entweder, soweit sie auf die Bestimmung der Unterschiedsempfindlichkeit gerichtet waren, in methodischer Hinsicht gegenüber den bisherigen Untersuchungen einen wesentlichen Fortschritt enthielten oder aber zur Erforschung der psychologischen Grundlagen der Vergleichung kleiner Zeiten beitrugen. Leider erfüllen die Arbeiten der WUNDTschen Schule keine von beiden Anforderungen, die ersten drei sind vielmehr vollständig wertlos.

Um diesen Ausspruch näher begründen zu können, muß ich zunächst die bei den Versuchen benutzten Apparate einer kritischen Betrachtung unterziehen. Während der erste Experimentator mit dem Metronom operierte, hat WUNDT für die folgenden einen besonderen Zeitsinnapparat konstruiert. Derselbe „besteht aus einem metallischen Drehrad *K*, welches durch ein Uhrwerk in gleichförmige Rotation versetzt wird. Durch Windflügel sowie durch die Schwere des angehängten Gewichts kann die Geschwindigkeit der Drehung innerhalb ziemlich weiter Grenzen variiert werden, während doch die Bewegung eine ausreichend konstante bleibt. Mittelst eines in das Kronrad eingreifenden Hebels kann ferner das Uhrwerk in jedem Augenblick plötzlich arretiert werden. An dem Drehrad befindet sich ein ebenfalls metallischer Stift *s*, welcher sich frei auf einer Kreisteilung bewegt, die auf einem fest an den Tisch des Uhrwerks angeschraubten Holzring angebracht ist. An diesem Holzring können endlich mehrere kleine Auslösungsapparate in jeder Stellung festgeschraubt werden.“ Einen schematischen Grundriss dieser Auslösungsapparate zeigt die nebenstehende Figur 2. *B A C* ist ein um *A* drehbarer doppelarmiger Hebel, dessen mit einer Platinplatte versehener Arm *A C* durch die Feder *f* gegen eine Platinspitze gedrückt wird, welche sich an einer verstellbaren Schraube *S* befindet. Stößt nun der Stift *s* bei der Rotation gegen den Hebel eines solchen Auslösungsapparates, so wird dadurch ein Strom geschlossen, jedoch nur auf kurze Zeit, da die Feder *f* den Hebel, sobald er durch den Stift *s* nur etwas aus seiner Ruhelage entfernt ist, ganz wegschnellt. Durch den so bewirkten Schluß des Stromes wird ein kurzer Schlag eines elektromagnetischen Hammers ausgelöst.

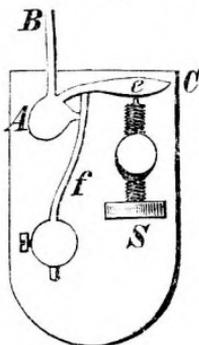


Fig. 2.

Die Hauptfehlerquellen dieser Versuchsanordnung sind nun die folgenden. Erstens würde es als eine entschiedene Verbesserung zu betrachten gewesen sein, wenn auch an den Stellen, wo sich  $A$   $B$  und der Stift  $s$  berührten, Platin verwandt worden wäre. Zweitens ist zu bedenken, daß ein Strom verhältnismäßig lange geschlossen sein muß, um einen Schlag eines elektromagnetischen Hammers hervorzurufen. (Bei Versuchen, die ich im Leipziger Laboratorium in den Herbstferien 1889 anstellte, mußte ein von 12 Meidinger Elementen gelieferter Strom wenigstens 0,11 Sek. geschlossen sein, um regelmäßig Hammerschläge auszulösen.) Dazu ist aber erforderlich, daß die Feder  $f$  der Drehung des Hebels einen nicht unwesentlichen Widerstand entgegensetzt, wodurch die Gleichförmigkeit der Bewegung des Drehrades gestört wird. Drittens verursacht der elektromagnetische Hammer bei kleinen Zeiten eine wesentliche Fehlerquelle. Denn da der Hammer, nachdem der Magnetismus aufgehört hat, durch Federkraft abgerissen wird, so gerät er in Schwingungen und wird demgemäß beim zweiten Stromschluß langsamer oder rascher angezogen werden, je nachdem er gerade beim Beginn der Anziehung mehr oder weniger weit vom Elektromagneten entfernt war. Nehmen wir nun schliesslich noch hinzu, daß auch die Konstanz der Rotationsgeschwindigkeit nicht allzu groß gewesen sein dürfte, so werden wir wohl berechtigt sein zu vermuthen, daß Fehler von mehreren Hundertsteln einer Sekunde nicht selten gewesen sind. Noch größer werden die Fehler bei den Versuchen von GLASS nach der Methode der mittleren Fehler gewesen sein, bei denen der Autor so verfuhr, daß er durch die Auslösungsapparate zwei Signale auslösen ließ und dann nach einer Zeit, welche ihm der zwischen den beiden Signalen liegenden Zeit gleich zu sein schien, durch den Arretierungshebel das Uhrwerk hemmte. Diese Hemmungsvorrichtung zeigt die nebenstehende Figur 3 schematisch. An der rasch rotierenden Axe der Windflügel  $A$  befindet sich eine kleine Hervorragung  $f$ , gegen welche der um  $m$  drehbare Hebel  $H$  stößt, sobald sein Griff  $G$  nach rechts gedreht wird. Es möge nun der punktierte Kreis den Weg, welchen der äußerste Punkt des Fortsatzes  $f$  bei der Rotation macht, bezeichnen und  $a$  den Punkt, in welchem die Linie, welche die äußerste Spitze des Hebels bei der Bewegung nach links beschreibt, den Kreis

schneidet. Hat der Fortsatz  $f$  den Punkt  $a$  im Augenblicke, wo die Hebelspitze in diesem Punkte anlangt, gerade eben passiert, so wird die Axe fast noch eine volle Umdrehung machen können, während sie dann, wenn die Hebelspitze und  $f$  zu gleicher Zeit in  $a$  anlangen, augenblicklich gehemmt wird. Hierdurch entsteht aber, selbst wenn die Axe 50 Umdrehungen in der Sekunde macht, doch immer noch eine Differenz von 0,02 Sek., die natürlich bei kleinen Zeiten nicht vernachlässigt werden darf. Zu diesem variablen Fehler kommt dann schliesslich noch ein nicht unerheblicher konstanter Fehler. Zur Berechnung der einzelnen Zeiten wurden nämlich aufser der Rotationsdauer noch die Stellungen des Metallstiftes, welche er bei leiser Berührung der Hebel der beiden Auslösungsapparate bzw. nach der von der Versuchsperson bewirkten Arretierung einnahm, mit Hilfe der unter ihm befindlichen Kreisteilung bestimmt. Da nun aber der Hammerschlag erst einige Zeit nach der Berührung von Stift und Hebel eintreten konnte, so ist klar, dass die wirkliche Fehlzeit jedenfalls kleiner war, als die aus der Berechnung erhaltene.

Nachdem ich so dem Leser ein Bild von der Genauigkeit der benutzten Apparate gegeben habe, wende ich mich zu den Untersuchungen selbst. Der erste Experimentator, KOLLERT, (*Phil. Stud.*, I, S. 78 ff.) suchte die Unterschiedsempfindlichkeit für Zeiten von 0,4—1,5 Sek. nach der Methode der Minimaländerungen mit Hilfe zweier zuvor sorgfältig graduerter Metro-  
nome zu bestimmen und zwar liess er immer zwischen Normalzeit und Vergleichszeit eine der Normalzeit gleiche Pause. Aus den Versuchen soll nach KOLLERT folgen, dass für die kleineren von den untersuchten Zeiten der konstante Zeitfehler positiv, für die grösseren dagegen negativ ist, und dass der Indifferenzpunkt etwa bei 0,75 Sek. liegt. Ferner soll bei diesem Indifferenzpunkt auch die Unterschiedsempfindlichkeit am

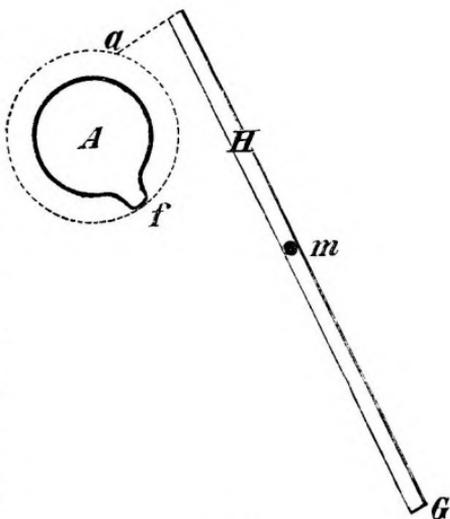


Fig. 3.

größten sein. Da indessen erstens Metronome mit verhältnismäßig großen Fehlerquellen behaftet sind und nicht genügend kleine Abstufungen zulassen, da zweitens an 7 Versuchspersonen im ganzen nur 125 Versuche angestellt sind, und da drittens der Verfasser diejenigen Versuche, welche das obige Gesetz nicht befolgten, einfach als anomale bezeichnet und bei der Berechnung des Mittels weggelassen hat, so kann wohl von einem wirklichen Resultate dieser Untersuchungen überhaupt keine Rede sein.

Ebenso wenig haben auch die dann folgenden Untersuchungen von ESTEL (*Phil. Stud.*, II., S. 37 ff.), welcher mit Hilfe des neu konstruierten Zeitsinnapparates Zeiten von 1,5—8,0 Sek. untersuchte, zu berücksichtigende Resultate ergeben. Auf eine ausführliche Besprechung dieser Arbeit brauche ich mich um so weniger einzulassen, da ihr schon FECHNER (Über die Frage des WEBERSchen Gesetzes etc., *Abhandlg. d. Sächs. Ges. d. Wiss.* XIII) durch eine lange Kritik zu viel Ehre angethan hat. Ich beschränke mich hier auf die Hervorhebung eines Punktes, welcher wohl genügen wird, um den mit psychophysischen Versuchen vertrauten Leser über den Wert der Arbeit aufzuklären. Aus den für den konstanten Fehler erhaltenen Werten soll nämlich folgen, daß die Werte dieses im allgemeinen mit der Größe der Intervalle zunehmenden Fehlers bei den Vielfachen der von KOLLERT erhaltenen Indifferenzzeit relative Minima seien. Die hier folgende Tabelle enthält nun z. B. die Mittelwerte aus den mit einer Versuchsperson TR. angestellten Versuchen, und zwar ist in der mit  $t$  bezeichneten Reihe die Größe der Hauptzeit in Sekunden, in der mit  $\Delta$  überschriebenen Kolumne die Größe des entsprechenden konstanten (negativen) Fehlers und in der dritten Reihe ( $n$ ) die Anzahl der Versuche angegeben.

$t$	$\Delta$	$n$
1,50	0,058	4
2,00	0,068	7
2,50	0,079	6
3,00	0,131	4
3,50	0,175	5
3,75	0,137	2
4,00	0,187	6
5,00	0,362	2

Wer nur einigermaßen mit psychophysischen Versuchsergebnissen umzugehen versteht, wird aus dieser Tabelle nur herauslesen können, daß der konstante Fehler im allgemeinen mit der Zunahme der Hauptzeit wächst, und wird die geringen Abweichungen von dem regelmäßigen Anwachsen, welche sich etwa bei Zeichnung einer Kurve für den konstanten Fehler ergeben, auf Rechnung der so geringen Anzahl von Versuchen und der Ungenauigkeit des benutzten Apparates setzen. Nach ESTEL sollen aber die Werte des konstanten Fehlers bei den Vielfachen von 0,75 Sek. relative Minima sein. Sehen wir uns nun einmal diese Vielfachen an. Das erste ist die Hauptzeit 1,50 Sek. Bei dieser kann von einem relativen Minimum schon deshalb gar keine Rede sein, weil eine kleinere Zeit überhaupt nicht untersucht ist. Dann folgt die Hauptzeit 2,25 Sek. Da für diese keine normalen Versuche vorliegen, so benutzt hier ESTEL das in oberflächlicher Weise korrigierte Mittel aus denjenigen Versuchen, welche nach seinen eigenen Angaben durch Kontrast gestört sind und welche er sonst nicht mit berücksichtigt hat. Bei dem dritten Vielfachen 3,0 Sek. ist, wie schon aus der Tabelle hervorgeht, keine Spur von einem Minimum vorhanden. Die Hauptzeit 3,75 Sek. hat dann endlich ein wirkliches relatives Minimum. Dies würde sich jedoch wohl schon leicht aus der Ungenauigkeit der Apparate und aus dem Umstande erklären, daß für diese Hauptzeit nur zwei Versuche, für die benachbarten Hauptzeiten dagegen doch wenigstens 5 bzw. 6 angestellt sind. Für das letzte Vielfache 4,25 Sek. endlich sind wieder keine normalen Versuche vorhanden, und wieder sind die durch Kontrast gestörten Versuche zur Berechnung herangezogen. Ein Kommentar hierzu ist wohl überflüssig.

Auf Grund von FECHNERS Kritik der ESTELSCHEN Arbeit würden die Untersuchungen dann von MEHNER (*Phil. Stud.* II., S. 546 ff.) mit demselben Apparate und nach derselben Methode der Minimaländerungen von neuem aufgenommen, und zwar wurden Zeiten von 0,7—12,1 Sek. untersucht. Während ESTEL für die einzelnen Hauptzeiten bald 10 Versuche, bald nur einen gemacht hatte, machte MEHNER wenigstens für alle Hauptzeiten 10 Versuche, aber nur an sich selbst. Ich gebe die erhaltenen Resultate in der folgenden Tabelle wieder. In der ersten Kolumne stehen die Hauptzeiten, in der zweiten die mitt-

lere Unterschiedsschwelle und in der dritten der konstante Fehler.

Hauptzeit	U.-S.	k. F.
0,70 . . .	0,036 . . .	+ 0,004
0,75 . . .	0,047 . . .	- 0,010
1,00 . . .	0,076 . . .	- 0,011
1,50 . . .	0,123 . . .	- 0,016
2,00 . . .	0,127 . . .	- 0,010
2,10 . . .	0,101 . . .	- 0,004
2,15 . . .	0,099 . . .	+ 0,001
2,50 . . .	0,180 . . .	- 0,035
2,80 . . .	0,225 . . .	- 0,040
3,00 . . .	0,229 . . .	- 0,031
3,50 . . .	0,262 . . .	- 0,007
3,55 . . .	0,201 . . .	+ 0,004
4,00 . . .	0,375 . . .	- 0,035
4,20 . . .	0,457 . . .	- 0,040
4,50 . . .	0,407 . . .	- 0,015
5,00 . . .	0,349 . . .	+ 0,004
5,40 . . .	0,420 . . .	+ 0,004
5,70 . . .	0,590 . . .	+ 0,015
6,00 . . .	0,646 . . .	+ 0,031
6,40 . . .	0,439 . . .	+ 0,026
7,10 . . .	0,980 . . .	+ 0,148
7,80 . . .	1,115 . . .	+ 0,055
8,55 . . .	1,115 . . .	+ 0,133
9,30 . . .	1,219 . . .	+ 0,071
10,00 . . .	1,406 . . .	+ 0,127
10,65 . . .	1,537 . . .	+ 0,109
11,40 . . .	1,624 . . .	+ 0,139
12,10 . . .	1,715 . . .	+ 0,175

Aus diesen Resultaten schließt nun MEHNER, daß der constante Fehler bei den ungeraden Vielfachen der Indifferenzzeit 0,71 Sek. teils absolute, teils relative Minima, bei den geraden Vielfachen dagegen relative Maxima erreiche. Entsprechend soll dann die relative Unterschiedsempfindlichkeit bei den ungeraden Vielfachen relative Maxima besitzen. Wie man aus der Tabelle ersieht, ist dieses Periodizitätsgesetz in den Zahlen

jedenfalls besser begründet als das von ESTEL aufgestellte. Indessen erheben sich auch gegen dieses Gesetz eine Reihe von schweren Bedenken, von denen ich hier nur die wichtigsten berühren werde. Zunächst kann nach den Resultaten nicht behauptet werden, daß bei der Hauptzeit 0,71 Sek. die Unterschiedsempfindlichkeit ein relatives Maximum besitze. Denn erstens sind kleinere Zeiten als 0,70 Sek. von MEHNER gar nicht untersucht, und zweitens war bei diesen kleinen Zeiten die minimale Änderung (0,05 Sek.), welche sich mit Hülfe des Apparates herstellen liefs, größer als die Unterschiedsschwelle, so daß den für diese Zeiten erhaltenen Werten überhaupt keine Bedeutung beizumessen ist. Ebenso vermag ich auch das scheinbare Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit in der Gegend der Hauptzeit 2,1 Sek. nicht als ein wirklich konstatiertes anzuerkennen. Denn einerseits ist auch hier die minimale Änderung noch viel zu groß, um eine genaue Bestimmung der Schwelle ermöglichen zu können, und andererseits ist zu bedenken, daß gerade an dieser Stelle drei Hauptzeiten dicht nebeneinander liegen (2,0 Sek., 2,10 Sek., 2,15 Sek.). Da nämlich MEHNER für jede der Hauptzeiten bis 5,0 Sek. einen Versuch an jedem Versuchstage machte und dabei die verschiedenen Zeiten teils in aufsteigender, teils in absteigender Reihenfolge vornahm, so mußte eine Hauptzeit, welcher eine fast gleiche vorangegangen war, einen entschiedenen Vorzug besitzen. Was dann das Periodizitätsgesetz für den konstanten Fehler anbetrifft, so nimmt allerdings nach den Zahlen der Tabelle dieser Fehler mit außerordentlicher Regelmäßigkeit zu und ab. Allein gerade diese außerordentliche Regelmäßigkeit kommt mir verdächtig vor. Denn da der konstante Fehler bis zur Hauptzeit 2,15 Sek. den Wert 0,02 Sek. und bis zur Hauptzeit 6,40 Sek. den Wert 0,04 Sek. nicht überschreitet, so könnte sich, selbst wenn wirklich in den Grundlagen der Zeitschätzung eine Periodizität des konstanten Fehlers begründet wäre, diese Periodizität doch nur durch einen fabelhaften Zufall in den minimalen Variationen des konstanten Fehlers mit solcher Regelmäßigkeit gezeigt haben. Dazu würden denn doch neben einer ganz außergewöhnlichen Präzision in der Zeitschätzung viel zahlreichere Versuche und eine von physikalischen Fehlerquellen freiere Versuchsanordnung erforderlich gewesen sein. (Ich habe besonders in Rücksicht auf diesen Fall die Fehlerquellen des

Apparates oben so genau durchgenommen.) Da also die Genauigkeit in dem Auf- und Absteigen des konstanten Fehlers in keinem Verhältnis zu den bei solchen Versuchen obwaltenden Fehlerquellen steht, so muß die gefundene Periodizität entweder einem ganz aufsergewöhnlichen Zufalle ihre Existenz verdanken, oder Herr MEHNER, welcher nach dem wissentlichen Verfahren experimentirte, ist eine im höchsten Grade beeinflusste Versuchsperson gewesen. Für die letztere Annahme würde man aber noch einen weiteren Umstand ins Feld führen können. Bei den Versuchen wurde nämlich von einer der Hauptzeit gleichen Vergleichszeit ausgegangen, diese allmählich vergrößert, bis der Unterschied erkannt wurde, dann durch Verkleinerung der Vergleichszeit der eben unmerkliche Unterschied bestimmt u. s. w. Nun ergaben nach MEHNER'S Tabellen je 10 verschiedene mit den Hauptzeiten 5,0 Sek. und 12,1 Sek. angestellte Versuche folgende Werte für die eben merklich gröfsere ( $t'_0$ ), eben nicht mehr merklich gröfsere ( $t''_0$ ), eben merklich kleinere ( $t'_n$ ) und eben nicht mehr merklich kleinere Vergleichszeit ( $t''_n$ ).

## Hauptzeit 5,00 Sek.

$t'_0$	$t''_0$	$t'_n$	$t''_n$
5,40	5,35	4,60	4,60
5,40	5,25	4,60	4,70
5,30	5,30	4,65	4,65
5,40	5,35	4,65	4,70
5,45	5,35	4,60	4,70
5,40	5,35	4,65	4,65
5,35	5,30	4,65	4,70
5,35	5,30	4,65	4,65
5,35	5,30	4,65	4,75
5,45	5,35	4,60	4,70

## Hauptzeit 12,1 Sek.

14,20	14,00	10,50	10,60
14,00	13,90	10,30	10,50
14,00	13,90	10,60	10,80
14,00	14,00	10,30	10,40
14,10	14,00	10,40	10,60
14,00	13,80	10,40	10,90
14,00	13,80	10,50	10,80
14,10	14,00	10,50	10,70
14,10	14,00	10,30	10,70
14,00	13,90	10,70	10,70

Da alle anderen Experimentatoren über die Unsicherheit der Schätzung bei Zeiten von dieser Größe klagen,<sup>1</sup> so muß es im höchsten Grade auffallend erscheinen, daß hier die aus verschiedenen Versuchen (welche bei der Hauptzeit 5,0 Sek. sogar auch an verschiedenen Tagen angestellt sind) gewonnenen Werte so unnatürlich genau übereinstimmen. Kommt doch bei der Hauptzeit 12,1 Sek. unter den 10 Werten für die eben merklich größere Vergleichszeit nicht weniger als 6 mal der Wert 14,00 Sek. vor. Dabei habe ich noch nicht einmal diese Hauptzeiten als besonders auffallende Beispiele aus den übrigen ausgesondert, es sind vielmehr die einzigen größeren Zeiten, für welche der Verfasser so ausführliche Daten giebt. Doch mag nun Herr MEHNER als Versuchsperson im höchsten Grade vorgezogen worden sein, oder mag ein außergewöhnlicher Zufall obgewaltet haben, Wert haben seine Resultate in keinem Falle.

Anspruch auf Beachtung kann demnach nur die letzte der aus dem Leipziger Institute hervorgegangenen Arbeiten machen, welche von GLASS (*Phil. Stud.*, IV., S. 423 ff.) herrührt. Daß der Verfasser den nötigen wissenschaftlichen Ernst bei seinen Untersuchungen hatte, dafür zeugt schon der Umstand, daß er für Zeiten von 0,7—15,0 Sek. zur Bestimmung des Ganges der Unterschiedsempfindlichkeit und des konstanten Fehlers nur bei unmittelbar aufeinanderfolgenden Intervallen ca. 10 000 Versuche angestellt hat.<sup>2</sup> Zu Schlüssen über die Unterschiedsempfindlichkeit sind seine Versuche allerdings nicht verwertbar, da er dieselben nach der VIERORDTSchen Reproduktionsmethode angestellt hat. Indessen hat ja auch die Bestimmung des Ganges der Unterschiedsempfindlichkeit für die größeren (2 Sek. wesent-

<sup>1</sup> WUNDT selbst sagt (*Phys. Psych.*, II, S. 351): „Dazu kommt, daß die Methode der Minimaländerungen in der Anwendung auf das Problem des Zeitsinns große Schwierigkeiten hat, da die Entscheidung über eben merkliche Zeitunterschiede im allgemeinen unsicher und bei längeren Versuchsreihen sehr ermüdend ist.“

<sup>2</sup> Wegen der anscheinenden Zuverlässigkeit des Verfassers, und weil Versuche, welche bei einem Kursus für Anfänger im Leipziger Institute gelegentlich ausgeführt wurden, seine Resultate (nach einer mündlichen Mitteilung des Herrn Dr. KÜLPE) bestätigt haben, so will ich auf den Umstand, daß GLASS Experimentator und Versuchsperson in einer Person war und demgemäß von dem Ausfall der Versuche immer unterrichtet war, kein großes Gewicht legen.

lich überschreitenden) Intervalle einen problematischen Wert, so lange nicht die Grundlagen für die Schätzung solcher Zeiten nachgewiesen sind. Zu diesem letzteren Zwecke können aber Versuche, welche nach der Reproduktionsmethode in geeigneter Weise angestellt werden, unter Umständen recht gut dienen, zumal wenn die verschiedenen Versuche für dieselbe Hauptzeit unmittelbar aufeinanderfolgen, was ja auch bei GLASS der Fall war. Denn dann hängen die Resultate infolge der Einübung weniger von den zahlreichen Zufälligkeiten ab. Aus den vorliegenden Resultaten scheint nun einerseits, ebenso wie aus denjenigen VIERORDTS, ein Unterschätzen größerer Zeiten und andererseits ein wirkliches periodisches Verhalten des konstanten Fehlers hervorzugehen. GLASS glaubt außerdem, aus seinen Resultaten auch noch eine Überschätzung kleiner Zeiten folgern zu können. Indessen stimmen hinsichtlich dieses Punktes die drei von GLASS zu verschiedenen Zeiten angestellten Versuchsreihen nicht ganz überein, indem die erste nur ein ganz minimales Überschätzen der kleinsten untersuchten Hauptzeit 0,7 Sek. zeigt. Da ich nun außerdem oben bei Besprechung des WUNDTschen Zeitsinnapparates die Wahrscheinlichkeit eines konstanten, die reproduzierte Zeit vergrößernden Fehlers der Versuchsanordnung nachgewiesen habe, so scheint mir die Annahme der Überschätzung kleiner Zeiten aus dem vorliegenden Material nicht mit Sicherheit hervorzugehen. Was dann den periodischen Gang des konstanten Fehlers anbetrifft, so hat derselbe nach GLASS relative Minima bei den Hauptzeiten 2,5; 3,75; 5,0; 6,25; 7,5; 8,75 Sek., also bei den Vielfachen der Zeit 1,25 Sek. Zu bemerken ist jedoch, daß diese Periodizität erst in der dritten und letzten Versuchsreihe ganz klar hervortritt. Zur Erklärung derselben hat man, wie schon oben erwähnt, einen Einfluß der Atmung auf die Zeitschätzung vermutet, und in in der That ist ja auch ein solcher bei den Zeiten über 2 Sek. schon a priori als höchst wahrscheinlich anzunehmen. Merkwürdig ist allerdings, daß der mittlere variable Fehler ein gleiches periodisches Verhalten nicht zeigt. Bei künftigen Untersuchungen über diese größeren Zeiten hat man demnach immer auch die Athmungscurve der Versuchsperson während der Versuche zu registriren. Sollte sich dann zeigen, daß wirklich die Periodizität von der Athmung herrührt, so würde die Untersuchung der größeren Zeiten natürlich bedeutend an Interesse verlieren.

## § 7.

## MÜNSTERBERG.

Kurz nachdem ich meine vorläufige Mitteilung „Über Kontrasterscheinungen infolge von Einstellung“ (*Nachr. von der Kgl. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen*, 1889, No. 20), in welcher ich schon die Grundzüge meiner Theorie andeutete, bei der hiesigen Gesellschaft der Wissenschaften eingereicht hatte, erschien das zweite Heft der MÜNSTERBERGSchen „*Beiträge zur experimentellen Psychologie*“, welches ebenfalls eine Theorie der Vergleichung kleiner Zeiten enthält. MÜNSTERBERG hebt darin mit Recht hervor, daß das nächste Ziel der Untersuchung die Feststellung der Hilfsmittel sein muß, auf Grund welcher wir Zeitintervalle bezüglich ihrer Größe beurteilen, daß dagegen das Anhäufen von Zahlen, von denen man nicht weiß, wofür sie ein Maß sind, durchaus zwecklos erscheint. Auf Grund von Selbstbeobachtung bei zahlreichen Zeitsinnversuchen glaubt nun MÜNSTERBERG folgende Theorie aufstellen zu können:

Die Grundlage für alles Zeitschätzen bilden Spannungsempfindungen, welche in den Muskeln der verschiedensten Organe dadurch hervorgerufen werden, daß sich die Aufmerksamkeit den das Zeitintervall begrenzenden Eindrücken zuwendet. Wenn einer Versuchsperson eine Reihe von Eindrücken in unregelmäßigen Intervallen gegeben wird, so ruft jeder Eindruck reflektorisch Muskelkontraktionen hervor, welche eine Adaptation des Sinnesorganes und dadurch ein Deutlicherwerden der Empfindung und eine Emporhebung derselben über den sonstigen Vorstellungsinhalt des Momentes bewirken. Der Eintritt der so entstehenden Spannungsempfindungen und des Deutlicherwerdens der Empfindung ist die Aufmerksamkeit<sup>1</sup> selbst. Wenn nun noch während des Vorhandenseins der vom ersten Eindrucke ausgelösten kontinuierlich abnehmenden Spannungsempfindung der zweite, das Intervall begrenzende Eindruck eintritt, so hat man an der im Momente der Einwirkung des zweiten Reizes vorhandenen Intensität der Spannungsempfindung ein Maß für

---

<sup>1</sup> Von einer Widerlegung dieser Aufmerksamkeitstheorie sehe ich im folgenden ab, da dieselbe wohl kein urteilsfähiger Leser ernsthaft genommen hat.

die Gröfse der Zwischenzeit. Da man ferner voraus weifs, dafs auf den ersten Eindruck ein das Intervall abschliessender zweiter Eindruck folgt, so ruft das Vorstellungsbild dieses Eindruckes eine vorbereitende Muskelspannung hervor, die beginnt, sobald die vom ersten Eindrucke herrührende Spannung verschwunden ist. Die Intensität, welche diese Spannungsempfindung in dem Momente erreicht hat, in welchem der zweite Eindruck eintritt, dient dann als Grundlage für die Schätzung etwas gröfserer Zeiten. Dabei ist jedoch noch zu bemerken, dafs die Kurven für das Abklingen der Spannung und das Wiederanwachsen derselben auch bei gleichen Intervallen nicht immer dieselben sind, dafs vielmehr sowohl das Wachsen wie das Abnehmen der Spannung willkürlich forciert oder verlangsamt werden kann. So vermag z. B. bei einem Intervall von 1 Sekunde einerseits das Abklingen der vom ersten Reize hervorgerufenen Spannung den ganzen Zeitraum in Anspruch zu nehmen, andererseits kann aber auch die Entspannungszeit annähernd gleich Null werden und dafür der ganze Zeitraum durch die langsam anwachsende vorbereitende Spannung für den zweiten Reiz ausgefüllt werden, und schliesslich können auch alle Übergänge zwischen diesen beiden Extremen stattfinden. Wenn man aber zwei Intervalle miteinander vergleicht, so läfst man beim zweiten Intervalle genau denselben Beschleunigungsanstofs auf die Entspannung wirken wie beim ersten Intervall und übt auch dieselbe verzögernde Hemmung auf die neue Spannung aus, so dafs die Vergleichbarkeit der Intervalle nicht leidet. Dem Übelstande, der durch die zeitliche Grenze der Zunahme der vorbereitenden Spannung entsteht, hilft dann die Atmung ab. Mit jeder Expiration läfst die Spannungsempfindung nach, mit jeder Inspiration nimmt sie wieder zu, so dafs auch gröfsere Zeiträume durch die periodisch zu- und abnehmenden Spannungsempfindungen ausgefüllt sind. Allerdings werden zwei Zeiten erst dann miteinander vergleichbar, wenn beide Anfangssignale in dieselbe Atmungsphase fallen. Diese Bedingung wird aber auch erfüllt durch den Umstand, dafs im allgemeinen jeder mäfsig starke Reiz von einer schnellen Einatmung begleitet ist. Ferner ist noch zu bedenken, dafs die Atmung beobachtet wird und dafs sie deshalb gegenüber der achtlos vollzogenen einige Modifikationen aufweist. Erstens ist nämlich das Tempo ein verlangsamtes; zweitens fällt die Pause zwischen dem Ende

der Ausatmung und dem Anfange der Einatmung weg; drittens wird der Maßstab dadurch verbessert, daß jetzt Einatmung und Ausatmung dieselbe Zeit in Anspruch nehmen; viertens kommt es zuweilen vor, daß auch die Expiration von einer protahierten Spannungszunahme begleitet ist, der dann beim Beginn der neuen Atmungsphase eine sehr schnelle Entspannung wie ein Auftakt vorangeht; fünftens wird häufig sowohl die Einatmung wie die Ausatmung durch stofsartiges Absetzen und Wiederansetzen in zwei, drei oder vier Abteilungen zerlegt, deren jede mit einem forcierten Muskelstofs beginnt und mit der Fixierung des Brustkorbes in bestimmter Stellung endigt. Dabei werden aber weder die Zahl der Atemzüge noch diejenigen ihrer Unterabteilungen gezählt. „Auch sie ordnen sich vielmehr einer rhythmischen Gliederung unter; ist die Zeit von vier Atemzügen ausgefüllt, so erhält der Inspirationsdruck des ersten und dritten noch einen kleinen stofsartigen, besonderen Accent, der beim ersten wieder stärker als beim dritten ist. Es ordnet sich dadurch eine beliebige, nicht zu große Zahl von Atemzügen wie die Teile eines Taktes an, so daß sie ohne begleitende Zahlvorstellung als Ganzes aufgenommen und als Ganzes reproduziert werden.“ Ein besonderes Hilfsmittel ist schließlichs noch für die ganz kleinen Zeiten unter  $\frac{1}{3}$  Sek. vorhanden. Bei diesen ist nämlich das Intervall zu kurz, um die Konstatierung einer merkbaren Entspannung zu ermöglichen. Wenn auf einen isolierten Reiz ein reizloses Intervall folgt, so bleibt ein centrales Nachbild, ein schwaches Erinnerungsbild der Empfindung, das mit der zeitlichen Entfernung vom Reize abnimmt. Auf die Intensität, welche dieses Erinnerungsbild beim Eintreten des zweiten Schalles besitzt, stützt sich die Schätzung dieser minimalen Zeiten.

Soweit die Resultate von MÜNSTERBERGS Selbstbeobachtung, welche von den Resultaten meiner inneren Wahrnehmung wesentlich abweichen. Übereinstimmung ist darin vorhanden, daß Spannungsempfindungen der Erwartung und (bei größeren Zeiten) die Atmungsthätigkeit eine Rolle beim Zeitschätzen spielen, während die Angaben im einzelnen verschieden lauten. Zur Erklärung der abweichenden Angaben kann man einerseits an individuelle Verschiedenheiten denken, andererseits ist aber auch zu beachten, daß sich, wie MÜNSTERBERG selbst hervorhebt, „niemand ganz der Gefahr entzieht, das psychologische

Erinnerungsbild unabsichtlich den vorgefaßten Anschauungen anzupassen.“ Wenn mir nun bei psychologischen Experimenten eine Versuchsperson innere Wahrnehmungen mitteilt, so prüfe ich, ehe ich diesen Mitteilungen Glauben schenke, erstens die Vertrauenswürdigkeit der Versuchsperson, sodann sehe ich zu, ob auch noch andere Versuchspersonen dasselbe auszusagen vermögen, und drittens untersuche ich, ob die Angaben der Versuchsperson unerklärte Thatsachen aufzuhellen vermögen, und ob nicht andere Versuchsthatsachen den Angaben direkt widersprechen. Was den ersten Punkt anbelangt, so kommt dabei die Frage, ob der Versuchsperson zuzutrauen ist, daß sie mit vollem Bewußtsein falsche Aussagen macht, wenig in Betracht, da natürlich nur zuverlässige Versuchspersonen benutzt werden dürfen; es handelt sich vielmehr nur darum, ob die Versuchsperson Übung in der Selbstbeobachtung hat und ob sie im allgemeinen ruhig und besonnen ist. Wenn man nun aber gesehen hat, wie rasch MÜNSTERBERG in seinen „Beiträgen“ mit ganz unbegründeten und unhaltbaren Hypothesen bei der Hand ist, so muß man bedenklich werden. Da außerdem die zahlreichen Einzelheiten, welche MÜNSTERBERG über die Änderung der Atmungsthätigkeit beim Schätzen von Zeiten angegeben hat, schon einem jeden, der die Schwierigkeit innerer Wahrnehmungen kennt, verdächtig vorkommen müssen, so dürfte ein Mißtrauen gegen seine Angaben nicht ganz unge-rechtfertigt erscheinen. Hierzu kommt dann noch zweitens, daß die Angaben von niemandem bestätigt sind, und drittens, daß MÜNSTERBERG zwar versucht hat, eine Reihe von Thatsachen aus seiner Theorie zu erklären, daß aber gerade die Erklärung der wichtigsten Versuchsthatsachen, wie ich jetzt zeigen werde, durchaus falsch ist.

Die erste dieser Thatsachen ist das von ESTEL, MEHNER und GLASS gefundene Periodizitätsgesetz, welches MÜNSTERBERG auf die Periodizität des Atmens zurückzuführen sucht. Er nimmt an, daß derjenige, welcher Multipla von 1,5 Sek. am genauesten schätzen konnte, bei ruhigem Sitzen 20 Atemzüge in der Minute gemacht habe, und daß demgemäß ein halber Atemzug bei diesem die Einheit des Maßstabes gewesen sei. Derjenige, welcher Multipla von 0,75 Sek. am genauesten schätzen konnte, soll bei derselben Atemfrequenz Expiration und Inspiration noch willkürlich in zwei Abteilungen zerlegt

haben, während durch eine andere Atemfrequenz des Dritten die Multiplen von 1,25 Sek. bevorzugt seien. Bei oberflächlichem Durchlesen wird diese Erklärung vielleicht manchem gefallen haben, thatsächlich zeugt sie aber nur für die außerordentliche Flüchtigkeit des Autors. Denn selbst wenn man davon absehen will, daß die Periodizitätsgesetze von ESTEL und MEHNER gar nicht als konstatiert gelten können, so ist doch noch erstens einzuwenden, daß überhaupt niemand die Multiplen von 1,5 Sek. am genauesten geschätzt hat. MEHNER, welcher hier offenbar gemeint ist, hat nämlich die Vielfachen von 1,5 Sek. (oder genauer, 1,42 Sek.) im Gegenteil gerade am ungenauesten geschätzt, am genauesten dagegen die ungeraden Vielfachen von 0,71 Sek. Diese Periodizität dürfte sich aber kaum durch die Atmungsthätigkeit erklären lassen. Ein zweiter Umstand, welcher gegen MÜNSTERBERGS Annahme spricht, ist dann die Thatsache, daß nach den Resultaten von GLASS der mittlere variable Fehler nicht die Periodizität des konstanten Fehlers zeigt.

Eine weitere Thatsache, welche MÜNSTERBERG für seine Theorie ins Feld führt, ist der zuerst von VIERORDT gefundene Kontrast. Die Erklärung desselben wird in folgender Weise versucht: „War die gegebene Hauptzeit größer, als wir erwartet, so werden wir beim Beginn der Vergleichszeit die vorbereitende Muskelspannung von vornherein stärker innerieren, der Maßstab wird dadurch unwillkürlich vergrößert, die kleinere Zeit, an demselben gemessen, wird somit noch kleiner erscheinen. War umgekehrt die Hauptzeit wider Erwarten kurz, so spannen wir bei der Vergleichszeit schwächer an, Spannung und Entspannung dauert kürzer, die längere Zeit wird dadurch noch länger erscheinen.“ Ich konstatiere zunächst, daß diese Erklärung im Widerspruch mit einer anderen Aussage MÜNSTERBERGS steht: „Nur das eine war ausnahmslos, daß wenn ich zwei gegebene Zeiten verglich oder eine zweite Zeit der ersten gegebenen gleichmachen wollte, daß ich dann beim zweiten Intervall aufs genaueste unwillkürlich dieselben Respirationsverhältnisse, dieselben Spannungsverhältnisse, überhaupt alle subjektiven Bedingungen genau so herstellte, wie beim ersten Intervall.“ Sieht man aber auch von diesem Widerspruch ab, so ist doch noch zweitens zu bemerken, daß die Kontrasterscheinungen nicht richtig beschrieben sind. Tritt eine Haupt-

zeit ein, welche größer ist, als wir erwartet haben, so erscheint nicht die nachfolgende Vergleichszeit auffallend klein, sondern die Hauptzeit selbst erscheint auffallend groß. Dieselbe Hauptzeit erscheint dagegen auffallend klein, wenn ihr eine Reihe größerer Hauptzeiten vorangegangen ist. Nun läßt sich allerdings auch dieser Fall durch MÜNSTERBERG'S Theorie erklären. Man kann nämlich sagen: Bei Versuchen mit größeren Hauptzeiten gewöhnen wir uns langsam zu entspannen und wieder zu spannen, dagegen lassen wir bei kleineren Zeiten die Kurven steiler fallen und wieder anwachsen. Folgt nun auf eine Reihe größerer Hauptzeiten plötzlich eine kleinere, so tritt das zweite Signal in einem Spannungsstadium ein, in welchem es bei Vorbereitung auf kleinere Zeiten nur bei besonders kleinen Zeiten eintritt, und ebenso tritt das zweite Signal bei einer unerwartet großen Zeit in einem Spannungsstadium ein, in welchem es bei Vorbereitung auf größere Zeiten sonst nur bei einem besonders großen Intervall eintritt. Indessen würde nach dieser Theorie der Umstand unerklärlich sein, daß die Kontrasterscheinung sich schon bei so geringen Differenzen zwischen den aufeinanderfolgenden Hauptzeiten (z. B. 0,7 und 0,8 Sek.) zeigt, wenn eine Einübung auf die vorangegangene stattgefunden hat, da nach MÜNSTERBERG die Spannungszunahme in 0,1 Sek. nur unwesentlich ist.

Schließlich sei noch eine dritte Tatsache erwähnt, welche für die Theorie sprechen soll. Nach einer gelegentlichen Beobachtung von MEHNER soll nämlich von zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Zeiten die zweite verkürzt erscheinen, wenn das dritte Signal schwächer ist als gewöhnlich und ebenso verlängert bei einem stärkeren Signale. MÜNSTERBERG glaubt nun diese Erscheinung folgendermaßen erklären zu können: „Offenbar ruft der zweite und dritte Schlag am Schluss des ersten und des zweiten Intervalls eine von der Intensität des Schlages abhängige Spannung reflektorisch hervor, die sich mit der Erwartungsspannung summiert; ist durch die Schwäche des dritten Schlages die Summe am Ende des zweiten Intervalls kleiner als die Summe am Schluss des ersten, so erscheint das zweite Intervall kürzer; genau derselbe Effekt nämlich wäre dann eingetreten, wenn das Intervall wirklich kürzer gewesen wäre, da dann die erwartende Spannung beim Eintreffen des dritten Reizes noch nicht die Höhe erreicht hätte, die sie beim

zweiten Reiz hatte. Umgekehrt muß, wenn die Schlußsumme größer ist, das Intervall vergrößert erscheinen.“ Diese Erklärung scheint sehr schön zu stimmen, nur ist die zu erklärende Thatsache falsch. Genau das Umgekehrte findet nämlich statt. Ein Intervall erscheint verkürzt, wenn das abschließende Signal stärker als gewöhnlich ist. Da mir dies die verschiedenen Versuchspersonen von selbst angegeben haben, so glaube ich die abweichende Angabe MEHNERS als auf einem Versehen beruhend betrachten zu können. Wie sehr aber gerade diese Thatsache für die Rolle des Nebeneindrucks der Überraschung spricht, davon wird weiter unten die Rede sein.

Außer den angeführten Versuchsthatsachen hat MÜNSTERBERG noch eine Reihe von gelegentlichen Bemerkungen der verschiedenen Experimentatoren durch seine Theorie zu erklären gesucht. Da dieselben indessen erstens zum größten Teil nicht als sichergestellt betrachtet werden können, da dieselben ferner zweitens so beschaffen sind, daß sie event. durch die verschiedensten Theorien erklärt werden können, bezw. gar nicht mit der wirklichen Theorie in Zusammenhang zu stehen brauchen, und da endlich drittens ein Teil derselben sich nur auf die größeren Intervalle von mehreren Sekunden, welche uns hier weniger interessieren, bezieht, so sehe ich von einer näheren Besprechung derselben ab. Zu erwähnen sind nur noch einige nach der Methode der mittleren Fehler angestellte Versuchsreihen, welche den Einfluß der von den Atemzügen abhängigen Spannungen und Entspannungen auf unsere Zeitschätzung beweisen sollen. Es ergab sich bei zwei parallelen Versuchsreihen mit Zeiten von 6—60 Sek., bei deren einer das zweite Signal vom Assistenten immer so angegeben wurde, daß es in derselben Atmungsphase eintrat wie das erste, während bei der anderen vom Assistenten keine Rücksicht auf die Atmung der Versuchsperson genommen wurde, daß bei der ersteren der mittlere Fehler wesentlich geringer war. Bewiesen wird durch diese Versuche natürlich nur, daß man sich beim Schätzen größerer Zeiten auf die Atmung stützen kann. Es bleibt dagegen dahingestellt, ob nicht noch andere Grundlagen, welche in psychologischer Hinsicht wesentlich interessanter sind, für die Schätzung dieser Zeiten existieren.

## § 8.

## Kleinere Beiträge.

Eine Reihe von kleineren experimentellen Beiträgen zu dem vorliegenden Problem haben noch verschiedene Forscher geliefert. Zunächst ist EXNER zu erwähnen (Exper. Untersuch. der einfachsten psych. Prozesse, *Pflüg. Arch.*, VII., S. 639). Derselbe machte bei Gelegenheit von Reaktionsversuchen die Bemerkung, daß man subjektiv sehr genau schätzen kann, ob eine Reaktionszeit den mittleren Werth übertroffen bzw. nicht erreicht hat. Da in diesen Fällen die zu schätzenden Zeiten zum Teil von Eindrücken verschiedener Sinnesorgane begrenzt sind, würden sich vielleicht bei einer Untersuchung über die Grundlagen solcher Schätzungen interessante Resultate ergeben können.

BUCCOLA (*La Legge del Tempo nei Fenomeni del pensiero*, Milano 1883, S. 374 ff.) hat eine Versuchsreihe nach der Methode der mittleren Fehler ausgeführt. Da er in der Weise VIERORDTS operierte, kann ich seine Versuche hier wohl aus den bei Besprechung der Resultate jenes Forschers geltend gemachten Gründen übergehen.

STANLEY HALL und JASTROW (*Studies of Rhythm*, Mind XI, S. 62) untersuchten, ob (analog der bekannten optischen Täuschung bei Vergleichung einer geteilten Linie mit einer ungeteilten) Intervalle, in welche zwischen Anfangs- und Endsignal noch andere gleiche Signale eingeschaltet sind, größer erscheinen als gleich große leere Intervalle. Es ergab sich, daß diese Täuschung bei Intervallen von 1—2 Sek., welche durch eine Pause voneinander getrennt sind, dann eintritt, wenn das volle Intervall vorangeht. Am deutlichsten erwies sich die Täuschung einerseits bei großen Pausen von mehreren Sekunden und andererseits bei solchen Pausen, die kleiner als  $\frac{3}{4}$  Sek. waren. Ich habe diese Versuche mit Intervallen von 2 Sek. und mit ca. 8 eingeschalteten Signalen wiederholt und kann die Resultate im allgemeinen bestätigen. Nur muß ich hervorheben, daß die Täuschung bei den größeren Pausen gar nichts mit der Vergleichung von vollen und leeren Intervallen zu thun hat. Denn auch von zwei leeren, durch eine Pause voneinander getrennten Intervallen erscheint das zweite um so kürzer, je größer die Pause ist. Die Täuschung dürfte demnach auf

Rechnung des beim Vergleichen wirksamen konstanten Zeitfehlers zu setzen sein, dessen Erklärung in § 11 erfolgen wird. Bei Pausen von ca. 1 Sek. war dagegen bei mir die Täuschung teils gar nicht, teils nur in sehr geringem Maße vorhanden. Die Urteile fielen in diesen Fällen immer sehr unsicher aus, und ich hatte nach keinem Versuche den Eindruck, die beiden Intervalle ordentlich miteinander verglichen zu haben. Es lag dieses wohl zum Teil daran, daß ich das Endsignal des vollen Intervalls, während es ertönte, nicht als Endsignal erkennen konnte, weil ich die eingeschalteten Signale nicht zählte. Infolgedessen wartete ich noch nach dem Eintritt des Endsignals einige Zeit auf das Eintreten weiterer Signale, wodurch natürlich die Schätzung des vollen Intervalls erschwert wurde. Außerdem wurden die beiden Intervalle auch noch dadurch unvergleichbar, daß die Aufmerksamkeit während des vollen Intervalls unwillkürlich gespannt blieb, während des leeren dagegen nicht. Was endlich die Zunahme der Täuschung bei Pausen, welche kleiner als  $\frac{3}{4}$  Sek. sind, anbetrifft, so folgen hier Endsignal des ersten Intervalls und Anfangssignal des zweiten Intervalls so rasch aufeinander, daß die Pause in der Auffassung kaum von dem vollen Intervalle zu trennen ist. Das volle Intervall wird daher überschätzt.

Unter der Leitung von S. HALL haben dann noch 2 Schüler desselben Untersuchungen ausgeführt. Der erste, STEVENS (*On the time-sense*, Mind XI, S. 393 ff.), machte Versuche folgender Art. Der Versuchsperson wurde aufgegeben, möglichst gleichzeitig mit den Schlägen eines Metronoms kleine Markierbewegungen auszuführen und hiermit auch noch nach dem Aufhören der Metronomschläge fortzufahren. Nachdem dann die Versuchsperson sich auf das Intervall eingeübt hatte, bewirkte der Experimentator, daß die Momente der Markierbewegungen auf einer rotierenden Trommel, auf welcher zugleich eine Stimmgabel schrieb, registriert wurden, und hielt nach einer bestimmten Anzahl weiterer Schläge das Metronom an. Es ergab sich, daß der Mittelwert aus den während der Thätigkeit des Metronoms bewirkten Reproduktionen mit dem Mittelwerte der späteren Reproduktionen nur bei einem bestimmten Intervalle, welches bei den verschiedenen Versuchspersonen zwischen 0,53 und 0,87 Sek. variierte, übereinstimmte. Bei kleineren Intervallen erwies sich der letztere Mittelwert als

kleiner und bei größeren Intervallen entsprechend als größer. Die Intervalle, welche von den verschiedenen Versuchspersonen auch noch nach dem Aufhören der Metronomschläge annähernd unverändert reproduziert wurden, gehören zu den „adäquaten“ Intervallen. Dafs diese bevorzugt sind, ist nach meiner Theorie leicht verständlich. Auch begreift sich leicht, dafs die kleineren Intervalle nach dem Fortfall des regulierenden Einflusses der Metronomschläge durchschnittlich abnehmen, da nach dem Aufhören der Metronomschläge die vorher geteilte Aufmerksamkeit sich ausschliefslich den Markierbewegungen zuwendet. Weshalb dagegen die größeren Intervalle durchschnittlich zunehmen, vermag ich gegenwärtig nicht anzugeben.

Neuerdings hat dann ein zweiter Schüler von HALL, H. NICHOLS (*The psychology of time, American Journ. of Psych.*, Bd. III, S. 453—529, Bd. IV, S. 60—112), Resultate erhalten, welche geeignet sind meine Anschauungen zu bestätigen. Die Versuchsanordnung war derjenigen von STEVENS ähnlich. Der Versuchsperson wurden 6 Signale (Schalleindrücke) in gleichen Intervallen gegeben und ihr die Aufgabe gestellt, auf die Signale zu achten und zugleich die Intervalle vom dritten Signale an während zweier Minuten ununterbrochen durch Niederdrücken einer Taste zu reproduzieren. Nachdem dann nach kurzer Pause 6 neue Signale in einem größeren bzw. kleineren Intervalle angegeben waren, und die Versuchsperson sich ebenfalls während einiger Minuten bemüht hatte, dieses neue Intervall ununterbrochen zu reproduzieren, wurde der erste Versuch wiederholt und zugesehen, wie die reproduzierten Zeiten sich durch die Einübung auf das eingeschobene Intervall geändert hatten. Es ergab sich aus zahlreichen und sorgfältig angestellten Versuchen, dafs dieselben im allgemeinen durch Einschiebung eines größeren Intervalls vergrößert und durch Einschiebung eines kleineren verkleinert werden. Um dann nachzuweisen, dafs dieses Resultat nicht durch eine Einübung der Muskeln hervorgerufen war, führte NICHOLS noch parallele Versuchsreihen aus, bei welchen das eingeschobene Intervall nicht durch Gehörseindrücke, sondern durch Eindrücke des Tastsinnes begrenzt war, und die Versuchsperson nur auf das Intervall achtete, ohne es zu reproduzieren. Da auch in diesem Falle derselbe Einflufs des eingeschobenen Intervalls sich äußerte, führt NICHOLS das Resultat mit Recht auf eine Ein-

stellung der nervösen Centren zurück. Die Ähnlichkeit dieses Resultats mit den in meiner vorläufigen Mitteilung schon erwähnten Erscheinungen hebt NICHOLS ferner selbst hervor, polemisiert aber zugleich gegen meine dort nur kurz angedeutete Erklärung. Er sagt nämlich, „to say, that the sensory centre after adjustment „expects“ a certain rate of excitation is vague in the extreme.“ Da ich aber den Ausdruck „das sensorische Centrum erwartet“ in meiner vorläufigen Mitteilung gar nicht gebraucht habe, kann der Einwand nur auf einem Mißverständnisse beruhen.

Einen kleinen, aber wichtigen Beitrag lieferte F. MARTIUS (*Zeitschr. f. klin. Medizin*, XV., S. 536 ff.), indem er nachwies, daß wir fast isochron mit rhythmisch sich wiederholenden Schalleindrücken kleine Markierbewegungen auszuführen vermögen. Die Versuchsanordnung war derart, „daß die eine Versuchsperson möglichst rhythmisch durch Klopfen aus freier Hand akustische, sich selbst registrierende Signale erzeugte, welche die andere Versuchsperson auskultierte und, ohne hinzusehen, möglichst isochron durch eine mechanische Vorrichtung auf dieselbe Trommel des Kymographions übertrug.“ Das Resultat war, daß im Durchschnitt der Fehler der Registrierungen 0,03 Sek. nicht überstieg, und daß zugleich auch die Schwankungen des primären Rhythmus im Durchschnitt nicht größer als 0,03 Sek. waren. Es ergab sich ferner aus den Versuchen, daß Differenzen über 0,06 Sek. zwischen dem primären und dem sekundären Schlag immer deutlich erkannt wurden, Differenzen unter 0,04 Sek. dagegen nicht mehr. Was nun den bei dem Registrieren solcher rhythmischen Schlagfolgen stattfindenden psychischen Vorgang anbetrifft, so hält MARTIUS durch seine Versuche mit Recht für erwiesen, daß es sich dabei nicht um abgekürzte Reaktionen handelt. Auch der Ansicht KRÄPELINS (*Zur Methodik der Herztonregistrierung, Deutsche Med. Wochenschrift*, 1888, No. 33), welcher meint, daß die Zeitschätzung in Frage kommt, und daß ein Unterschied mit den GLASSschen Versuchen nur darin zu suchen ist, „daß bei letzteren das Hauptintervall nur einmal bei jedem Versuche angegeben wurde, während bei MARTIUS das rhythmische Geräusch mehrmals hintereinander wiederkehrte und somit einen immer von neuem regulierenden Einfluß auf die Größe des Schätzungsfehlers ausüben mußte“, glaubt MARTIUS auf Grund der Resultate seiner

Selbstbeobachtung widersprechen zu müssen. Es soll nach ihm ein besonderer psychischer Vorgang stattfinden, welchen er mit folgenden Worten beschreibt: „Nun folgen bei der gewählten Versuchsanordnung die zu markierenden Gehörseindrücke in gleichen Zeitintervallen aufeinander. Es ist nicht schwer, diesen Rhythmus sich genau einzuprägen und in demselben Rhythmus, in dem die sensiblen Eindrücke anlangen, die motorischen Impulse der markierenden Fingerbewegung sich folgen zu lassen. Um isochron zu markieren, ist dann weiter nichts mehr nötig, als beide Reihen rhythmischer psychischer Akte gewissermaßen zur Deckung zu bringen. Das geschieht rein empirisch durch ein einfaches Probieren. Ich klopfe nämlich — zunächst gewissermaßen blind — in dem einmal erfassten Rhythmus, mich fortwährend korrigierend, so lange mit, bis ich mit Hilfe der direkten sinnlichen Kontrolle zwischen den in gleichen Zeitintervallen sich folgenden Gehörseindrücken und den Tasteindrücken beim Markieren keine zeitliche Differenz mehr empfinde.“ Bei dieser Erklärung wird vorausgesetzt, daß wir uns einen Rhythmus genau einprägen können. Ist dies aber der Fall, so dürfte doch wohl auch die Schätzung kleiner Zeiten auf dieser Fähigkeit beruhen. Die Polemik von MARTIUS gegen die Ansicht KRÄPELINS, welche mit meiner auf S. 6 f. gegebenen Erklärung übereinstimmt, scheint mir daher schon durch seine eigenen Angaben widerlegt zu sein. Was dann weiter die Behauptung von MARTIUS anbetrifft, daß wir anfangs gleichsam blind mitklopfen und erst allmählich die Reihe der Schalleindrücke mit den Bewegungen zur Koincidenz bringen, so kann ich dieselbe nach den Resultaten meiner inneren Wahrnehmung nicht bestätigen. Mir scheint es vielmehr, daß die Bewegungen sich gleich zur richtigen Zeit einstellen, vorausgesetzt, daß man sich vor Beginn derselben erst auf das Intervall eingestellt hat, und daß man die Gedanken nicht abschweifen läßt. Sobald allerdings die Aufmerksamkeit irgendwie abgelenkt wird, kommt es leicht vor, daß die Bewegungen sich nicht zur richtigen Zeit einstellen.

Als letzter Experimentator ist schließlic noch PANETH zu erwähnen, dessen Resultate (nach seinem Tode) EXNER mitgeteilt hat (Versuche über den zeitlichen Verlauf des Gedächtnisbildes, *Centralblatt für Physiol.*, IV., S. 81 ff.). Untersucht wurde die Änderung der reproduzierten Zeitintervalle mit der Größe

der Zwischenzeit zwischen Auffassung und Reproduktion. Der Versuchsperson wurde durch ein zweimaliges Niederdrücken einer Taste die Hauptzeit, welche zwischen Bruchteilen einer Sekunde und mehreren Sekunden schwankte, angegeben und ihr die Aufgabe gestellt, nach einer Pause, deren Größe „von einem nicht mehr bestimmbar Bruchteile einer Sekunde bis zu 5 Minuten variierte“, möglichst genau zu reproduzieren. „Die Messungen wurden dadurch ermöglicht, daß an dem Taster ein Elektromagnet befestigt war, der die Schwingungen einer Stimmgabel auf das Kymographion zeichnete; die entstehende Wellenlinie verlief höher oder tiefer, je nachdem der Taster niedergedrückt war oder nicht.“ Es ergab sich, daß eine Abnahme der Genauigkeit der Reproduktion mit der Größe der Pause durch die benutzten Hilfsmittel nicht konstatiert werden konnte. Ferner erwähnt EXNER noch, daß analoge Versuche, welche von R. WAHLE auf seine Veranlassung mit weißen Kreisen auf schwarzem Grunde und mit wenig verschiedenen Helligkeiten angestellt, aber nicht publiziert seien, ebenfalls ein negatives Resultat in Beziehung auf die Abnahme „der Schärfe des Gedächtnisbildes“ während der ersten Minuten ergeben hätten. Durch diese Untersuchungen sollen nun frühere Angaben von E. H. WEBER, welcher bei der Vergleichung von successiv dargebotenen Linien eine Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit mit der Größe der Zwischenpause konstatiert zu haben glaubte, widerlegt sein, da die bei den neueren Untersuchungen angewandten Methoden derjenigen WEBERS jedenfalls überlegen gewesen wären. Diese Schlussfolgerung ist aber, soweit sie sich auf die Zeitsinnversuche stützt — über die anderen Versuche vermag ich nicht zu urteilen, da jegliche Angabe über die benutzte Methode fehlt — jedenfalls falsch. Denn da man, wie oben auseinandergesetzt, durch Versuche nach der Reproduktionsmethode überhaupt keinen Aufschluß über die Unterschiedsempfindlichkeit erhalten kann, sind auch die nach dieser Methode angestellten Untersuchungen über die Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit mit der Größe der Zwischenpause durchaus unzuverlässig. Werden die Versuche, wie es bei den in Rede stehenden geschehen zu sein scheint, in der Weise angestellt, daß fortwährend mit der Hauptzeit gewechselt wird, so müssen sich infolge der zahlreichen Fehlerquellen, wie die

Versuche von VIERORDT<sup>1</sup> beweisen, sehr ungenaue Reproduktionen ergeben. Eine etwaige Wirkung der Zwischenpause kann daher durch die sonstigen Fehlerquellen leicht verdeckt werden.<sup>2</sup>

### III.

#### Bericht über eigene Versuche.

##### § 9.

#### Versuche über die Unterschiedsempfindlichkeit nach der Methode der $r$ - und $f$ -Fälle.

Da von den Untersuchungen über die Unterschiedsempfindlichkeit für kleine Zeitgrößen nur diejenigen von MACH und eine Versuchsreihe von VIERORDT, wie wir im vorigen Abschnitte gesehen haben, überhaupt in Frage kommen können, und da diese, soweit sie die interessanteren kleineren Zeiten betreffen, in methodischer und technischer Beziehung noch viel zu wünschen übrig lassen, beschloß ich neue Untersuchungen anzustellen mit möglichst verbesserten Hilfsmitteln. Von den Maßmethoden wählte ich diejenige der richtigen und falschen Fälle aus. Die Methode der Minimaländerungen dürfte bei den kleinen (2 Sek. nicht wesentlich überschreitenden) Zeiten schon deshalb unbrauchbar sein, weil bei der großen Unterschiedsempfindlichkeit die erforderlichen minimalen Änderungen sich nicht mit genügender Genauigkeit herstellen lassen.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bei diesen Versuchen ergab sich neben dem konstanten Fehler noch ein mittlerer variabler Fehler von mehr als 10%.

<sup>2</sup> Die Abhandlung von EJNER (*Experimentelle Studien über den Zeitsinn*, Inaug.-Diss., Dorpat 1889) habe ich unerwähnt gelassen, weil das kleinste der dort berücksichtigten Intervalle  $\frac{1}{2}$  Minute beträgt.

<sup>3</sup> Merkwürdigerweise hat WUNDT (Über psych. Methoden, *Phil. Stud.* I. S. 13 und 35 ff.) die Methode der  $r$ - und  $f$ -Fälle für unbrauchbar erklärt, weil man bei der Feinheit der Unterschiedsempfindlichkeit „den Apparaten eine sehr große Genauigkeit geben müßte, um den Ansprüchen der Methode zu genügen“, und dafür die Methode der Minimaländerungen empfohlen. Das Irrtümliche dieser Angabe erkennt man leicht, wenn man bedenkt, daß bei der Methode der Minimaländerungen Unterschiede hergestellt werden müssen, von denen die Unterschiedsschwelle noch ein Vielfaches ist, während die bei der Methode der  $r$ - und  $f$ -Fälle zu benutzende Differenz doch wenigstens gleich der Unterschiedsschwelle sein kann.

Außerdem würde aber auch noch zu bedenken sein, daß zwei unmittelbar aufeinander folgende ungleiche Intervalle nach öfterer Wiederholung einander gleich zu werden scheinen, auch wenn ihre Differenz anfangs subjektiv deutlich merkbar ist, und daß daher die Methode der Minimaländerungen den Wert der Unterschiedsschwelle in vergrößertem Maßstabe wiedergeben dürfte. Dieselbe Thatsache bedingt natürlich auch, daß bei den Versuchen nach der Methode der  $r$ - und  $f$ -Fälle fortwährend mit größeren und kleineren Vergleichszeiten gewechselt werden muß.

Da sich schon durch die früheren Untersuchungen für die kleineren Zeiten eine verhältnismäßig große Unterschiedsempfindlichkeit ergeben hatte, war die Benutzung genauer und sorgfältig kontrollierter Apparate durchaus erforderlich. Nach langer Überlegung entschloß ich mich zu der folgenden Versuchsanordnung, von der der nebenstehende schematische Grundriß ein Bild giebt, und welche glücklicherweise selbst dann noch annähernd genügt, als die Versuche eine ganz unerwartet feine Unterschiedsempfindlichkeit bei den minimalen Zeiten ergaben. Ein von dem bekannten Mechaniker G. BALTZAR in Leipzig angefertigtes Uhrwerk, welches durch Gewichte getrieben wird, versetzt eine in horizontaler Lage befindliche Axe  $AB$  in Rotation. Auf der Axe befinden sich drei sorgfältig abgedrehte Metallringe  $R_1, R_2, R_3$ , an deren Peripherie Platinspitzen in beliebig variierbaren Abständen befestigt werden können. Diese Abstände lassen sich mit Hülfe einer auf die Axe neben die Ringe zu schiebenden, mit Kreisteilung versehenen Scheibe genau bestimmen. Die Platinspitzen, welche genau gleich lang sind, streifen bei der Rotation eine Quecksilberkuppe, und zwar ist für jeden Ring eine besondere von den anderen isolierte Quecksilberkuppe ( $Q_1, Q_2, Q_3$ ) vorhanden, deren Durchmesser durch eine geeignete Vorrichtung innerhalb bestimmter Grenzen variiert werden kann. Jede dieser Kuppen steht in leitender Verbindung mit einem der Quecksilbernapfe  $M_1, M_2, M_3$ . In jeden dieser letzteren kann durch einen kleinen Druck auf eine Feder eine Platinspitze eingetaucht werden, welche ihrerseits mit dem Quecksilbernapfe  $N$  in leitender Verbindung steht. Von der Batterie  $E$  geht nun die Stromleitung erst zu einem Kommutator, von dort einerseits durch das Telephon  $T$  zu dem Quecksilbernapfe  $N$  und andererseits nach

der Axe  $AB$ . Streift demnach eine Platinspitze bei der Rotation der Ringe die entsprechende Quecksilberkuppe und ist die Verbindung bei  $M_1$  bzw.  $M_2, M_3$  hergestellt, so entsteht in dem Telephone, welches die Versuchsperson an das Ohr hält, ein kurzes Geräusch, und zwar erreichte ich durch Veränderung der Dauer des Stromschlusses immer, dafs die beiden Geräusche, welche durch Öffnung und Schließung des Stromes entstehen,

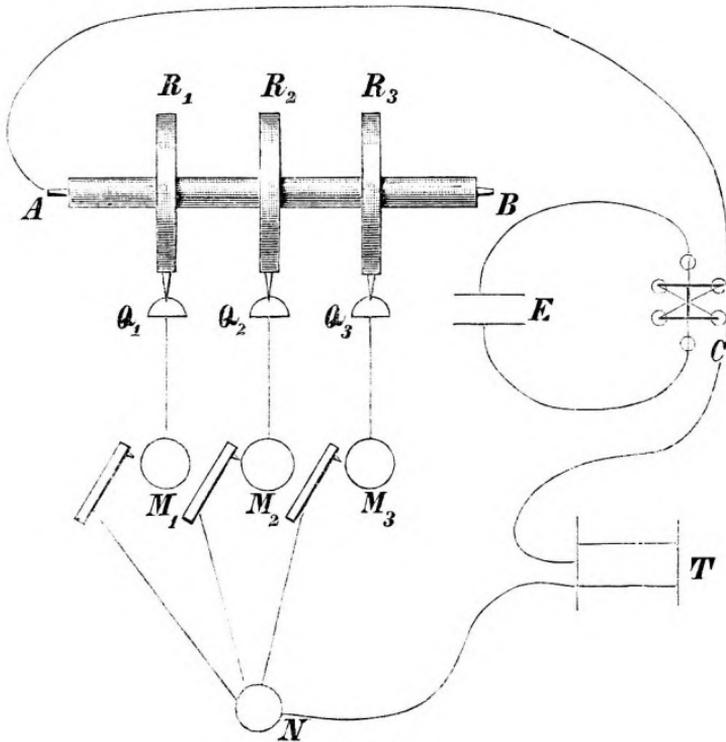


Fig. 4.

sich zu einem einzigen, angenehm klingenden, knallartigen Geräusche vereinigten. Indem ich dann an dem einen Ringe drei Platinspitzen in gleichen Abständen, an jedem der beiden anderen Ringe aber nur die ersten beiden Spitzen in demselben Abstände, die dritte dagegen in einem größeren bzw. kleineren Abstände befestigte, konnte ich durch einen kleinen Fingerdruck auf eine der drei Federn im Telephone nach Belieben Geräusche in gleichen oder in verschiedenen Intervallen auslösen. Da die Platinspitzen und die kleinen Apparate, mit deren Hülfe die Spitzen an den Ringen befestigt wurden, die Centrierung des Ringes wesentlich störten, mußten auf der

diametral gegenüberliegenden Seite desselben ebenfalls drei Spitzen befestigt werden, und zwar geschah dies hier in der Weise, daß das Intervall zwischen der zweiten und dritten Spitze bei allen drei Ringen gleich war, dasjenige zwischen der ersten und zweiten Spitze dagegen verschieden. Es wurden die drei Spitzengruppen der ersten oder diejenigen der zweiten Art benutzt, je nachdem die Hauptzeit (Normalzeit) an erster oder an zweiter Stelle genommen werden sollte.

Um die Gleichmäßigkeit der Rotation genau kontrollieren zu können, benutzte ich einen für das hiesige psychologische Institut nach meinen Angaben vom Mechaniker C. DIEDERICHS in exaktester Weise angefertigten Chronographen. Derselbe unterscheidet sich von dem von WUNDT konstruierten Chronographen (vergl. *Phil. Stud.*, IV., S. 457 ff.) nur in zwei wesentlichen Punkten. Eine erhebliche Verminderung der Kosten erreichte ich dadurch, daß ich zum Treiben der beruften Trommel statt des teuren Uhrwerks einfach ein durch Treten in Bewegung zu setzendes Schwungrad benutzte. Nach geringer Übung ist man durchaus im stande, vor dem Apparate sitzend, das Schwungrad durch Treten in Bewegung zu erhalten und zu gleicher Zeit mit den Händen alle erforderlichen Manipulationen auszuführen. Zweitens habe ich den von WUNDT benutzten Zeitmarkierer durch den PFEILSchen Zeitmarkierer ersetzt, welcher mir handlicher und auch genauer zu sein scheint. Der auf berufstem Papier schreibende Hebel dieses Zeitmarkierers zeichnet bei der Öffnung des Stromes eine scharfe Ecke auf, so daß eine Bestimmung der Momente der Stromöffnungen mit großer Genauigkeit geschehen kann. Da die von mir zur Zeitmessung benutzte Stimmgabel 250 Doppelschwingungen in der Sekunde macht und da man  $\frac{1}{4}$  Schwingung noch genügend genau nach dem Augenmaß schätzen kann, so konnte ich bequem die Größe der Intervalle bis auf 0,001 Sek. bestimmen. Sollte bei anderen Untersuchungen eine wesentlich größere Genauigkeit erforderlich sein, so würde sich auch diese bei Benutzung einer Stimmgabel mit größerer Schwingungszahl leicht mit meinem Chronographen erzielen lassen, da die Latenzzeit des PFEILSchen Zeitmarkierers nach den Untersuchungen von TIGERSTEDT (*Arch. f. [Anat. und] Physiol.*, Suppl.-Bd., 1885, S. 133 und 137 f.) bei der Stromöffnung 0,001 Sek. nicht erreicht und da der Fehler bei der Bestimmung des Inter-

valls zwischen zwei Stromöffnungen nur durch die Differenz der beiden Latenzzeiten bedingt ist. Mit diesem Apparate habe ich nun die Gröfsen der physikalischen Fehlerquellen meiner Versuchsanordnung zu bestimmen gesucht. Indem ich sorgfältig auf die Gleichmäfsigkeit der Temperatur des Versuchszimmers achtete und indem ich öfter mit Hülfe einer Fünftelsekundenuhr die für 10 Umdrehungen erforderliche Zeit bestimmte und dem Ausfall dieser Kontrolle entsprechend eine etwaige kleine Änderung durch Vermehrung oder Verminderung des treibenden Gewichtes ausglich, erreichte ich es z. B., dafs bei drei, innerhalb zweier Stunden mit dem Chronographen ausgeführten Prüfungsreihen über die Konstanz eines Intervalls von 0,3 Sek. sich nur eine mittlere Variation von 0,003 Sek. zeigte. Dabei umfafste jede Prüfungsreihe ca. 10 Einzelprüfungen. Allerdings konnte nur die Konstanz der zwischen den Stromöffnungen liegenden Intervalle gemessen werden, nicht diejenige der durch die entsprechenden Telephongeräusche begrenzten Intervalle, indessen dürfte das Telephon (Patent von SIEMENS und HALSKE) den Fehler nur wenig vermehrt haben. Bei gröfseren Intervallen zeigte sich eine entsprechend gröfsere mittlere Variation, jedoch überstieg dieselbe nie den hundertsten Teil des Intervalls. Die Kontrollierungen mit dem Chronographen wurden wegen des sehr zeitraubenden Charakters derselben nur von Zeit zu Zeit vorgenommen, diejenigen mit der Fünftelsekundenuhr dagegen vor und nach jeder, nur wenige (höchstens fünf) Minuten dauernden Versuchsreihe.

Auf Reinhaltung der Quecksilberkuppen und der Platinspitzen wurde sorgfältig geachtet, da durch die geringste Störung in der Funktionierung des Kontaktes leicht unangenehm kratzende Geräusche im Telephon entstanden. Die Quecksilberkuppen wurden daher nicht nur an jedem Versuchstage, sondern auch ein bis zweimal im Laufe der Versuche erneuert, obwohl der sehr schwache Strom im allgemeinen keinen sichtbaren Öffnungsfunken hervorrief.

Da eine meiner Versuchspersonen sich gegen das ziemlich konstante, von den Windflügeln des Rotationsapparates herührende Geräusch empfindlich erwies, brachte ich dieselbe mit dem Telephon in das Nebenzimmer, in welchem man dieses Geräusch nur bei besonders darauf gerichteter Aufmerksamkeit eben noch wahrnahm.

Da die Einstellung der Aufmerksamkeit sich bei den verschiedenen Intervallen verschieden rasch vollzieht, können offenbar nur die bei annähernd maximaler Einübung auf die einzelnen Intervalle erhaltenen Resultate Wert haben. Bei den Versuchen nach der Methode der  $r$ - und  $f$ -Fälle wurde daher eine Reihe von Tagen immer mit derselben Hauptzeit (Normalzeit) operiert, bis sich keine merkliche Übung in den Resultaten mehr zeigte. An jedem Tage wurden mit derselben Versuchsperson 120 auf 4 Reihen gleichmäÙig verteilte Einzelversuche vorgenommen. Zwischen den einzelnen Versuchen einer Reihe wurden nur kleine Pausen von wenigen (2—4) Sekunden gemacht, welche für dieselbe Hauptzeit konstant blieben. Hierdurch wurde erstens erreicht, daß die Versuche nur wenig ermüdend und anstrengend waren, und zweitens, daß die Versuchsperson sich auf die konstante Pause einüben konnte und infolge dessen immer wieder zur richtigen Zeit auf den neuen Versuch vorbereitet war. Zwischen den einzelnen Versuchsreihen lag eine Pause von ca. 2 Minuten, die allerdings nicht allzu ängstlich eingehalten wurde, da die Kontrollierung der GleichmäÙigkeit der Rotationsgeschwindigkeit und andere Umstände häufig eine etwas gröÙere Pause erforderlich machten. Bei den ersten Versuchen wurde nach jeder Reihe mit der Zeitlage der Normalzeit gewechselt, später nahm ich jedoch aus weiter unten anzuführenden Gründen die Normalzeit immer an erster Stelle.

Wie oben erwähnt, standen mir drei verschiedene Vergleichszeiten zu Gebote, von denen die erste um ein bestimmtes Intervall gröÙer war als die Normalzeit, die zweite um dasselbe Intervall kleiner, während die dritte der Normalzeit gleich war. Da die Differenzen im allgemeinen so klein genommen wurden, daß eine gleiche Vergleichszeit häufig mit einer gröÙeren oder kleineren verwechselt wurde und umgekehrt eine gröÙere oder kleinere Vergleichszeit mit einer gleichen, so konnte ich der Bequemlichkeit halber ganz regelmäÙig mit den verschiedenen Vergleichszeiten wechseln, ohne daß die Versuchsperson es merkte, und zwar geschah dies zuerst in folgender Reihenfolge: gröÙer, gleich, kleiner | kl. gl. gr. | gr. gl. kl. | kl. . . . Als jedoch eine Versuchsperson, welche eine außerordentlich feine Unterschiedsempfindlichkeit zeigte, bei den kleinsten untersuchten Intervallen, bei denen ich aus Rücksicht auf physi-

kalische Fehlerquellen die Differenzen verhältnismäßig groß nehmen mußte, gemerkt hatte, daß immer ein allmählicher Wechsel von einer größeren Vergleichszeit durch eine gleiche zu einer kleineren stattfand und umgekehrt, dagegen nie ein Sprung von einer größeren Vergleichszeit zu einer kleineren, so führte ich auch diese Sprünge ein, wenn auch in regelmäßiger Weise. Ich richtete nämlich die Reihe folgendermaßen ein: gr. gl. kl. | kl. gl. gr. | | kl. gl. gr. | gr. gl. kl. | | gr. . . . , oder ich begann auch die Reihe mit einer der Hauptzeit gleichen Vergleichszeit und fuhr dann fort | gr. gr. gl. kl. kl. | | gr. gl. kl. | kl. gl. gr. | | kl. . . . Diese Reihenfolge hat keine Versuchsperson gemerkt. Ein solcher regelmäßiger Wechsel in der Reihenfolge war erforderlich, weil ich bei den kleinen Zwischenpausen zwischen den einzelnen Versuchen nicht im stande war, die Reihenfolge der Vergleichszeiten und die Urteile zu notieren, indem meine Aufmerksamkeit vollständig durch die Bedienung des Apparates gefesselt war. Ich bestimmte daher die Reihenfolge vor Beginn der Versuche und ließ nur die Versuchsperson ihre Urteile in abgekürzter Form aufschreiben.

Da der Fall, daß die größere bzw. kleinere Vergleichszeit für kleiner bzw. größer als die Hauptzeit gehalten wurde, nur sehr selten vorkam, so konnte ich nicht für jedes  $D$  (Differenz) die Unterschiedsschwelle besonders berechnen, sondern mußte mit Hilfe der für das positive  $D$  erhaltenen richtigen Fälle und derjenigen Fälle, in welchen die der Hauptzeit gleiche Vergleichszeit größer als erstere erschien, die obere Unterschiedsschwelle, und andererseits aus den für die kleinere Vergleichszeit erhaltenen richtigen Fällen und denjenigen Fällen, in welchen die der Hauptzeit gleiche Vergleichszeit kleiner als die Hauptzeit erschien, die untere Unterschiedsschwelle berechnen. Die Berechnung geschah nach den von G. E. MÜLLER aufgestellten Formeln.

Ich führe zunächst eine mit vier verschiedenen Hauptzeiten ausgeführte Versuchsreihe an (Versuchsperson: cand. theol. SCHL.). In der Tabelle findet sich unter  $N$  die Normalzeit; unter  $D$  die positive bzw. negative Differenz, um welche sich die Vergleichszeiten von der Normalzeit unterschieden; unter  $S_o$  die obere, unter  $S_u$  die untere, unter  $S$  die mittlere Unterschiedsschwelle; unter  $H_o$  bzw.  $H_u$  die bei Berechnung

der oberen bezw. unteren Unterschiedsschwelle erhaltenen Werte des Präzisionsmaßes, unter  $H$  das Mittel aus beiden;  $S/N$  gibt endlich den relativen Wert der Unterschiedsschwelle an. Als Zeiteinheit ist  $1\sigma = 0,001$  Sek. genommen.

## Versuchsreihe A.

$N$	$D$	$S_0$	$S_u$	$S$	$H_0$	$H_u$	$H$	$S/N$	
400 $\sigma$	30 $\sigma$	14,4 $\sigma$	22,3 $\sigma$	18,3 $\sigma$	0,0501	0,0621	0,0561	$1/21,5$	} Hauptzeit immer an erster Stelle.
600 „	30 „	22,4 „	24,7 „	23,5 „	0,0295	— <sup>1</sup>	0,0295	$1/25,5$	
1000 „	33 „	23,0 „	29,2 „	26,1 „	0,0273	0,0294	0,0283	$1/38,3$	
2000 „	67 „	83,8 „	62,3 „	73,0 „	0,0052	0,0064	0,0058	$1/27,5$	
—————									
400 $\sigma$	30 $\sigma$	15,9 $\sigma$	30,0 $\sigma$	23,0 $\sigma$	0,0300	0,0286	0,0293	$1/17,4$	} Hauptzeit immer zuweit.
600 „	30 „	19,1 „	32,2 „	25,6 „	0,0364	0,0194	0,0279	$1/23,4$	
1000 „	33 „	31,9 „	29,2 „	30,5 „	0,0197	0,0173	0,0185	$1/32,8$	

Wird die Vergleichszeit öfter hintereinander an zweiter Stelle genommen, so wird nach meiner Theorie das Urteil im allgemeinen nur davon abhängen, ob das dritte Signal früher oder später als erwartet oder aber zur richtigen Zeit eintritt, und entsprechend ist das Urteil in dem Falle, wo die Normalzeit an zweiter Stelle genommen wird, hauptsächlich nur durch den bei Eintritt des zweiten Signals sich geltend machenden Nebeneindruck bedingt. Wie nun aber eine Versuchsperson im allgemeinen die Differenzen wohl leichter erkennen dürfte, wenn ihr 4 Signale statt der 3 gegeben würden und zwar in Intervallen, von denen die beiden ersten gleich wären, das dritte dagegen größer oder kleiner, so ist auch a priori zu vermuten, daß die Nebeneindrücke sich beim dritten Signale leichter geltend machen als beim zweiten. In der That wird diese Vermutung durch den Ausfall der obigen Versuche bestätigt, da die Fälle, in welchen die Hauptzeit an zweiter Stelle genommen wurde, sowohl eine geringere Unterschiedsempfindlichkeit als auch ein geringeres Präzisionsmaß ergeben haben als die Fälle, in welchen die Hauptzeit an erster Stelle ge-

<sup>1</sup>  $H_u$  liefs sich hier nicht berechnen, weil kein einziges Mal die der Normalzeit gleiche Vergleichszeit für kleiner als die Normalzeit gehalten wurde.  $S_u$  ist mit Hülfe der Annahme  $H_u = H_0$  berechnet.

nommen wurde. Da die beiden Fälle demnach wesentlich verschieden sind, scheint es mir wenig angebracht, dieselben zur Eliminierung des konstanten Zeitfehlers in einen Topf zu werfen. Außerdem ist auch nach den obigen Resultaten der Zeitfehler im zweiten Falle wesentlich gröfser als im ersten, so dafs eine vollständige Elimination doch nicht zu erzielen sein würde.

Obwohl nun für jede Normalzeit der obigen Versuchsreihe wenigstens 480 Einzelversuche gemacht sind, so wagte ich doch nicht die obigen Resultate als endgültige zu betrachten. Hätte ich in der naiven Weise von KOLLERT und ESTEL schliessen wollen, so hätte ich als neues Gesetz aufstellen können, dafs die relative Unterschiedsempfindlichkeit bei ca. 1 Sek. am gröfsten sei und nach beiden Seiten hin abnehme. Ich hätte dabei, und wohl nicht ganz mit Unrecht, darauf hinweisen können, dafs die physikalischen Fehlerquellen bei meinen Versuchen wesentlich geringer gewesen seien als bei denen meiner Vorgänger, und dafs ihre abweichenden Resultate wohl durch diesen Umstand erklärt werden könnten. Allein ich begnügte mich mit dieser Annahme nicht, sondern vermutete, dafs verschiedene unbekannte Umstände Einfluß auf die Resultate gehabt haben könnten. Zunächst stellte ich eine weitere Versuchsreihe mit derselben Versuchsperson an, um zu untersuchen, ob etwa im Laufe der Versuche sich eine merkliche Übung eingestellt hatte und ob durch diese bewirkt war, dafs die Unterschiedsempfindlichkeit bei den gröfseren Zeiten (ich hatte die einzelnen Hauptzeiten in der in der Tabelle angegebenen Reihenfolge vorgenommen) so grofs geworden war. Es ergaben sich die folgenden Resultate.

Versuchsreihe B (Hauptzeit immer zuerst).

<i>N</i>	<i>D</i>	<i>S</i> <sub>0</sub>	<i>S</i> <sub>u</sub>	<i>S</i>	<i>H</i> <sub>0</sub>	<i>H</i> <sub>u</sub>	<i>H</i>	<i>S/N</i>
1000 $\sigma$	33 $\sigma$	32,7 $\sigma$	31,3 $\sigma$	32,0 $\sigma$	0,0209	0,0219	0,0214	$\frac{1}{31,2}$
600 „	30 „	24,3 „	18,2 „	21,2 „	0,0372	0,0560	0,0466	$\frac{1}{28,3}$
400 „	20 „	16,0 „	10,9 „	13,4 „	0,0866	0,0996	0,0931	$\frac{1}{29,7}$
400 „	13,3 „	9,2 „	8,2 „	8,7 „	0,1103	0,1047	0,1075	$\frac{1}{40}$
400 „	10 „	22,4 „	8,8 „	15,6 „	0,0201	0,0572	0,0387	$\frac{1}{25,6}$
300 „	10 „	6,8 „	7,0 „	6,9 „	0,1111	0,1521	0,1316	$\frac{1}{43,5}$

Bei der Normalzeit 1000  $\sigma$  zeigt sich eine Verminderung der Unterschiedsempfindlichkeit, auch ist die Präzision der Be-

obachtungen geringer. Dies deutet schon darauf hin, daß der geringe Wert der relativen Unterschiedsschwelle, welcher sich für diese Normalzeit bei der ersten Versuchsreihe ergeben hat, zum Teil auf eine besonders gute Disposition der Versuchsperson an den entsprechenden Versuchstagen zurückzuführen ist. Bei  $600 \sigma$  zeigt sich dagegen schon einiger Einfluß der Übung und besonders eine wesentliche Erhöhung des Präzisionsmaßes. Noch mehr zeigt sich aber beides bei der ersten mit der Normalzeit  $400 \sigma$  unter Benutzung einer Differenz von  $20 \sigma$  angestellten Versuchsreihe. Der Umstand, daß hier das starke Wachstum der Unterschiedsempfindlichkeit mit einer Verkleinerung der Differenz (bei der ersten Versuchsreihe war eine Differenz von  $30 \sigma$  benutzt) zusammenfiel, legte die Vermutung nahe, daß die Abhängigkeit der Unterschiedsempfindlichkeit von der Größe der bei den Versuchen benutzten Differenz beim Zeitsinn eine besonders große sei. Da nun die neue Differenz immer noch wesentlich größer war als die Unterschiedsschwelle, so machte ich, um diese Vermutung zu prüfen, weitere Versuche mit einer Differenz von  $13,3 \sigma$ , welche der aus der vorangegangenen Versuchsreihe berechneten mittleren Unterschiedsschwelle annähernd gleich kam. In der That bestätigte sich die Vermutung in ganz überraschender Weise, da der relative Wert der Unterschiedsschwelle auf  $\frac{1}{46}$  sank. Eine weitere kürzere Versuchsreihe (240 Versuche) mit der Differenz  $10 \sigma$  zeigte wieder eine starke Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit, doch wurde sie an Tagen ausgeführt, an denen die Versuchsperson ihrer Aussage nach schlecht disponiert war, so daß sie nur beweist, wie sehr bei kleinen Zeiten die Unterschiedsempfindlichkeit von der geistigen Disposition abhängt. Durch die Abhängigkeit der Unterschiedsschwelle von der Größe der benutzten Differenz erklärt sich nun auch das in der ersten Versuchsreihe bei der Normalzeit  $1000 \sigma$  erhaltene Maximum der relativen Unterschiedsempfindlichkeit. Bei den kleineren Zeiten war nämlich die Differenz ( $30 \sigma$ ) viel zu groß genommen, während sie bei der Normalzeit  $1000 \sigma$  verhältnismäßig am günstigsten war.

Durchaus bestätigt wird die große Abhängigkeit der aus den Versuchen sich ergebenden Werte für die Unterschiedsempfindlichkeit von der Größe der benutzten Differenz durch eine dritte Versuchsreihe (Versuchsperson: P.).

## Versuchsreihe C (Hauptzeit immer zuerst).

<i>N</i>	<i>D</i>	<i>S<sub>o</sub></i>	<i>S<sub>u</sub></i>	<i>S</i>	<i>H<sub>o</sub></i>	<i>H<sub>u</sub></i>	<i>H</i>	<i>S/N</i>
400 $\sigma$	22 $\sigma$	26,3 $\sigma$	16,4 $\sigma$	21,3 $\sigma$	0,0502	0,0424	0,0463	$\frac{1}{18,8}$
300 „	20 „	17,0 „	14,4 „	15,7 „	0,0620	0,0665	0,0643	$\frac{1}{19,1}$
300 „	10 „	10,4 „	8,3 „	9,4 „	0,0718	0,0461	0,0589	$\frac{1}{32,3}$
200 „	10 „	10,4 „	5,6 „	8,0 „	0,0718	0,0913	0,0816	$\frac{1}{25}$
150 „	10 „	10,6 „	2,1 „	6,3 „	0,1100	0,0845	0,0971	$\frac{1}{23,8}$

Da also auch bei dieser zweiten Versuchsperson sich eine so starke Abnahme der Unterschiedsschwelle mit der Verkleinerung von *D* (bei der Hauptzeit 300  $\sigma$ ) ergeben hat, so dürfte die Thatsache wohl sicher gestellt sein. Was nun ihre Erklärung anbetrifft, so kann man zunächst daran denken, daß die Versuchspersonen bei den kleinen Differenzen anfangs keine Unterschiede erkennen konnten und daß sie infolgedessen ihre Aufmerksamkeit in besonders hohem Grade anspannen mußten. Außerdem scheint mir aber auch noch eine zweite Erklärung möglich zu sein. Bei den kleinen Zeiten, bei denen diese Thatsache konstatiert ist, sind nämlich nach meinen Erfahrungen zwei verschiedene Verfahrensweisen für die Versuchsperson vorhanden. Dieselbe kann entweder mit der Erwartungsspannung nach jedem Schlage etwas nachlassen und bei dem folgenden wieder von neuem anspannen, oder sie kann die Aufmerksamkeit gespannt halten, bis alle drei Schläge vorüber sind. Beobachtet man in der letzteren Weise, so scheint sich die sensorische Einstellung präziser auszubilden. Es wäre nun denkbar, daß die Versuchspersonen bei den kleinen Differenzen, weil sie anfangs keine Unterschiede bemerken konnten, ganz besonders stark ihre Aufmerksamkeit angestrengt hätten und dabei unwillkürlich von dem ersten Verfahren zum zweiten übergegangen wären. Der große Unterschied in der Unterschiedsempfindlichkeit, welcher nach den Versuchsreihen *B* und *C* zwischen den beiden Versuchspersonen bei der Normalzeit 400  $\sigma$  existiert, würde sich dann vielleicht dadurch erklären lassen, daß die erste schon bei dieser Normalzeit die Spannung während jedes Versuchs aufrecht erhielt, und daß die zweite Versuchsperson dies erst bei der Normalzeit 300  $\sigma$  that.

Die Versuchsreihe *C* habe ich einerseits unternommen, um das starke Wachstum der Unterschiedsempfindlichkeit bei den

Normalzeiten 400 und  $300\sigma$ , wie es sich aus der Versuchsreihe *B* ergibt, zu kontrollieren und andererseits, um das Verhalten der Unterschiedsempfindlichkeit bei den kleineren Zeiten zu untersuchen. In Beziehung auf den ersten Punkt kann ich noch hinzufügen, daß ich auch an mir Versuche mit Hauptzeiten von 300 und  $400\sigma$  habe anstellen lassen, bei denen in regelloser Weise mit den verschiedenen Vergleichszeiten gewechselt wurde. Es ergab sich, daß ich Differenzen, welche gleich dem dreißigsten Teile der Hauptzeit waren, mit wenigen Ausnahmen richtig erkennen konnte. Was ferner das Verhalten der relativen Unterschiedsempfindlichkeit bei den kleineren Zeiten anbetrifft, so scheint dieselbe nach Versuchsreihe *C* abzunehmen. Indessen vermag ich dies noch nicht als konstatiert zu betrachten, da die bei den kleineren Hauptzeiten benutzte Differenz ( $10\sigma$ ) verhältnismäßig zu groß ist. Es ist sehr wohl möglich, daß Versuche mit kleineren Differenzen auch kleinere Werte für die Unterschiedsschwelle ergeben hätten, indessen ließen sich kleinere Differenzen mit meinen Apparaten nicht genügend genau herstellen.

Es erübrigt noch eine Betrachtung des konstanten Zeitfehlers. Nach den Versuchsreihen *B* und *C* ist derselbe bei Zeiten  $\geq 600\sigma$  (nach FECHNERS Bezeichnung) positiv. Diese Thatsache kann einerseits darauf beruhen, daß der Nebeneindruck der Überraschung sich schon bei kleineren Differenzen geltend macht als der Nebeneindruck der gespannten Erwartung. Zweitens liegt aber auch noch ein anderer Gesichtspunkt sehr nahe. Wir haben nämlich oben (S. 3) gesehen, daß man sich beim Beobachten der Schläge eines Metronoms, wenn dieselben in Intervallen, welche kleiner als 0,6 Sek. sind, aufeinanderfolgen, anstrengen muß, um jedem Schläge zur richtigen Zeit mit der Aufmerksamkeit entgegen zu kommen, und wir haben ferner (S. 4) gesehen, daß bei diesen kleinen Zeiten die Einstellung auf zwei verschiedene, unmittelbar aufeinander folgende Intervalle leichter geschieht, wenn das zweite Intervall größer als wenn es kleiner ist. Diese Umstände legen die Vermutung nahe, daß der Zeitfehler darin seinen Grund hat, daß man leicht infolge einer Trägheit der Aufmerksamkeit auf das dritte Signal nicht frühzeitig genug vorbereitet ist. Allerdings muß dann auch das zweite Signal leicht eintreten, ohne daß man auf dasselbe vorbereitet ist, indessen achtet man auf das-

selbe wenig, wenn die Hauptzeit immer zuerst kommt. Ganz in Übereinstimmung hiermit würde stehen, daß sich aus Versuchsreihe *A* ein negativer Zeitfehler ergeben hat. Denn da bei dieser mit der Zeitlage der Hauptzeit gewechselt wurde, konnte die Versuchsperson das zweite Signal nicht vernachlässigen. Es würde ferner hierdurch der Umstand seine Erklärung finden, daß schlechtes Befinden den Zeitfehler wesentlich vergrößerte, wie die Versuche mit der Hauptzeit  $400\sigma$  und einer Differenz von  $10\sigma$  (Versuchsreihe *B*) beweisen, da diese sämtlich an einem Tage gemacht wurden, an welchem die Versuchsperson sich nach ihrer Aussage schlechter als sonst befand. Drittens würde sich dann noch auf die obige Annahme die Thatsache zurückführen lassen, daß bei der zweiten Versuchsperson (P), bevor die maximale Einübung auf die Normalzeit  $400\sigma$  erzielt war, ein auffallend großer positiver Zeitfehler vorhanden war, welcher mit der Zunahme der Übung nachliefs.<sup>1</sup>

Nach dem Vorangegangenen dürfte klar sein, daß feinere Untersuchungen über den Gang der Unterschiedsempfindlichkeit auf außerordentlich große Hindernisse stoßen, zu deren Überwindung eminent viel Zeit gehört.

## § 10.

### Versuche nach der Reproduktionsmethode.

Bevor ich die im vorigen Paragraphen beschriebenen Untersuchungen unternahm, hatte ich zur ersten Orientierung über Zeitsinnversuche eine Versuchsreihe nach der Reproduktionsmethode mit Zeiten von 0,6—5,0 Sek. angestellt. Ausgeführt wurde dieselbe im Leipziger Institute während der Herbstferien 1889. Zu dem Zwecke hatte mir Herr Geheimrat WUNDT mit großer Bereitwilligkeit einen neueren, nach dem Muster des älteren konstruierten Zeitsinnapparat zur Verfügung gestellt. Die Versuche führte ich ganz in der Weise von GLASS aus, indem ich die Versuche für dieselbe Hauptzeit auch an demselben Tage hintereinander ausführte und zwischen denselben nur so

<sup>1</sup> Sollte sich später bei Zeiten, welche größer sind als die adäquate, ein negativer konstanter Zeitfehler ergeben, so würde sich derselbe in ganz analoger Weise durch die Annahme erklären lassen, daß bei den größeren Zeiten die Erwartung leichter etwas zu früh als zu spät eintritt.

viel Pause machte, wie zur Aufzeichnung des Resultates und zum Aufziehen des Apparates erforderlich war. Nach jeder Gruppe von 20 Versuchen machte ich dagegen eine etwas größere Pause von einigen Minuten, in welcher ich die Rotationsgeschwindigkeit des Rades mit einer Fünftelsekundenuhr kontrollierte. So habe ich für jede der unten angegebenen Hauptzeiten 80 Einzelversuche gemacht, indem ich jedesmal nach der Ingangsetzung des Uhrwerks, zwischen Daumen und Zeigefinger den arretierenden Hebel haltend, mit den Augen den Zeiger verfolgte, bis er sich den Auslösungsapparaten genähert hatte, und dann die Augen schloß. Den Eintrittsmoment des ersten Signals konnte ich daher ziemlich genau vorhersehen. In der folgenden Tabelle sind die Resultate dieser Versuchsreihe enthalten und zwar stehen in der ersten Kolumne die Hauptzeiten, in der zweiten die konstanten Fehler und in der dritten die mittleren variablen Fehler. Der konstante Fehler ist als positiv bezeichnet, wenn die Fehlzeit größer war als die Hauptzeit.

Versuchsreihe D.

$N$	$c$	$m$
0,64	+ 0,000	0,032
0,83	+ 0,007	0,048
0,99	+ 0,030	0,048
1,25	+ 0,070	0,057
1,50	+ 0,007	0,052
1,75	- 0,007	0,068
2,00	+ 0,015	0,091
2,25	+ 0,023	0,113
2,50	+ 0,016	0,113
2,75	- 0,135	0,094
3,00	- 0,057	0,165
3,25	- 0,047	0,133
3,50	- 0,030	0,173
3,75	+ 0,017	0,159
4,00	+ 0,060	0,290
5,00	+ 0,015	0,293

Ich lege nicht viel Wert auf diese Versuchsreihe, weil ich Experimentator und Versuchsperson zugleich war und

daher immer über den Ausfall der einzelnen Versuche unterrichtet war. Außerdem sind die für die kleineren Zeiten erhaltenen Werte durch die Fehlerquellen der Versuchsanordnung zu sehr gestört und die für die größeren Zeiten erhaltenen leiden unter dem Umstande, daß ich keine unbeeinflusste Versuchsperson war. Während ich nämlich bei den kleineren Zeiten den Atem unwillkürlich angehalten hatte, bis der Versuch beendet war, wurde dies bei Zeiten über 2 Sek. sehr unbequem. Diese Unbequemlichkeit machte mich dann auf die Bedeutung der Atmungsthätigkeit aufmerksam, so daß ich von der Zeit an nicht mehr unbefangen war und mich absichtlich auf die periodische Thätigkeit des Atmens stützte. Die Versuche haben daher nicht mehr Wert wie die oben angeführten Versuche von MÜNSTERBERG.

Was den konstanten Zeitfehler anbetrifft, so zeigt derselbe bei den kleineren Zeiten (in Übereinstimmung mit den Resultaten von GLASS) eine Neigung zu positiven Werten. Ich habe nun schon oben (S. 34) bei Besprechung der GLASSschen Versuche darauf hingewiesen, daß der positive konstante Fehler bei den kleineren Zeiten leicht in physikalischen Fehlerquellen der Versuchsanordnung seinen Grund haben kann, und daß demgemäß für den Fall des längeren Operierens mit derselben Normalzeit eine Überschätzung kleiner Zeiten durchaus noch nicht bewiesen sei. Ich habe daher die Versuche später mit meinen verbesserten Apparaten nochmals aufgenommen. Mit Hilfe des beschriebenen Rotationsapparates wurden der im Nebenzimmer sitzenden Versuchsperson zwei die Hauptzeit begrenzende Telefonsignale gegeben, und es wurde ihr die Aufgabe gestellt, durch Niederdrücken eines Reaktionstasters ein drittes die Fehlzeit begrenzendes Geräusch zu erzeugen. Zwischen den Einzelversuchen lag dabei eine ganz kurze konstante Pause von wenigen Sekunden, so daß die Versuchsperson sich immer gerade bequem wieder auf das erste Signal des nächsten Versuchs vorbereiten konnte. Die Zwischenzeit zwischen dem ersten und dem zweiten Signal und diejenige zwischen dem zweiten Signal und dem Schluß des Tasters wurden mit Hilfe des Chronographen bestimmt. Allerdings konnten dabei nicht genau die Momente, in denen die Telefonsignale ertönten, bestimmt werden, sondern nur die Momente, in denen der durch das Telephon gehende Strom geschlossen

und geöffnet wurde, während der Beginn des dritten Signals sehr genau durch den Schlufs des durch den Taster gehenden Stromes markiert war. Da man nun bei einer genauen Vergleichung von Haupt- und Fehlzeit die Intervalle zwischen den Entstehungsmomenten der drei die Zeiten begrenzenden Geräusche zu messen hat, so liefs sich zwar die Bestimmung der Hauptzeit sehr genau ausführen, indem man die Stimmgabelschwingungen zwischen den beiden Stromöffnungen zählte (da diese von dem Entstehungsmomente durch ein für meine Zwecke genügend konstantes Intervall getrennt sind), dagegen liefs sich die Vergleichszeit nicht so genau bestimmen, weil dazu der Entstehungsmoment des zweiten Signals hätte bekannt sein müssen. Ich habe daher das Intervall zwischen der zweiten Stromöffnung und der dritten Stromschliefsung gemessen mit dem Bewußtsein, einen Fehler von wenigen Hundertsteln einer Sekunde zu begehen. Bei jeder Versuchsreihe liefs ich erst die Versuchsperson eine gröfsere Reihe von Einübungsversuchen machen, ehe ich die Resultate durch den Chronographen fixierte. In den folgenden Tabellen stehen unter  $N$  die Hauptzeiten, unter  $m v$  die mittleren Variationen derselben, unter  $F$  die Fehlzeiten, unter  $m_1 v_1$  ihre mittleren Variationen, unter  $c$  der konstante Zeitfehler und unter  $n$  die Anzahl der durch den Chronographen fixierten Einzelversuche.

## Versuchsreihe E (Versuchsperson P.)

$N$	$mv$	$F$	$m_1 v_1$	$c$	$n$
755 $\sigma$	15 $\sigma$	699 $\sigma$	23 $\sigma$	— 56 $\sigma$	11
734 „	7 „	703 „	27 „	— 31 „	12
517 „	7 „	528 „	20 „	+ 11 „	12
495 „	5 „	485 „	21 „	— 10 „	11
368 „	3 „	339 „	26 „	— 29 „	15
364 „	7 „	312 „	21 „	— 52 „	13
321 „	5 „	316 „	24 „	— 5 „	11
311 „	5 „	225 „	11 „	— 86 „	17

## Versuchsreihe F. (Versuchsperson Sch.)

$N$	$mv$	$F$	$m_1 v_1$	$c$	$n$
765 $\sigma$	5 $\sigma$	665 $\sigma$	26 $\sigma$	— 100 $\sigma$	10
509 „	6 „	442 „	52 „	— 67 „	11
363 „	5 „	291 „	26 „	— 72 „	16
315 „	3 „	302 „	36 „	— 13 „	16
303 „	4 „	320 „	25 „	+ 17 „	15

Da der Strom bei den größeren der untersuchten Intervalle überhaupt nur 0,07 und bei den kleineren 0,04 Sek. lang geschlossen war, dürfte 60 bzw. 30  $\sigma$  das Maximum des bei der Berechnung begangenen Fehlers sein. Selbst wenn aber der Fehler diese Größe gehabt haben sollte, würde doch von einer Überschätzung kleiner Zeiten keine Rede sein können. Soweit die stark variierenden Resultate überhaupt ein Urteil erlauben, scheint eher eine Neigung zur Unterschätzung kleiner Zeiten möglich zu sein.

Jedenfalls geht aber aus den obigen Versuchsreihen hervor, daß, wie ich schon oben aus anderen Gründen hervorgehoben habe, der mittlere Fehler nicht als ein Maßstab für die Unterschiedsempfindlichkeit betrachtet werden kann. Denn wenn auch die Anzahl der Versuche und die Übung der Versuchspersonen zu gering sind, um genaue Werte liefern zu können, so kann man doch mit Sicherheit schließen, daß die relative Unterschiedsempfindlichkeit von 0,7—0,3 Sek. eher abnehmen als zunehmen müßte, wenn der mittlere Fehler wirklich als Maß der Unterschiedsempfindlichkeit dienen könnte, während sie doch tatsächlich nach den früheren Versuchen außerordentlich zunimmt. Es steht dieses Resultat ganz im Einklang mit dem, was oben (S. 7) über die beim Reproduzieren und beim Vergleichen kleiner Zeiten stattfindenden psychischen Vorgänge gesagt ist. Es ist dort hervorgehoben, daß die durch Einübung hervorgerufene verhältnismäßig genaue Reproduktion von Intervallen darauf beruht, daß die von Innerationen begleitete Erwartung nach jedem Signale nachläßt und zur richtigen Zeit sich wieder einstellt. Da nun aber bei den Zeiten unter 0,4 Sek. eine Erwartungsspannung während des ganzen Versuchs bleibt, so müssen natürlich bei diesen Zeiten die Reproduktionen verhältnismäßig ungenau ausfallen.

Der Nachweis, daß kleine Zeiten nicht durch Reproduktion überschätzt werden, bezog sich natürlich nur auf den Fall, daß eine größere Reihe von Versuchen hindurch mit derselben Hauptzeit operiert wird. Wird dagegen, wie es bei den Versuchen VIERORDTS geschah, fortwährend die Hauptzeit geändert, und ist die Pause zwischen den einzelnen Versuchen nicht klein und konstant (bzw. wird nicht vor Beginn eines jeden Versuchs ein Zeichen gegeben), so liegen die Verhältnisse wesentlich anders. Dann kann sich die Versuchsperson nicht

auf die Hauptzeit einstellen und wird, gemäß dem oben (S. 7) Bemerkten, bei den kleinen Zeiten leicht vom zweiten Signale überrascht, so daß die Bewegung zu spät eintritt. Ferner kommt bei größeren Zeiten von 1—2 Sek. in Betracht, daß man sich häufig sehr unsicher fühlt über den Moment, in welchem die Bewegung auszuführen ist, und infolgedessen zu lange mit der Bewegung zögert. Was dann schließlic die Thatsache anbetrifft, daß der Zeitfehler nach den Versuchen VIERORDTS bei größeren Zeiten negativ wird, so dürfte dieselbe wohl zum großen Teil in einer Eigentümlichkeit der Reproduktionsmethode ihren Grund haben. Die Reproduktionsversuche sind nämlich offenbar ganz analog solchen Versuchen nach der Methode der Minimaländerungen, bei welchen immer nur ein deutlich kleinerer Reiz allmählich vergrößert wird, bis er dem Hauptreiz gleich erscheint, nie dagegen ein größerer Reiz verkleinert wird. Wie bei solchen Versuchen der Durchschnitt der für eben gleich gehaltenen Vergleichsreize kleiner als der Hauptreiz sein wird, ebenso muß auch die Fehlzeit bei den Reproduktionsversuchen kleiner als die Hauptzeit ausfallen.

## § 11.

### Weitere die Theorie bestätigende Versuchsthatfachen.

Im Verlaufe der Versuche über die Unterschiedsempfindlichkeit haben die Versuchspersonen noch einige Angaben gemacht, welche als weitere Bestätigungen meiner Theorie betrachtet werden können. So erklärte bei den Versuchen über die Hauptzeit 2,0 Sek., die Versuchsperson (SCHL.), daß ihr die Pause zwischen den Einzelversuchen, welche hier ebenfalls 2,0 Sek. betrug, kleiner als die Hauptzeit erscheine. Es erklärt sich dies leicht, wenn man bedenkt, daß die Versuchsperson während der Pause ihr Urteil niederschreiben mußte (wenn auch nur mit 2 Buchstaben), und daß deshalb eine Spannung der Erwartung vor dem ersten Signal des neuen Versuchs sich nicht leicht geltend machen konnte. Ebenso weist auf die Bedeutung der Spannungsempfindungen die weitere Angabe derselben Versuchsperson hin, daß ihr das Intervall kleiner vorkomme, wenn

sie mehr apathisch zuhöre, als dann, wenn sie besser aufpasse.<sup>1</sup> Besonders interessant ist aber drittens, daß beide Versuchspersonen von selbst angaben, sie wüßten häufig nicht, ob das dritte Signal früher als gewöhnlich eingetreten, oder ob es stärker als gewöhnlich gewesen sei. Da diese Thatsache in Widerspruch mit der oben erwähnten Angabe MEHNERS steht, habe ich, um ganz sicher zu gehen, noch besondere Versuche mit drei weiteren Versuchspersonen in der Weise angestellt, daß ich in eine Reihe gleich starker und durch gleiche Intervalle voneinander getrennter Telephongeräusche plötzlich ein stärkeres Signal einschaltete. Sämtliche Versuchspersonen erklärten, daß das stärkere Signal eine Überraschung hervorrufe, und daß ihnen das dem stärkeren Signale vorangehende Intervall deutlich kleiner als die übrigen erscheine. Da nun nach meiner Theorie auch das früher als gewöhnlich eintretende Signal von einem Nebeneindruck der Überraschung begleitet ist, so ist dieser Nebeneindruck offenbar die Ursache der Täuschung.

S. HALL hat, wie oben (S. 42) erwähnt, konstatiert, daß bei der Vergleichung eines mit Geräuschen angefüllten Intervalls (von 1—2 Sek.) mit einem gleichen leeren Intervalle das letztere kleiner erscheint, wenn es dem vollen nachfolgt und von ihm durch eine Pause getrennt ist. Da die Täuschung nicht bei der umgekehrten Zeitlage der beiden zu vergleichenden Intervalle eintritt und außerdem nur bei größeren Pausen von mehreren Sekunden, liegt die Vermutung nahe, daß sie durch den konstanten Zeitfehler hervorgerufen ist und daß sie nichts mit der Vergleichung von vollen und leeren Intervallen zu thun hat. Um diese Vermutung zu prüfen, setzte ich an die Stelle des vollen Intervalls auch ein leeres, und es zeigte sich in der That, daß die Täuschung in unveränderter Weise fortbestand. Die Ursache derselben dürfte daher in folgenden Verhältnissen liegen. Nachdem die beiden das erste Intervall begrenzenden Signale vorüber sind, wartet die Versuchsperson gespannt auf das dritte Signal. Ist nun die Pause zwischen den beiden Intervallen ziemlich groß, so tritt infolge der so lange dauernden gespannten Erwartung eine Ermüdung der Aufmerksamkeit ein, welche bewirkt, daß die Versuchs-

---

<sup>1</sup> Dieselbe Angabe machte auch noch eine andere Versuchsperson bei Gelegenheit von Probeversuchen.

person nach dem dritten Signale nicht frühzeitig genug auf das die zweite Zeit abgrenzende Signal vorbereitet ist und demgemäß von demselben überrascht wird. Die Richtigkeit dieser Erklärung ergibt sich daraus, daß die Täuschung nachläßt, wenn der Versuchsperson vor Beginn des zweiten Intervalls ein vorbereitendes Zeichen gegeben und ihr zugleich aufgetragen wird, sich während der Pause zu zerstreuen und nicht so lebhaft den Eintritt des dritten Signals zu erwarten.

Endlich möchte ich noch Versuche erwähnen, welche ich angestellt habe, um weiteres Material zur Begründung meiner Theorie anzusammeln, welche aber teils nur wenig, teils gar keinen Erfolg gehabt haben. Einmal suchte ich festzustellen, in welchem Verhältnisse zwei unmittelbar aufeinanderfolgende gleiche Intervalle erscheinen, wenn die beiden ersten Signale dem einen Ohre gegeben werden, das dritte aber dem anderen Ohre. Ich benutzte zu dem Zweck zwei gleiche Telephone, welche die Versuchsperson an die Ohren hielt. Mir selbst erschien unter diesen Umständen bei Intervallen von 1—2 Sek. das zweite im allgemeinen größer zu sein. Der Grund hierfür dürfte, wenn ich mich auf die innere Wahrnehmung verlassen kann, darin liegen, daß infolge der ungewohnten Versuchsanordnung meine Erwartung auf das dritte Signal besonders gespannt war. Ich betrachtete unwillkürlich die beiden ersten Signale gleichsam nur als vorbereitende Zeichen für das dritte Signal, welches dadurch, daß es ungewöhnlicherweise dem anderen Ohre dargeboten wurde, offenbar mein besonderes Interesse erregte. Bei kleineren Intervallen modifizierte ich den Versuch noch in der Weise, daß erst die drei Signale demselben Ohre dargeboten wurden, und daß dann unerwartet bei einem weiteren Versuche das dritte Signal vor dem anderen Ohre eintrat. War meine Aufmerksamkeit in diesem Falle ganz auf dasjenige Ohr konzentriert, vor welchem die ersten Signale ertönten, so wurde durch das dritte Signal der Nebeneindruck der Überraschung wachgerufen, und das zweite Intervall erschien demgemäß kürzer. War die Aufmerksamkeit weniger auf das eine Ohr konzentriert, so schienen die Intervalle ziemlich gleich zu sein. Eine zweite Versuchsperson zeigte indessen ein anderes Verhalten. Dieselbe hatte, wenn das dritte Signal vor dem zweiten Ohre ertönte, den optischen Nebeneindruck (Vorstellungsbild), daß sich ein Objekt von dem

einen Ohre zum anderen um den Kopf herum bewegte. Das zweite Intervall erschien ihr infolgedessen länger. Bei weiteren Versuchen konnte ich dann auch an mir dasselbe Verhalten konstatieren.

Vollständig ohne Erfolg waren andere Versuche, auf welche mich die folgende Überlegung führte: Läßt man eine Versuchsperson auf eine Reihe von einfachen, in gleichen Intervallen sich wiederholenden Schallreizen achten, so wird nach erfolgter Einstellung der Aufmerksamkeit die Reizschwelle in den Momenten, in welchen die Reize entstehen, vielleicht kleiner sein als in den zwischenliegenden Intervallen. Um dies zu prüfen, schaltete ich in eine Reihe von Telephongeräuschen plötzlich ein nahe der Reizschwelle liegendes Geräusch ein und stellte fest, ob dieses letztere, wenn es in dem gewohnten Intervalle eintrat, unter einer größeren Anzahl von Fällen öfter erkannt wurde als bei früherem Eintritte. Trotz sorgfältiger Anordnung des Versuchsverfahrens ergab sich kein Unterschied in beiden Fällen. Dieses negative Resultat beweist jedoch nichts zu Ungunsten der oben entwickelten Anschauung, denn es ist zu bedenken, daß sich die sinnliche Aufmerksamkeit auch der Intensität eines Sinneseindruckes anpaßt und daß hierdurch möglicherweise eine Erhöhung der Reizschwelle verursacht werden kann.

Nur geringe Ausbeute lieferten schließlic noch Versuche, bei welchen ich die Atmungskurve der Versuchsperson mit Hilfe eines MAREYSchen Pneumographen neuester Konstruktion (vgl. E. CYON, *Methodik der physiologischen Experimente*, Gießen 1876, S. 210) und zugleich die Momente, in welchen die Signale eintraten, mit Hilfe eines PFEILSchen Zeitmarkierers auf einer beruften Trommel registrierte. Ich versuchte zunächst, der Versuchsperson das Aufschreiben der Atmungskurve zu verheimlichen, indem ich ihr vor Beginn der Versuche die Augen verband und dann erst den Pneumographen auf ihrer Brust befestigte. Als dieselbe jedoch dabei von selbst den Zweck meiner Manipulationen erriet, machte ich kein Geheimnis mehr aus meinen Absichten, schärfte ihr aber dringend ein, daß sie sich nicht absichtlich auf die Atmungsthätigkeit stützen dürfe, daß sie vielmehr die Aufmerksamkeit möglichst von der Atmung abzulenken habe. Trotzdem scheint die Atmung nicht ganz ohne Einfluß auf die Zeitschätzung gewesen zu sein,

wenigstens deutet darauf hin die Thatsache, daß die Anzahl der Atemzüge in der Minute bei Versuchen mit einer Hauptzeit von 3 Sek. ca. 20 betrug, bei Versuchen mit einer Hauptzeit von 5 Sek. dagegen nur ca. 12. Auch waren die Differenzen, welche durchschnittlich richtig erkannt wurden, so groß, daß die Urteile bei Beachtung der Atmungsthätigkeit im allgemeinen wohl ebenso richtig ausgefallen wären; indessen kamen auch Fälle vor, in denen auf Grund der Atmungskurve ein entgegengesetztes Urteil erwartet werden mußte. Von den zahlreichen Einzelheiten, welche MÜNSTERBERG über die Änderung seiner Atmungsthätigkeit beim Zeitschätzen angegeben hat, war dagegen nichts zu bemerken; auch zeigte sich in den Fällen, in welchen infolge Kontrastes die Spannung der Erwartung besonders stark angewachsen war, keine Änderung der Atmungskurve. Sonst war aus den Kurven nur zu ersehen, daß die Atemzüge während der Versuche weniger tief waren als gewöhnlich.

---