Zur Lehre vom Zeitsinn.

Von

Max Mehner.

Erste Abtheilung:

Das Schätzen von leeren Zeitstrecken.

Mit Tafel VI.

I. Einleitung.

Die bis jetzt vorliegenden experimentellen Arbeiten über den Zeitsinn beschäftigen sich nur mit der Untersuchung von leeren Zeitstrecken, und zwar wohl aus dem einfachen Grunde, weil man annahm, dass sie für das erste Eindringen in das umfangreiche Gebiet des Zeitsinnes die einfachsten Bedingungen darböten. Und so haben denn auch eine Reihe von Beobachtern nach verschiedenen Methoden wichtige Resultate auf diesem Gebiete erhalten; besonders aber ist die Arbeit des Herrn Dr. Estel (»Neue Versuche über den Zeitsinn«, Philos. Stud. Bd. II Heft I) hervorzuheben, da selbige mehrere für die Kenntniss unseres Zeitsinnes höchst interessante Resultate enthält. Estel stellt nämlich auf Grund seiner Versuche folgende bemerkenswerthe Gesetze auf:

1. »Es ist die Zeitschätzung nicht nur am eigentlichen Indifferenzpunkt am genauesten, sondern erreicht auch bei den Vielfachen desselben relative Maxima der Genauigkeit.«

2. »Das Weber'sche Gesetz hat für den Zeitsinn keine Gültigkeit.«

Nachdem so die Versuche über leere Zeitstrecken zu interessanten Ergebnissen geführt hatten, schien es wünschenswerth, die Untersuchungen auch auszudehnen auf erfüllte Zeitintervalle und die erhaltenen Resultate mit den von früheren Beobachtern, besonders mit den von Estel gefundenen zu vergleichen, um so zu prüfen, wie sich die Leistungen des Zeitsinnes abändern, je nachdem es gilt, leere oder erfüllte Zeitintervalle zu schätzen.

Auf meinen Wunsch betraute mich Herr Prof. Dr. W. Wundt mit diesen Untersuchungen, welche ich im Winter 1883/84 und im Sommer 1884 in seinem psychophysischen Laboratorium ausführte. Als ich jedoch in Begriff stand, meine Versuche abzuschließen, erschien eine Abhandlung des Herrn Prof. Dr. G. Th. Fechner, betitelt: »Ueber die Frage des Weber'schen Gesetzes und Periodicitätsgesetzes im Gebiete des Zeitsinnes«[1]. In dieser Schrift unterzieht der Verfasser die Estel'sche Arbeit einer scharfsinnigen Kritik und gelangt schließlich zu dem Resultate, dass die von Estel aufgestellten Gesetze hypothetisch seien, dass sie von Grund aus einer neuen haltbareren und klareren Begründung bedürften, als sie bis jetzt gefunden hätten, ehe sie als gültig angesehen werden könnten. Dieser Kritik war um so mehr Beachtung zu schenken, da sie von Fechner kam, diesem ausgezeichneten Begründer und Förderer der Psychophysik; außerdem sind aber auch die Einwände gegen die oben angeführten, von Estel aufgestellten Gesetze zum Theil so berechtigt und überzeugend, dass man sich ihnen nicht entziehen kann.

Auf diese Weise war meinen Untersuchungen der Boden entrissen, und wollte ich meine mir gestellte Aufgabe zu Ende führen, so sah ich mich genöthigt, die Estel'schen Versuche wenigstens zum Theil noch einmal anzustellen. Ich unterzog mich dieser Arbeit in den Monaten Juli bis December 1884, und zwar wiederholte ich nur die Versuche mit zwei Intervallen, wo also zwischen Haupt- und Vergleichszeit keine Zwischenzeit δ liegt: theils weil Estel besonders aus ihnen seine wichtigsten Resultate zieht, theils weil sie mir am freiesten von störenden psychologischen Einflüssen, wie Estel S. 48 und 49 einen solchen erwähnt, zu sein schienen. Im Laufe der folgenden Untersuchung wird sich nun ergeben, wie berechtigt die Kritik Fechner's und wie nöthig eine Wiederholung der Versuche Estel's

1) Abh. der math.-phys. Kl. der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissenschaften. 13. Bd. Nr. I.

war; hier sei nur im Voraus bemerkt, dass nach meinen Versuchen das Periodicitätsgesetz nicht in der von Estel aufgestellten, sondern in einer wesentlich davon abweichenden Form zutrifft, und dass auch das Weber'sche Gesetz in gewissen Grenzen Gültigkeit besitzt. Immerhin haben die Estel'schen Untersuchungen das Verdienst, dass sie zuerst die Frage der Periodicität des Zeitsinnes angeregt haben.

Hinsichtlich der Seitenverweisungen sei noch Folgendes bemerkt: Rede ich von Herrn Prof. Fechner schlechtweg, so beziehe ich mich auf dessen schon genannte Abhandlung: »Ueber die Frage des Weber'schen Gesetzes und Periodicitätsgesetzes im Gebiete des Zeitsinnes.« Abh. der math.-phys. Kl. der Königl. Sächs. Gesellsch. der Wissensch., 13. Bd., No. I. Citire ich Herrn Dr. Estel, so meine ich damit dessen Abhandlung: »Neue Versuche über den Zeitsinn«, Philos. Stud. II, Heft I, S. 37 und f. Außerdem werde ich noch öfter Gelegenheit haben, die Vierordt'schen und Kollert'schen Versuche zu erwähnen: »Der Zeitsinn nach Versuchen« von K. Vierordt, Tübingen 1868, und: »Untersuchungen über den Zeitsinn« von J. Kollert, Philos. Stud. I, S. 78 u. f.

II. Versuchsmethodik.

Meine Versuche wurden ebenfalls wie die Estel'schen nach der Methode der Minimaländerungen des Herrn Prof. Wundt ausgeführt, und zwar bediente ich mich dabei des von Estel benutzten Apparates, ich kann daher wegen dessen näherer Beschreibung auf die Estel'sche Abhandlung S. 38 verweisen; nur wurde das Uhrwerk durch ein neues und die Trommel durch ein Rad ersetzt, so dass eine constante Geschwindigkeit innerhalb weiterer Grenzen ermöglicht wurde. Das Uhrwerk wurde mittelst der Windflügel und der aufgelegten Gewichte so regulirt, dass für die in den Versuchen benutzten Zeitintervalle bis zu $t = 5$ Secunden die Umdrehungsgeschwindigkeit 18 Secunden betrug, für größere Zeiten bis $t = 10{,}65$ dagegen 27 und für noch größere Zeiten 36 Secunden; es entsprach also der Bewegung des Rades um einen Grad des Theilkreises je nach der Umdrehungsgeschwindigkeit eine Zeit von 0,05, 0,075 oder 0,1 Secunden. Die Umdrehungsgeschwindigkeit selbst wurde zu Beginn einer Versuchsstunde genau bestimmt und im Verlaufe derselben wiederholt controlirt, so dass etwaige durch Veränderung der Geschwindigkeit des Uhrwerkes verursachte Fehler vermieden wurden. Ferner wurden auch die beiden ersten Auslöser ziemlich oft während einer Versuchsstunde in Bezug auf ihre richtige Stellung untersucht, so dass eine etwaige Verrückung sehr bald bemerkt worden wäre. Dass schließlich auch der dritte Auslöser immer richtig eingestellt wurde, dafür bürgt die Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt, mit welcher die Herren Dr. von Tchisch und cand. math. Glass den Apparat bedienten.

Da zum Verständniss der in den Tabellen vorkommenden Werthe nöthig ist, die Methode der Mininaländerungen auseinander zu setzen, so will ich hier die eigene Erklärung des Herrn Prof. Wundt folgen lassen; meine eigene Beschreibung würde nur mit anderen Worten das Original wiedergeben können. Wundt's Erklärung (Philos. Stud. I, S. 558 u. f.) ist aber mit besonderer Beziehung auf den Zeitsinn folgende: »Die Methode der Minimaländerungen besteht in dem folgenden systematischen Verfahren. Bezeichnen wir die constante Normalzeit mit t und die variabele Vergleichszeit mit t', so wird zuerst $t' = t$ genommen. Dann wird t' durch unmerkliche Zwischenstufen so lange verstärkt, bis eben $t' > t$ erscheint. Dieser Punkt wird aufgezeichnet, aber zur Sicherstellung desselben t' noch etwas weiter verstärkt. Hierauf wird t' allmählich geschwächt, bis ebenso der Punkt, wo $t' = t$ erscheint, erreicht und wieder etwas überschritten ist. Man hat auf diese Weise zwei Werthe, die wir mit t_o' und t_o'' bezeichnen wollen und zu denen man den Mittelwerth: $t_o = \frac{t_o' + t_o''}{2}$ bestimmt. In ähnlicher Weise geht man nun von dem Punkte $t' = t$ nach abwärts, indem man t' kleiner als t werden lässt, bis man durch unmerkliche Abstufungen den Punkt erreicht, wo $t' < t$ erscheint, und von hier wird endlich wieder bis zur scheinbaren Gleichheit von t' und t zurückgegangen. Aus den so erhaltenen Werthen, die wir mit t_u' und t_u'' bezeichnen wollen; wird ein Mittelwerth $t_u = \frac{t_u' + t_u''}{2}$ berechnet. Auf diese Weise gewinnt man durch ein und dasselbe Verfahren zwei Schwellenwerthe, nämlich:

1. die obere Unterschiedsschwelle $d_o = t_o - t$ und
2. die untere Unterschiedsschwelle $d_u = t - t_u$.«

Hierzu sei gleich noch bemerkt, dass ich der Kürze des Ausdrucks wegen das Verfahren, bei welchem t' durch unmerkliche

Zwischenstufen zuerst größer gemacht wird als die Normalzeit t, die $>$ Methode (vergrößernde M.), das umgekehrte Verfahren, wo t' zuerst kleiner als t gemacht wird, als die $<$ Methode (verkleinernde M.) bezeichnen will.

Aus den in obiger Erklärung der Methode angeführten Werthen lassen sich nun alle übrigen in den Tabellen enthaltenen unmittelbar ableiten.

So erhält man durch Mittelziehung aus den Werthen t_o und t_u diejenige Zeit

$$1) \qquad T = \frac{t_o + t_u}{2} = t + \frac{d_o - d_u}{2},$$

welche in unserm Bewusstsein der wirklichen Zeit t entspricht, oder kurz den Schätzungswerth der Zeit t, und mithin bedeutet:

$$2) \qquad \varDelta = T - t \text{ oder nach 1)}$$

$$3) \qquad \varDelta = \frac{d_o - d_u}{2}$$

die Schätzungsdifferenz, d. h. die Zeit, um welche wir geneigt sind, eine gegebene Hauptzeit zu überschätzen oder zu unterschätzen, je nachdem $\varDelta$ positiv oder negativ ist. Man bemerkt sofort, dass es gleichgültig ist, welche Definitionsgleichung der Schätzungsdifferenz man zu Grunde legt, bei 2) betont man besonders die Größe des Schätzungswerthes der Zeit t, bei 3) dagegen mehr den Verlauf der Unterschiedsschwellen, d. h. den Werth, um welchen man die Vergleichszeit vergrößern resp. verkleinern muss, damit sie eben größer oder kleiner erscheine als die Normalzeit. Die Definitionsgleichung 2) möchte ich als die Wundt'sche bezeichnen, da Wundt besonderes Gewicht auf den Schätzungswerth T legt, die Definitionsgleichung 3) dagegen als die Fechner'sche, da Fechner mehr Gewicht auf den Verlauf der Unterschiedsschwellen und die damit zusammenhängende Frage über die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes legt. Ich brauche für $\varDelta$ den Ausdruck »Schätzungsdifferenz« und nicht »Schätzungsfehler«, weil letzterer leicht zu einem Missverständniss führen könnte, wie Fechner S. 11 und 12 des Näheren auseinander gesetzt hat. Hierzu sei noch bemerkt, dass Wundt in seiner Dekanatsschrift vom Jahre 1882, in welcher er seine Methode der Minimaländerungen zuerst veröffentlichte, ebenfalls die Bezeichnung »Schätzungsdifferenz« gebraucht, dagegen hat er später in den Philos. Stud. Bd. I S. 561 und 563 den Ausdruck »Schätzungsfehler«

gewählt, wahrscheinlich ist er durch die Kollert'sche Bezeichnung dazu geführt worden. Als Schätzungsfehler bezeichne ich mit Fechner die mittlere Unterschiedsschwelle:

$$D = \frac{t_o - t_u}{2} - t = \frac{d_o + d_u}{2};$$

diesem Schätzungsfehler ist bekanntlich die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit umgekehrt proportional. Ferner bezeichnen die in Tab. II mit m behafteten Größen die Mittelwerthe aus sämmtlichen Einzelwerthen für dasselbe t; so bezeichnen z. B. d_{om} und d_{um} die mittleren Unterschiedsschwellen gegenüber d_o und d_u, den in den Einzelversuchen erhaltenen Schwellen.

Um gleichzeitig einen Ueberblick über die zeitlichen Schwankungen des Bewusstseins bei Zeitschätzungen zu geben, habe ich die Variationen für die Unterschiedsschwellen d_o und d_u und für die Schätzungsdifferenz Δ berechnet; so bezeichnet z. B. $\delta\Delta$ die Abweichung einer durch einen Versuch gewonnenen Schätzungsdifferenz Δ von dem Mittel Δ_m aus sämmtlichen Δ desselben t. Besonders sei noch hervorgehoben, dass $\delta\Delta_m$ die mittlere Variation bedeutet, d. h. das Mittel aus sämmtlichen $\delta\Delta$ für dasselbe t; ist z. B. Δ_m das Mittel aus den Beobachtungen: $\Delta_1\ \Delta_2\ \Delta_3\ \ldots\ldots$, deren Zahl n ist, so ist die mittlere Variation;

$$\delta\Delta_m = \frac{(\Delta_m - \Delta_1) + (\Delta_m - \Delta_2) + (\Delta_m - \Delta_3)}{n} = \frac{\delta\Delta_1 + \delta\Delta_2 + \delta\Delta_3 + \ldots.}{n},$$

wobei die einzelnen Differenzen sämmtlich positiv genommen werden. Anologes wie für $\delta\Delta$ resp. $\delta\Delta_m$ gilt für δd_o und δd_u resp. δd_{om} und δd_{um}.

Da die Unterschiedsschwellen im Allgemeinen kleine Werthe besitzen, habe ich selbige, um ihren Gang deutlicher hervortreten zu lassen, in Procenten der Normalzeit t ausgedrückt, also die Größen $\frac{100\, d_{om}}{t}$ und $\frac{100\, d_{um}}{t}$ berechnet. Aus diesen Werthen lässt sich unmittelbar die obere und untere Unterschiedsempfindlichkeit E_o und E_u berechnen, indem man ihre reciproken Werthe mit 100 multiplicirt, denn es ist bekanntlich:

$$E_o = \frac{t}{d_{om}} \text{ und } E_u = \frac{t}{d_{um}}.$$

Analog dient als Maß für die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit: $E_m = \frac{t}{D}$, wo nach dem früher Gesagten $D = \frac{d_{om} + d_{um}}{2}$ die mittlere Unterschiedsschwelle oder den Schätzungsfehler bedeutet.

Für die Untersuchung betreffs der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes sind noch folgende Elemente in den Kreis der Betrachtung zu ziehen: die obere, untere und mittlere Verhältnissschwelle, für welche die Definitionsgleichungen gelten:

$$v_{om} = \frac{t_{om}}{t}, \quad v_{um} = \frac{t}{t_{um}} \text{ und } v = \sqrt{\frac{t_{om}}{t_{um}}}.$$

Bei allen vorliegenden Versuchen diente ich selbst als Beobachter, während die Herren Dr. W. von Tchisch und cand. math. Glass in dankenswerther Weise den Apparat bedienten, ersterer in den Monaten Juli und August, letzterer in den Monaten October bis December. Die Versuche selbst wurden sowohl nach der $>$ als $<$ Methode ausgeführt und zwar abwechselnd, so dass auf jede Methode gleich viel Versuche fallen. Wurde z. B. mit der $>$ Methode begonnen, so wurde der zweite Versuch nach der $<$ Methode ausgeführt, der dritte wieder nach der $>$ Methode u. s. w. In Tab. I sind nun die Versuche in der Weise wiedergegeben, dass der erste, dritte u. s. w. Versuch nach der $>$ Methode gewonnen ist, dagegen der zweite, vierte u. s. w. nach der $<$ Methode; der besseren Uebersicht wegen habe ich aber auch für letztere Versuche die t'_o und t''_o und die davon abhängigen Werthe den t'_u und t''_u vorangestellt, wiewohl letztere der Zeit nach vorangehören. Die Versuche für die einzelnen Zeiten bis 5 Secunden wurden an verschiedenen Tagen angestellt und zwar wurden die beobachteten Zeiten sowohl in aufsteigender als absteigender Reihenfolge untersucht, am ersten Tage wurde mit der Zeit $t = 1$ begonnen, am zweiten Tage mit $t = 1,5$, am dritten Tag mit $t = 2$ u. s. w., bis auf diese Weise alle Zeiten bis 5 Secunden beobachtet waren, dann wurde derselbe Weg rückwärts eingeschlagen. Der Indifferenzpunkt wurde zuletzt bestimmt. In Tab. I sind bis zu $t = 5$ incl. die sechs ersten Versuche in aufsteigender, die vier letzten in absteigender Reihenfolge gewonnen worden. Die Zeiten oberhalb 5 Secunden sind nur in aufsteigender untersucht, und zwar sind die zugehörigen Versuche für jede Zeit nur an einem Tage angestellt worden. Auf jede Versuchsstunde kamen durchschnittlich nur 10 Versuche, um der Ermüdung vorzubeugen.

In welcher Weise der Experimentirende die Vergleichzeit veränderte, ob er sie größer oder kleiner machte, war mir stets bekannt, doch wusste ich nicht, ob und um wie viel Grade er jedesmal den dritten kleinen Auslöser weiter rückte; auch blieben mir die erhaltenen

Resultate während einer Versuchsstunde unbekannt, ich glaubte auf diese Weise eine möglichst objective Schätzung zu erreichen. Während der Versuche selbst schloss ich meine Augen, um möglichst fremde Eindrücke und Gedanken fernzuhalten und um meine ganze Aufmerksamkeit auf die Hammerschläge zu richten; ich hielt diese Vorsichtsmaßregel für nöthig, da es ungemein schwer ist, bei den leeren einförmigen Zeitstrecken, zumal bei größeren, fremdartige Vorstellungen fernzuhalten und so mit gleichmäßig gespannter Aufmerksamkeit zu beobachten. Ferner saß ich in unmittelbarer Nähe des Hammers, je nachdem ich aber das rechte oder linke Ohr dem Hammer zuwandte, trat an der rechten oder linken Seite des Kopfes ein eigenthümliches Spannungssgefühl auf, welches sich gewöhnlich nach der Mitte des Kopfes hinzog. Der erste Hammerschlag, also der Beginn der Normalzeit wurde mir von dem Experimentirenden durch den Zuruf »jetzt« angezeigt, so dass derselbe seiner Zeit nach stets bekannt war und ich ihm so mit vollkommen vorbereiteter Aufmerksamkeit entgegen kommen konnte. Eine Unterlassung dieser Vorsichtsmaßregel hätte leicht Anlass zu einer constanten Fehlerquelle geben können.

Besonders war bei den Versuchen auch darauf zu achten, dass die Schläge des Hammers gleichmäßig stark ausfielen; war z. B. der letzte Schlag schwächer als die beiden ersten, so erschien mir das zweite Intervall kürzer als das erste, dagegen länger, wenn der letzte Schlag stärker war als die beiden ersten, obgleich beide Intervalle in Wirklichkeit gleich waren.

Die kleinste Zeit, welche beobachtet wurde, betrug 0,7 Secunden; kleinere Zeiten zu untersuchen, gestattete der Apparat nicht; da nämlich bei diesen die Schläge zu schnell auf einander folgten, kam der Hammer von einem Schlag zum andern nicht zur vollen Ruhe, infolge dessen fielen die Schläge ungleich stark aus, so dass ein genaues Schätzen, wie bereits erwähnt, nicht mehr möglich war. Die größte beobachtete Zeit betrug 12,1 Secunden; wegen Mangel an Zeit war es mir leider nicht möglich noch größere Zeiten zu untersuchen. Trotz zunehmender Schwierigkeit des Schätzens mit wachsender Hauptzeit war ich bei Zeitstrecken von 12,1 Secunden Länge noch im Stande, in einer Versuchsstunde bequem 10 Versuche anzustellen, so dass ich auch noch größere Intervalle als 12,1 Secunden hätte schätzen können.

III. Contrastfreie Versuche.

Die den folgenden Tabellen zu Grunde liegenden Versuche bilden die ersten Versuche einer Versuchsstunde, sie sind also nicht durch vorangehende Versuche über andere Zeitstrecken beeinflusst. Die sogenannten Contrastversuche werde ich in einem späteren Kapitel besprechen.

Um nicht fortwährend die Bezeichnung »Secunde« gebrauchen zu müssen, sei noch erwähnt, dass den Tabellen und dem Ausdruck t stets die Secunde als Zeiteinheit zu Grunde liegt.

Damit der Leser einen Einblick in die einzelnen Beobachtungsdaten erhalte, habe ich in Tab. I für die Zeiten $t = 0{,}70$, $= 5$, $= 12{,}1$ die Resultate so wiedergegeben, wie sie unmittelbar aus dem Versuche hervorgehen; unter jeder Verticalreihe steht außerdem der zugehörige Mittelwerth, um eine bequeme Vergleichung desselben mit den Werthen der Einzelversuche zu gestatten. In Tabelle II sind die Mittelwerthe für sämmtliche beobachteten Zeiten zusammengestellt, und in Tabelle III befinden sich die übrigen aus den Mittelwerthen abgeleiteten, zur Discussion unentbehrlichen Ausdrücke.

Ich lasse nun zunächst die in Rede stehenden Tabellen folgen.

Tabelle I.

$t = 0{,}70$

t'_o	t''_o	t'_u	t''_u	t_o	t_u	d_o	d_u	δd_o	δd_u	T	$\varDelta$	$\delta\varDelta$
0,75	0,70	0,65	0,70	0,725	0,675	0,025	0,025	+ 0,015	+ 0,0075	0,70	0	+ 0,00375
0,80	0,70	0,65	0,70	0,75	0,675	0,05	0,025	— 0,010	+ 0,0075	0,7125	+ 0,0125	— 0,00875
0,75	0,70	0,65	0,70	0,725	0,675	0,025	0,025	+ 0,015	+ 0,0075	0,70	0	+ 0,00375
0,80	0,70	0,60	0,70	0,75	0,65	0,05	0,05	— 0,010	— 0,0175	0,70	0	+ 0,00375
0,75	0,70	0,65	0,70	0,725	0,675	0,025	0,025	+ 0,015	+ 0,0075	0,70	0	+ 0,00375
0,80	0,70	0,65	0,70	0,75	0,675	0,05	0,025	— 0,010	+ 0,0075	0,7125	+ 0,0125	— 0,01875
0,80	0,70	0,65	0,70	0,75	0,675	0,05	0,025	— 0,010	+ 0,0075	0,7125	+ 0,0125	— 0,00875
0,80	0,70	0,60	0,65	0,75	0,625	0,05	0,075	— 0,010	— 0,0425	0,6875	— 0,0125	+ 0,00625
0,80	0,70	0,65	0,70	0,75	0,675	0,05	0,025	— 0,010	+ 0,0075	0,7125	+ 0,0125	— 0,00875
0,75	0,70	0,65	0,70	0,725	0,675	0,025	0,025	+ 0,015	+ 0,0075	0,70	0	+ 0,00375
0,78	0,70	0,64	0,695	0,74	0,6675	0,04	0,0325	0,012	0,012	0,70375	+ 0,00375	0,007

$t = 5{,}00$

t'_o	t''_o	t'_u	t''_u	t_o	t_u	d_o	d_u	δd_o	δd_u	T	Δ	$\delta \Delta$
5,40	5,35	4,60	4,60	5,375	4,60	0,375	0,40	— 0,0225	— 0,055	4,9875	— 0,0125	+ 0,01625
5,40	5,25	4,60	4,70	5,325	4,65	0,325	0,35	+ 0,0275	— 0,005	4,9875	— 0,0125	+ 0,01625
5,30	5,30	4,65	4,65	5,30	4,65	0,30	0,35	+ 0,0525	— 0,005	4,975	— 0,025	+ 0,02875
5,40	5,35	4,65	4,70	5,375	4,675	0,375	0,325	— 0,0225	+ 0,02	5,025	+ 0,025	— 0,02125
5,45	5,35	4,60	4,70	5,40	4,65	0,40	0,35	— 0,0475	— 0,005	5,025	+ 0,025	— 0,02125
5,40	5,35	4,65	4,65	5,375	4,65	0,375	0,35	— 0,0225	— 0,005	5,0125	+ 0,0125	— 0,00875
5,35	5,30	4,65	4,70	5,325	4,675	0,325	0,325	+ 0,0275	+ 0,02	5,0	0	+ 0,00375
5,35	5,30	4,65	4,65	5,325	4,65	0,325	0,35	+ 0,0275	— 0,005	4,9875	— 0,0125	+ 0,01625
5,35	5,30	4,65	4,75	5,325	4,70	0,325	0,30	+ 0,0275	+ 0,045	5,0125	+ 0,0125	— 0,00875
5,45	5,35	4,60	4,70	5,40	4,65	0,40	0,35	— 0,0475	— 0,005	5,025	+ 0,025	— 0,02125
5,385	5,32	4,63	4,68	5,3525	4,655	0,3525	0,345	0,0325	0,017	5,00375	+ 0,00375	0,01625

$t = 12{,}1$

t'_o	t''_o	t'_u	t''_u	t_o	t_u	d_o	d_u	δd_o	δd_u	T	Δ	$\delta \Delta$
14,20	14,00	10,5	10,6	14,1	10,55	2,00	1,55	— 0,11	— 0,01	12,325	+ 0,225	— 0,05
14,00	13,90	10,3	10,5	13,95	10,4	1,85	1,70	+ 0,04	— 0,16	12,175	+ 0,075	+ 0,10
14,00	13,90	10,6	10,8	13,95	10,7	1,85	1,40	+ 0,04	+ 0,14	12,325	+ 0,225	— 0,05
14,00	14,00	10,3	10,4	14,00	10,35	1,90	1,75	— 0,01	— 0,21	12,175	+ 0,075	+ 0,10
14,10	14,00	10,4	10,6	14,05	10,5	1,95	1,60	— 0,06	— 0,06	12,275	+ 0,175	0
14,00	13,80	10,4	10,9	13,90	10,65	1,80	1,45	+ 0,09	+ 0,09	12,275	+ 0,175	0
14,00	13,80	10,5	10,8	13,90	10,65	1,80	1,45	+ 0,09	+ 0,09	12,275	+ 0,175	0
14,10	14,00	10,5	10,7	14,05	10,60	1,95	1,50	— 0,06	+ 0,04	12,325	+ 0,225	— 0,05
14,10	14,00	10,3	10,7	14,05	10,50	1,95	1,60	— 0,06	— 0,06	12,275	+ 0,175	0
14,00	13,90	10,7	10,7	13,95	10,70	1,85	1,40	+ 0,04	+ 0,14	12,325	+ 0,225	— 0,05
14,05	13,93	10,45	10,67	13,99	10,56	1,89	1,54	0,06	0,10	12,275	+ 0,175	0,04

Tabelle II.

t	t_{om}	t_{um}	d_{om}	d_{um}	δd_{om}	δd_{um}	T_m	Δ_m	$\delta \Delta_m$	n
0,70	0,74	0,6675	0,04	0,0325	0,012	0,012	0,70375	+ 0,00375	0,007	10
0,75	0,7875	0,6925	0,0375	0,0575	0,015	0,014	0,74	— 0,01	0,006	10
1,00	1,065	0,9125	0,065	0,0875	0,03	0,03	0,98875	— 0,01125	0,00925	10
1,50	1,6075	1,36	0,1075	0,14	0,0275	0,025	1,48375	— 0,01625	0,0095	10
2,00	2,1175	1,8625	0,1175	0,1375	0,019	0,0375	1,99	— 0,01	0,0213	10
2,10	2,1975	1,995	0,0975	0,105	0,0185	0,031	2,09625	— 0,00375	0,0095	10
2,15	2,25	2,0525	0,10	0,0975	0,025	0,0135	2,15125	+ 0,00125	0,014	10
2,50	2,645	2,285	0,145	0,215	0,024	0,022	2,465	— 0,035	0,008	10
2,80	2,985	2,535	0,185	0,265	0,027	0,04	2,76	— 0,040	0,02	10
3,00	3,1975	2,74	0,1975	0,26	0,0225	0,033	2,96875	— 0,03125	0,0125	10
3,50	3,755	3,23	0,255	0,27	0,039	0,025	3,4925	— 0,075	0,0165	10
3,55	3,755	3,3525	0,205	0,1975	0,018	0,0185	3,55375	+ 0,00375	0,00875	10

t	t_{om}	t_{um}	d_{om}	d_{um}	δd_{om}	δd_{um}	T_m	Δ_m	$\delta\Delta_m$	n
4,00	4,34	3,59	0,34	0,41	0,024	0,032	3,965	— 0,035	0,015	10
4,20	4,6175	3,7025	0,4175	0,4975	0,019	0,028	4,15	— 0,040	0,0125	10
4,50	4,8925	4,0775	0,3925	0,4225	0,024	0,018	4,485	— 0,015	0,0125	10
5,00	5,3525	4,655	0,3525	0,345	0,0325	0,017	5,00375	+ 0,00375	0,01625	10
5,40	5,82375	4,98375	0,42375	0,41625	0,04875	0,036	5,40375	+ 0,00375	0,0345	10
5,70	6,305	5,125	0,605	0,575	0,034	0,042	5,715	+ 0,015	0,0255	10
6,00	6,6775	5,385	0,6775	0,615	0,0635	0,038	6,03125	+ 0,03125	0,04875	10
6,40	6,865	5,9875	0,465	0,4125	0,045	0,045	6,42625	+ 0,02625	0,01875	10
7,10	8,229	6,267	1,129	0,83	0,0805	0,077	7,2479	+ 0,1479	0,02707	6
7,80	8,97	6,74	1,17	1,06	0,111	0,05	7,855	+ 0,055	0,0715	10
8,55	9,79875	7,5675	1,24875	0,9825	0,04875	0,0405	8,683125	+ 0,133125	0,02838	10
9,30	10,59	8,1525	1,29	1,1475	0,0675	0,057	9,37125	+ 0,07125	0,03675	10
10,00	11,53375	8,72125	1,53375	1,27875	0,09375	0,0795	10,1275	+ 0,1275	0,0225	10
10,65	12,29625	9,22125	1,64625	1,42875	0,087	0,07125	10,75875	+ 0,10875	0,06	10
11,40	13,1625	9,915	1,7625	1,485	0,06	0,0705	11,53875	+ 0,13875	0,0465	10
12,10	13,99	10,56	1,89	1,54	0,06	0,10	12,275	+ 0,175	0.04	10

Tabelle III.

t	$\frac{100\,d_{om}}{t}$	$\frac{100\,d_{um}}{t}$	E_o	E_u	D	E_m	v_{om}	v_{um}	$v_{um} - v_{om}$	v
0,70	5,7	4,64	17,5	21,53	0,03625	19,3	1,057	1,0489	— 0,0081	1,0529
0,75	5	7,67	20	13,04	0,0475	15,8	1,05	1,0830	+ 0,033	1,0664
1,00	6,5	8,75	15,3	11,43	0,07625	13,114	1,065	1,0959	+ 0,0309	1,0804
1,50	7,17	9,3	13,96	11	0,12375	12,121	1,0717	1,1029	+ 0,0312	1,0872
2,00	5,875	6,875	17	14,55	0,1275	15,7	1,05875	1,0739	+ 0,01515	1,0663
2,10	4,64	5	21,53	20	0,10125	20,742	1,04645	1,053	+ 0,00655	1,0445
2,15	4,65	4,5	21,5	22	0,09875	21,8	1,0465	1,0475	+ 0,001	1,0470
2,50	5,8	8,6	17,3	11,6	0,18	14	1,058	1,0945	+ 0,0365	1,0759
2,80	6,6	9,5	15,1	10,6	0,225	12,45	1,066	1,1045	+ 0,0385	1,0851
3,00	6,538	8,7	15,2	11	0,22875	13,15	1,0658	1,0949	+ 0,0291	1,0803
3,50	7,3	7,7	13,7	13	0,2625	13,33	1,073	1,083	+ 0,01	1,0782
3,55	5,773	5,567	17,3	18	0,20125	17,64	1,0577	1,0589	+ 0,0012	1,0583
4,00	8,5	10,25	12	9,75	0,375	10,7	1,085	1,113	+ 0,028	1,0995
4,20	9,94	11,845	10,06	8,442	0,4575	9,18	1,0994	1,13437	+ 0,03497	1,1169
4,50	8,72	9,4	11,467	10,65	0,4075	11,04	1,0872	1,1036	+ 0,0164	1,0958
5,00	7,05	6,9	14,2	14,5	0,34875	14,33	1,0705	1,074	+ 0,0035	1,0723
5,40	7,847	7,7	12,7	13	0,42	12,9	1,07847	1,08352	+ 0,00505	1,0810
5,70	10,6	10,1	9,42	9,1	0,59	9,66	1,1062	1,1122	+ 0,006	1,1092
6,00	11,29	10,25	8,856	9,755	0,64625	9,28	1,1129	1,1142	+ 0,0013	1,1137
6,40	7,27	6,445	13,8	15,51	0,43875	14,59	1,0727	1,0689	— 0,0038	1,0708
7,10	15,9	11,7	6,29	8,554	0,9795	7,25	1,159	1,133	— 0,026	1,1458
7,80	15	13,59	6,67	7,36	1,115	7	1,150	1,158	+ 0,008	1,1536
8,55	14,72	11,5	6,847	8,7	1,115625	7,664	1,14605	1,12986	— 0,01619	1,1379
9,30	13,87	12,34	7,2	8,1	1,21875	7,63	1,13871	1,14075	+ 0,00204	1,1398
10,00	15,34	12,7875	6,53	7,82	1,40625	7,111	1,153375	1,144662	— 0,008713	1,1526
10,65	15,46	13,4	6,46	7,45	1,5375	6,927	1,15458	1,15494	+ 0,00036	1,1548
11,40	15,46	13	6,468	7,68	1,62375	7	1,1546	1,1499	— 0,0047	1,1522
12,10	15,6	12,75	6,4	7,86	1,715	7,055	1,156	1,146	— 0,01	1,1510

Bei der Discussion der in den vorliegenden Tabellen enthaltenen Elemente wird es sich hauptsächlich um die Fragen handeln: Wie verändert sich mit aufsteigenden Werthen von t die Größe der mittleren Schätzungsdifferenz Δ_m, und hat das Weber'sche Gesetz auch im Gebiet des Zeitsinnes Gültigkeit?

Doch ehe ich auf diese Fragen näher eingehe, will ich erst noch auf einen wichtigen Unterschied zwischen den Estel'schen und meinen Resultaten aufmerksam machen. Schon ein flüchtiger Blick auf die Estel'schen Tabellen XII bis XIV und auf meine Tabelle II zeigt, daß die Schätzungsdifferenzen Δ_m in Bezug auf ihre Größe ganz ausserordentlich von einander abweichen, dass nämlich dieselben in den Estel'schen drei Tabellen bedeutend größer sind als in der meinigen. Der bequemen Vergleichbarkeit halber stelle ich ihre Summen $\Sigma\Delta_m$ für diejenigen Normalzeiten zusammen, welche in allen den genannten Tabellen vorkommen, nämlich für die Zeiten: $t = 1{,}5$, $= 2$, $= 2{,}5$, $= 3$, $= 3{,}5$, $= 4$, $= 5$; diese geben $\Sigma t = 21{,}5$. Da aber die Δ_m für sich nicht isolirte Werthe sind, sondern mit den Unterschiedsschwellen d_{om} und d_{um} solidarisch zusammenhängen durch die Gleichung: $\Delta_m = \frac{d_{om} - d_{um}}{2}$, so gebe ich auch die entsprechenden Werthe für Σd_{om} und Σd_{um}:

Tabelle IV.

Tabelle	$\Sigma\, d_{om}$	$\Sigma\, d_{um}$	$\Sigma\,\Delta_m$
XII.	0,758	2,128	0,9845
XIII.	1,077	3,198	1,06
XIV.	1,43	3,382	0,976
II.	1,515	1,7775	0,13875

Wie ersichtlich, weichen die $\Sigma\Delta_m$ der Tab. XII bis XIV nur unwesentlich von einander ab, so dass man vermuthen könnte, auch $\Sigma\Delta_m$ in Tab. II würde sich von ihnen nur unbedeutend unterscheiden, da ja die zu Grunde liegenden Versuche nach derselben Methode angestellt worden sind; doch ist gerade das Gegentheil der Fall, indem die letztere $\Sigma\Delta_m$ nur den 7. Theil von dem Mittel 1,0068 der übrigen beträgt. Diese großen Werthe der Δ_m in den Tab. XII bis XIV sind aber bedingt durch die bedeutenden Abweichungen, welche die Unterschiedsschwellen zeigen, es verhalten sich nämlich im Mittel Σd_{om}

und Σd_{um} zu einander wie 1 : 2,9, während in Tab. II dieselben das Verhältniss 1 : 1,175 zeigen.

Fragt man nun nach dem Grunde dieser Erscheinung, so finde ich ihn in dem Umstande, dass die Herren, welche sich an den Estel'schen Versuchen betheiligten, zu geringe Uebung im Schätzen von Zeitstrecken besaßen, während ich als ziemlich geübter Beobachter an meine Versuche herantrat. Ich sage als ziemlich geübter Beobachter, da ich mehrere Semester an psychophysischen Untersuchungen theil genommen und mich während drei Semestern eingehend mit Experimenten über den Zeitsinn befasst hatte. Der Zeit nach haben die Estel'schen Beobachter auch ein Jahr lang an Zeitversuchen sich betheiligt, doch weiß ich nicht, in welchen Intervallen die Beobachtungen stattgefunden haben. Dass nicht an allzuviel Versuchstagen experimentirt worden ist, glaube ich daraus schließen zu dürfen, dass auf jeden Beobachter mit den Contrastversuchen durchschnittlich nur 90 Versuche kommen. Meine Meinung geht also dahin, dass einzig und allein der geringen Uebung die großen Werthe für die Schätzungsdifferenz zuzuschreiben sind.

Tritt man als Ungeübter an die Zeitversuche heran, so gelingt es nicht, die Intervalle vollständig zu beherrschen, es erscheint die Vergleichszeit sehr bald größer als die Normalzeit; der Grund hiervon liegt darin, dass ein Theil der Normalzeit, nennen wir ihn dt, aus dem Gedächtniss entschwunden ist, so dass selbige bei der Vergleichung nur noch den Werth $t - dt$ besitzt, die Folge davon ist, dass die obere Unterschiedsschwelle zu niedrig ausfällt, die untere dagegen um ebensoviel zu groß, mithin wird die Schätzungsdifferenz einen großen negativen Werth erhalten. Erst nach langer Uebung gelingt es, die Intervalle, zumal die größeren vollständig zu beherrschen und sie im Gedächtniss festzuhalten; alsdann wird aber auch die Schätzung genauer, d. h. die Schätzungsdifferenzen besitzen nur kleine Werthe, und gleiche Zeiten erregen in uns, wie Vierordt S. 22 sich ausdrückt, im Allgemeinen gleich große oder besser gesagt, nicht unterscheidbare Empfindungen. Letzteres ist aber bei den Estel'schen Beobachtern nicht immer der Fall gewesen. Zwar gibt Estel in seinen Tabellen nur Mittelwerthe, doch lässt sich meine Annahme sehr leicht erweisen. Betrachten wir zu diesem Zweck z. B. Tab. XIII für $t = 5$, hier ist $d_{om} = 0{,}05$ und $d_{um} = 0{,}775$, also d_{um} 15mal so groß als d_{om}. Nun entsprach der Bewegung der Trommel um einen Grad des Theilkreises eine Zeit von 0,1 Secunde, Estel musste also bei Anwendung der Methode jedesmal die Vergleichszeit um 0,1 Secunde verändern, mithin ist $d_{om} = 0{,}05$ nicht anders zu erklären, als dass t' bereits größer als t geschätzt wurde, wo es in Wirklichkeit noch gleich t war, oder dass t' erst gleich t geschätzt wurde, wenn es schon kleiner als t war. Wie in Tab. XIII, so kommen aber auch in den anderen Tabellen ähnliche Abnormitäten vor und die Estel'schen Protocolle werden deren viele aufweisen. Zum ferneren Beleg meiner Ansicht will ich noch auf die Estel'schen Tabellen II und III hinweisen; letztere enthält ein $d_{om} = 0$ für $t = 1{,}8$, erstere ein $d_{om} = -0{,}045$ für $t = 5{,}5$, also sogar eine negative obere Unterschiedsschwelle. Zwar sind diese Tabellen nicht direct mit den meinigen zu vergleichen, da sie Versuche mit drei Intervallen enthalten, doch sprechen sie immerhin für meine oben aufgestellte Ansicht. Unter meinen sämmtlichen viel zahlreicheren Versuchen findet sich kein einziger Fall, wo die der Normalzeit gleiche Vergleichszeit größer oder kleiner als erstere geschätzt worden wäre, so dass also durch meine Versuche das oben erwähnte, von Vierordt gefundene Resultat in evidenter Weise bestätigt wird.

Ferner finde ich für meine Behauptung, dass die Estel'schen Beobachter nicht immer im Stande waren, die Intervalle zu beherrschen, einen directen Beweis in Estel's eigenen Worten S. 58: »Wenn die erste Hauptzeit einer Versuchsreihe drei Secunden überstieg, so dienten bei allen Beobachtern die ersten Versuche nur zur Gewöhnung an das Intervall, es war daher eine bedeutend stärkere Aenderung der Vergleichszeit nöthig, um ihren Unterschied gegen die Hauptzeit deutlich zu erkennen, als beim weiteren Verlauf des Versuches, wo jene Gewöhnung bereits eingetreten war und eine geringe Veränderung von t' schon merkbar wurde. Ich gebrauchte daher später die Vorsicht, größere Zeiten erst mehrere Male ohne Veränderung von t' schlagen zu lassen, bis alle Beobachter erklärten, das Intervall vollständig zu beherrschen.«

Hier sagt also Estel selbst, dass bei größeren t als 3 Secunden die Beobachter Mühe hatten, dieselben zusammenzufassen, wahrscheinlich ist es auch schon bei 3 Secunden und darunter der Fall gewesen, da ja die Grenze der Beurtheilungsmöglichkeit von Zeitstrecken nicht bei einer bestimmten Zeit eintritt, sondern sich allmählich bemerkbar macht. Wenn nun Estel genanntem Uebelstande dadurch abzuhelfen sucht, dass die ersten Versuche nur zur Gewöhnung an die betreffenden Intervalle dienten, so halte ich dieses Mittel für ungenügend; eine gewisse Unsicherheit im Schätzen wird auch dann noch übrig geblieben sein. Da ich allmählich von kleineren Zeiten zu größeren überging und fast jeden Tag Beobachtungen anstellte, so war es mir bei Beginn einer Versuchsstunde immer möglich, sofort das betreffende Intervall zusammenzufassen. Auch wüsste ich nicht, dass eine Zeit, selbst die größte, welche beobachtet wurde, mir irgend eine nennenswerthe Schwierigkeit gemacht hätte; dafür spricht auch der Umstand, dass ich stets 10 Versuche ohne Unterbrechung hinter einander anstellen konnte. Auch die Uebung machte sich im Verlaufe einer Versuchsstunde nicht in störender Weise geltend, ich schätzte zu Anfang ebenso genau und sicher wie am Ende. Diese Thatsache zeigt, dass die Bemerkung Estel's S. 59, wonach bei größeren Zeiten eine Gewöhnung im Laufe des Versuches als thatsächlich vorhanden anerkannt werden muss, wenigstens für meine Versuche nicht zutrifft, ein Umstand, der die Brauchbarkeit derselben wesentlich erhöhen dürfte.

Außer in der unvollkommenen Beherrschung der Intervalle macht sich der Einfluss der geringen Uebung noch in einem anderen Umstande geltend. Ich habe nämlich bei den Versuchen an mir folgende interessante Beobachtung gemacht: Bei Zeiten bis 5 Secunden, zumal von 2,5 Secunden an, bemerkt man sehr leicht, dass sich unser Bewusstsein den beiden zu vergleichenden Zeitstrecken gegenüber ganz verschieden verhält. Während man nämlich sich den beiden ersten Hammerschlägen gegenüber ganz passiv verhält, ist man geneigt, den dritten Hammerschlag mit einer größeren Spannung der Aufmerksamkeit zu erwarten, indem man den zweiten Hammerschlag als Signal für den dritten betrachtet, dazu gesellt sich noch ein eigenthümliches Gefühl der Unruhe. Je größer nun die Intervalle sind, d. h. je länger also der dritte Schlag auf sich warten lässt, um so gespannter wird die Aufmerksamkeit und um so größer die Unruhe und die Erwartung auf denselben, so dass wir geneigt sind, das zweite Intervall größer zu schätzen als das erste; es bedarf daher auch einer geringeren Vergrößerung als Verkleinerung der Vergleichszeit, um einen Unterschied mit der Normalzeit zu bemerken, d. h. wir werden in diesem Falle immer große negative Schätzungsdifferenzen begehen. Durch Uebung lässt sich allmählich erreichen, dass man sich gewöhnt, beiden Zeitstrecken seine Aufmerksamkeit in gleichem Maße zuzuwenden, so dass die Vergleichszeit nicht vor der Normalzeit bevorzugt ist; alsdann werden aber auch die Unterschiedsschwellen keine großen Unterschiede zeigen, d. h. die Schätzungsdifferenzen nehmen geringere Werthe an. In diesem Zustande der ungleichmäßigen Spannung der Aufmerksamkeit auf die beiden Intervalle scheinen sich die Estel'schen Beobachter befunden zu haben; es ist mir wenigstens nicht wahrscheinlich, dass bei der geringen Anzahl ihrer Versuche dieselben die nöthige Beherrschung ihrer Aufmerksamkeit gehabt haben. Auch Herr Glass, der bei Bedienung des Apparates gleichzeitig mitschätzte und ein sonst in physikalischen Untersuchungen wohl geübter Beobachter ist, klagte stets darüber, dass er den dritten Hammerschlag nicht früh genug erwarten könnte, infolge dessen schätzte er auch im Vergleich zu mir die Vergleichszeit bei weitem früher größer als die Normalzeit, dagegen viel später kleiner; seine Schätzungsdifferenzen besaßen daher größere negative Werthe als die meinigen.

Was nun von den Estel'schen Versuchen mit zwei Intervallen in Bezug auf die geringe Uebung seitens der Beobachter gilt, erstreckt sich auch auf die Versuche mit drei Intervallen. Ebenso scheinen mir die Kollert'schen Versuche an demselben Fehler zu leiden; es besaßen nämlich auch die von Kollert erwähnten Beobachter zu geringe Uebung im Schätzen von Zeitstrecken, was aus den bedeutenden Abweichungen der Unterschiedsschwellen von einander, sowie aus der Bemerkung von Estel S. 50 hervorgeht, »dass bei Kollert's Versuchen einige Beobachter das Intervall 1,2 Secunden für schwer schätzbar erklärt hatten und die Schätzung der Zeit 1,5 Secunden allen Beobachtern Schwierigkeiten bereitet hatte.« Infolge der Schwierigkeit, große Intervalle vollständig zusammenzufassen und die Aufmerksamkeit in der richtigen Weise zu beherrschen, werden auch die mittleren Variationen der in Estel's Tabellen XII bis XIV enthaltenen Schwellenwerthe bedeutend größer gewesen sein, als in meiner Tab. II; sie sind leider von Estel nicht mitgetheilt worden.

Nach diesen Bemerkungen wollen wir nun zur Discussion der in den Tabellen I bis III enthaltenen Elemente übergehen und zuerst den Gang der Schätzungsdifferenz Δ_m mit zunehmendem t näher ins Auge fassen.

Definiren wir mit Fechner S. 10 den Indifferenzpunkt durch die beiden solidarisch zusammenhängenden Bedingungen: 1) »dass die beiden, in ihrem allgemeinen Gange bezüglich t von einander abweichenden Unterschiedsschwellen sich am Indifferenzpunkt in Gleichheit begegnen; 2) dass das Mittel der beiden Schätzungswerthe t_o und t_u mit dem Hauptwerth t übereinstimmt«, so zeigt der Verlauf von Δ_m in Tab. II vier solche Punkte, nämlich bei den Zeiten $t = 0{,}7$, $= 2{,}15$, $= 3{,}55$, $= 5$, mithin gibt es für mein Bewusstsein vier Zeiten, welche unverändert reproducirt werden. Dieses Resultat ist um so überraschender, als die bisherigen Beobachtungen immer nur einen Indifferenzpunkt ergeben haben. So fand ihn Vierordt bei Versuchen, welche den meinigen am meisten entsprechen (S. 36, Tab. A.) bei $t = 2{,}7$, Wundt, Kollert und Estel dagegen zwischen $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}8$. Mit dem von letzteren Herren gefundenen Indifferenzpunkt stimmt auch derjenige der Tab. II überein, welcher zwischen $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}75$ liegt, und zwar bei der Zeit $t = 0{,}71364$ oder abgekürzt bei $t = 0{,}71$, wenn wir nämlich den Verlauf von Δ_m zwischen $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}75$ als geradlinig annehmen. Betreffs dieser Zeit 0,71 wird also die von Wundt (Phys. Psych. Bd. II, S. 286) ausgesprochene Ansicht bestätigt, dass der Indifferenzpunkt eine sehr constante Lage hat, die selbst bei verschiedenen Individuen nur wenig zu variiren scheint. Auch bei verschiedenen anderen Beobachtern habe ich den Indifferenzpunkt zwischen $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}75$ gefunden, wie ich später Gelegenheit haben werde, mitzutheilen.

Außer den angeführten vier Indifferenzzeiten, wo Δ_m den Werth Null besitzt, also ein absolutes Minimum, zeigt Tab. II für die Schätzungsdifferenz oberhalb 5 Secunden noch mehrere relative Minima, nämlich bei den Zeiten 6,4, 7,8, 9,3 und 10,65. Dass bei diesen Zeiten Δ_m kein absolutes Minimum erreicht, ist wahrscheinlich durch die Größe dieser Zeitstrecken bedingt, für welche ja das Schätzen schwieriger und so das Urtheil unsicherer wird, wie auch die mittleren Variationen $\delta\Delta_m$ beweisen; merkwürdig ist nur der Zusammenhang dieser Erscheinung mit dem Umstande, dass ich Zieten oberhalb 5 Secunden größer reproducire, als sie wirklich sind.

Fassen wir nun die Zeiten: 0,71, 2,15, 3,55, 5, 6,4, 7,8, 9,3 und 10,65, für welche Δ_m entweder ein absolutes oder ein relatives Minimum erreicht, noch einmal näher in's Auge, so finden wir, dass dieselben fast genau ungerade Vielfache der niedrigsten Indifferenzzeit 0,71 sind. Was den Verlauf von Δ_m zwischen diesen Zeiten anlangt, so bemerken wir zuerst ein Anwachsen bis zu einem bestimmten Maximum, dann wieder ein Fallen bis zum nächsten Minimum, dann wieder ein Anwachsen u. s. w.; dieses Auf- und Absteigen wiederholt sich ganz regelmäßig zwischen den Minimalzeiten und zwar erreicht Δ_m relative Maxima bei den Zeiten $t = 1{,}5$, $= 2{,}8$, $= 4{,}2$, $= 6$, $= 7{,}1$, $= 8{,}55$, $= 10$, also bei Zeiten, die fast genau gerade Vielfache der niedrigsten Indifferenzzeit 0,71 betragen. Es zeigen somit die Δ_m einen periodischen Verlauf, welcher besonders deutlich hervortritt, wenn wir dieselben graphisch als die Ordinaten einer Curve darstellen, deren Abscissen die Normalzeiten t sind. Diese Curve zeigt Fig. 1 (Taf. VI), nur ist dazu noch zu bemerken, dass der Deutlichkeit halber die Einheit der Ordinaten zehnmal so groß genommen ist als die der Abscissen. Die wirklich beobachteten Werthe sind durch gerade Linien verbunden, außerdem sind auch ihre Ordinaten gezogen. Wie nun aus Fig. 1 ersichtlich, sind die Leistungen meines Bewusstseins hinsichtlich des Zeitsinnes eine periodische Function des niedrigsten Indifferenzpunktes $t = 0{,}71$ und zwar periodisch um das Doppelte dieser Zeit, d. h. eine gegebene Zeitstrecke erleidet in der Reproduction gar keine oder wenigstens die relativ geringste Veränderung, wenn sie ein ungerades Vielfaches von $t = 0{,}71$ beträgt, dagegen die relativ größte Veränderung, wenn sie gleich einem geraden Vielfachen dieser Zeit ist.

Oberhalb 11,4 Secunden scheint die Periodicität aufzuhören und Δ_m mit zunehmender Hauptzeit zu wachsen, ein Umstand, den ich durch Schwierigkeit der Schätzung von großen Zeiträumen zu erklären geneigt bin; dass dagegen $t = 5{,}7$ keine Maximalzeit, sondern $t = 6$ eine solche zu sein scheint, ist auffallend; ich habe daher beide Zeiten nochmals untersucht, als ich bereits meine Versuche abgeschlossen hatte, und folgende Resultate erhalten:

Tabelle V.

t	t_{om}	t_{um}	d_{om}	d_{um}	δd_{om}	δd_{um}	T	Δ	n
5,7	6,2175	5,2275	0,5175	0,4725	0,0465	0,0375	5,7225	+ 0,0225	10
6	6,525	5,57625	0,525	0,42375	0,0375	0,04875	6,050625	+ 0,050625	10

Tabelle VI.

t	$\frac{100\,d_{om}}{t}$	$\frac{100\,d_{um}}{t}$	E_o	E_u	D	E_m	v_{om}	v_{um}	v
5,7	9,1	8,3	11	12,1	0,495	11,5	1,0908	1,0904	1,0893
6	8,75	7,06	11,4	14,16	0,474375	12,6	1,0875	1,0760	1,08175

Auch in den letzteren Tabellen zeigt sich dieselbe Unregelmäßigkeit wie in Tab. I resp. II; es dürfte also der Zeit $t = 5,7$ bei späteren Versuchen eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken sein. Auffallend ist ferner, dass $t = 5,7$ genau die Hälfte von $t = 11,4$ beträgt, also der Zeit, von welcher an die Periodicität aufzuhören scheint. Sollten beide Zeiten wirklich in einem gewissen Zusammenhang stehen, was ich ganz dahingestellt sein lasse, dann dürfte zwischen 11,4 und 12,1 ein relatives Maximum von Δ_m liegen, und 12,1 eine Minimalzeit sein, denn die Schätzungsdifferenz von $t = 5,7$ ist sowohl nach Tab. II als nach Tab. V kleiner als diejenige von der folgenden Minimalzeit $t = 6,4$. Hätte ich demnach bei der Zeit $t = 6$ meine Untersuchungen abgebrochen, so hätte ich mit demselben Rechte, als ich es jetzt mit $t = 11,4$ thun kann, schließen können, der periodische Verlauf von Δ_m höre oberhalb der Zeit $t = 5,7$ auf.

Das aus meinen Versuchen sich ergebende Periodicitätsgesetz für den Gang der Schätzungsdifferenz Δ_m weicht von dem Estel'schen insofern wesentlich ab, als dieser annimmt, dass Δ_m bei sämmtlichen Vielfachen der Indifferenzzeit (zwischen 0,7 und 0,8 gelegen) relative Minima erreiche. Hiergegen ist aber zu bemerken, dass sich bei keinem seiner Beobachter ein Minimum von Δ_m genau für die geraden

Vielfachen der Indifferenzzeit, nämlich für die Zeiten $t = 3$ und $t = 4,5$ findet, wie es nach seinem Gesetz sein müsste, und wenn für $t = 1,50$ die Schätzungsdifferenz kleiner als für die größeren Zeiten ist, so beweist dies nichts, da, wie Fechner S. 68 mit Recht hervorhebt, die Zeit $t = 1,50$ zu Anfang der Reihen nicht unbedenklich als Minimalzeit zählen kann. Dagegen widersprechen die Estel'schen Resultate den meinigen insofern nicht, als sich sowohl für H als T ein Minimum von $\varDelta_m$ bei $t = 2,25$ und für T und T_r ein solches bei $t = 3,75$ vorfindet, also bei den ungeraden Vielfachen der Indifferenzzeit.

Als eine weitere Eigenthümlichkeit der Curve Fig. 1 ist noch besonders hervorzuheben, dass sie zwei Wendepunkte besitzt, nämlich bei $t = 0,71$ und in der Nähe von $t = 5$, bei dem ersteren geht selbige aus dem Positiven in's Negative über und verläuft daselbst, bis sie beim zweiten wieder in's Positive tritt. Zwar durchschneidet die Curve die Abscissenaxe auch in der Nähe von $t = 2,15$ und $t = 3,55$, doch scheint dies nur die Folge zufälliger Schwankungen des Bewusstseins zu sein. Kleinere Zeiten als 0,7 Secunden zu untersuchen, war mir leider, wie schon erwähnt, nicht möglich, doch kann man wohl annehmen, das dieselben eine positive Schätzungsdifferenz ergeben, zumal da die Vierordt'schen und Kollert'schen Versuche übereinstimmend darauf hinweisen. Ob oberhalb 5 Secunden die Schätzungsdifferenz stets positiv bleibt, lässt sich aus meinen Versuchen nicht mit Sicherheit schließen, da nur Zeiten bis $t = 12,1$ beobachtet wurden, doch scheint es wahrscheinlich zu sein, da ja die $\varDelta_m$ zu große Werthe besitzen, als dass man annehmen könnte, sie würden wieder negativ werden; außerdem scheinen sie mit zunehmender Hauptzeit zu wachsen. Da nun eine positive Schätzungsdifferenz ausdrückt, dass wir geneigt sind, eine gehörte Zeitstrecke zu überschätzen, eine negative dagegen, dass wir geneigt sind, ein gehörtes Zeitintervall zu unterschätzen, so ergeben meine Versuche das interessante Resultat: »Kleine Zeiten bis 0,7 Secunden erscheinen mir in der Reproduction vergrößert, mittlere Zeiten dagegen von $t = 0,7$ bis $t = 5$ verkleinert und große Zeiten oberhalb 5 Secunden wiederum vergrößert.« Ein Ergebniss, das allen bisherigen Beobachtungen im Gebiet des Zeitsinnes widerspricht, denn Wundt und Estel fanden mit Vierordt (§. 24, S. 111) übereinstimmend: »Kleine Zeiten schätzen wir durchschnittlich größer, größere dagegen kleiner als sie wirklich sind. Zwischen dem Bereich des positiven und des negativen Fehlers liegt ein Punkt der Indifferenz, d. h. eine Zeitgröße, die wir weder vergrößert noch verkleinert auffassen.«

Mit dem Vorhandensein zweier Wendepunkte der Curve Fig. 1 hängt unmittelbar das geringe Wachsthum von $\varDelta_m$ mit aufsteigendem t zusammen. Von $t = 0{,}71$ ist für $\varDelta_m$ absolut genommen eine allmähliche Zunahme bis $t = 2{,}8$ nicht zu verkennen, hier erreicht es für mittlere Zeiten sein Maximum mit dem Werth 0,04, diese Größe besitzt es noch einmal bei $t = 4{,}2$, um dann wieder kleinere Werthe anzunehmen bis $t = 7{,}1$; hier erhebt es sich zu ziemlich großen Werthen, welche für die Maximalzeiten nahezu constant bleiben, während es sich für die Minimalzeiten immermehr denselben nähert. Erwähnt mag noch werden, dass im Intervall von $t = 0{,}70$ bis $t = 5$ die $\varDelta_m$ für verschiedene Zeiten sehr oft übereinstimmen, so für $t = 0{,}7$, $= 2{,}10$, $= 3{,}55$ und $= 5$, ferner für $t = 0{,}75$ und $t = 2$ und für andere mehr.

Da wir im Mittel die Minimalzeiten fast ebenso oft über- als unterschätzen, so schwankt bei ihnen auch die Schätzungsdifferenz zwischen positiven und negativen Werthen hin und her, während sie bei den übrigen Zeiten fast einerlei Vorzeichen aufweist. Mit wachsendem t werden aber auch für die Minimalzeiten die negativen $\varDelta_m$ immer seltener, das letzte tritt bei $t = 9{,}3$ auf. Gegenüber den Schätzungsdifferenzen selbst zeigen ihre mittleren Variationen $\delta\varDelta_m$ keinen gesetzmäßigen Verlauf; bis $t = 7{,}1$ sind die Minimalzeiten für $\varDelta_m$ nahezu auch Minimalzeiten für $\delta\varDelta_m$, zwischen diesen Zeiten aber variirt letzteres ganz unregelmäßig, oberhalb $t = 7{,}1$ scheint sich eine andere eigenthümliche Gesetzmäßigkeit geltend zu machen. Es sind nämlich hier die Minimalzeiten für $\varDelta_m$ Maximalzeiten für $\delta\varDelta_m$ und umgekehrt die Maximalzeiten für ersteres Minimalzeiten für letzteres, eine Erscheinung, die ich nicht zu erklären vermag. Dass $\delta\varDelta_m$ überhaupt nicht demselben Gesetz wie $\varDelta_m$ folgt, mag befremdend erscheinen, doch da dasselbe ein Fehler ist, mit welchem meine Zeitauffassung behaftet ist und welcher bei verschiedenen t und je nach den Versuchsumständen verschiedenen Werth annimmt, so ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass der Zustand meines Bewusstseins und meiner Aufmerksamkeit bei den Minimalzeiten von $\varDelta_m$ besonders constant sein soll. Dazu kommt noch der schon erwähnte Umstand, dass bei letzteren Zeiten $\varDelta_m$ bald positive bald negative Werthe annimmt, sodass dadurch eine größere mittlere Variation bedingt wird, als wenn die $\varDelta_m$ nur einerlei Vorzeichen besäßen. Im Uebrigen sind die $\delta\varDelta_m$ zumal bis $t = 5$ sehr klein; ein stetiges Wachsthum derselben mit aufsteigendem t ist nicht zu erkennen, was darauf hindeutet, dass selbst die größten von mir untersuchten Zeiten noch ziemlich sicher geschätzt wurden.

Da $\varDelta_m$ infolge seiner Definition abhängig ist von direct aus den Versuchen gewonnenen Elementen, so ist sein periodischer Charakter auch auf die Periodicität derselben zurückzuführen. Wie oben erwähnt, ist nämlich:

$$\varDelta_m = \frac{t_{om} + t_{um}}{2} - t = \frac{d_{om} - d_{um}}{2},$$

da aber die Größen t_{om} und t_{um} später bei der Frage über die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes näher zu betrachten sein werden, so will ich mich hier auf die Untersuchung des Ganges der beiden Unterschiedsschwellen beschränken. Da $\varDelta_m$ die halbe Differenz aus beiden ist, so könnte sein undulirender Gang dadurch entstanden sein, dass die eine Unterschiedsschwelle constant bliebe, während die andere zwischen größeren und kleineren Werthen auf- und abschwankte, oder indem beide Unterschiedsschwellen periodisch mit der Indifferenzzeit 0,71 sich vergrößerten und verringerten. Um hierüber zu entscheiden, betrachten wir der Deutlichkeit wegen die Unterschiedsschwellen in Procenten der Normalzeit t ausgedrückt, also die Größen $\frac{100\, d_{om}}{t}$ und $\frac{100\, d_{um}}{t}$. Wie aus Tab. III ersichtlich, zeigen beide bis zur Zeit $t = 7,1$ dieselbe Periodicität wie $\varDelta_m$, sie erreichen nämlich relative Minima bei ungeraden Vielfachen der Indifferenzzeit 0,71, dagegen relative Maxima bei den geraden Vielfachen dieser Zeit. Von $t = 7,1$ an hört für $\frac{100\, d_{om}}{t}$ die Periodicität ganz auf, zuerst nimmt es bis $t = 9,3$ noch etwas ab, um dann auffällig constant zu werden; für $\frac{100\, d_{um}}{t}$ bleibt zwar die Periodicität noch bestehen, aber in anderer Weise, indem die Minimalzeiten für $\varDelta_m$ Maximalzeiten für $\frac{100\, d_{um}}{t}$ und umgekehrt die Maximalzeiten für ersteres Minimalzeiten für letzteres werden. Oberhalb $t = 10$ wird auch $\frac{100\, d_{om}}{t}$ constant, so dass also von dieser Zeit an die Unterschiedsschwellen proportional der Normalzeit wachsen. An den Indifferenzpunkten ist natürlich $d_{om} = d_{um}$, im Intervall von $t = 0,71$ bis $t = 5$ ist dagegen $d_{om} < d_{um}$ und oberhalb 5 Secunden $d_{om} > d_{um}$, wie schon aus dem Vorzeichen von $\varDelta_m$ hervorgeht. Vollständig unregelmäßig ist wiederum der Verlauf der mittleren Variationen der Unterschiedsschwellen, nämlich der Größen δd_{om} und δd_{um}, wie aus Tab. II zu ersehen ist, so dass es nicht möglich ist, irgend ein Gesetz für deren Gang aufzustellen. Nur ist hervorzuheben, dass sie sehr klein sind, zumal bis zur Zeit $t = 7,1$, hier erheben sie sich zu Werthen, zwischen welchen sie bis $t = 12,1$ auf- und abschwanken. Auffällig ist ferner, dass im Intervall von $t = 0,71$ bis $t = 5$, wo $d_{um} > d_{om}$ ist, δd_{om} ebenso oft größer als kleiner wie δd_{um} ist, während man doch vermuthen könnte, es würde ebenfalls δd_{um} stets größer als δd_{om} sein. Oberhalb 5 Secunden hingegen, wo $d_{om} > d_{um}$, ist auch durchgängig $\delta d_{om} > \delta d_{um}$.

Wichtiger noch als die eben untersuchten Größen $\frac{100\, d_{om}}{t}$ und $\frac{100\, d_{um}}{t}$ sind ihre mit 100 multiplicirten Werthe, da wir sie als Maß für die obere und untere Unterschiedsempfindlichkeit betrachten können, nämlich die Größen $E_0 = \frac{t}{d_{om}}$ und $E_u = \frac{t}{d_{um}}$ in Tab. III. Diese Elemente nun zeigen, wie nicht anders zu erwarten ist, den umgekehrten Gang, wie die Unterschiedsschwellen, d. h. sie erreichen relative Maxima bei ungeraden Vielfachen der Indifferenzzeit 0,71, dagegen relative Minima bei den geraden Vielfachen; von $t = 7,1$ an werden beide wesentlich constant. Im Zeitraum von $t = 0,71$ bis $t = 5$ ist die Empfindlichkeit für Verkleinerung geringer als für Vergrößerung, unterhalb $t = 0,71$ und oberhalb $t = 5$ kehrt sich dies Verhältniss um; an den Indifferenzpunkten sind beide einander gleich. Eine geringe Abnahme ihrer Größe von $t = 0,71$ bis $t = 7,1$ ist im Allgemeinen nicht zu verkennen, doch besitzen sie nicht ihren höchsten Werth beim niedrigsten Indifferenzpunkt, also bei den kleinsten Zeiten, sondern bei $t = 2,15$, also bei dem zweiten Indifferenzpunkt.

»Von ganz besonderer Wichtigkeit für die Beurtheilung der Unterschiedsempfindlichkeit überhaupt ist«, wie Kollert S. 86 sich ausdrückt, »eine Größe, die ich als mittlere Unterschiedsempfindlichkeit bezeichnen und durch die Gleichung: $E_m = \frac{t}{D}$ definiren will, wo

D die schon oben durch die Gleichung: $D = \frac{d_{om} + d_{um}}{2}$ definirte Größe ist.« Auch E_m zeigt einen regelmäßigen periodischen Verlauf, der besonders deutlich hervortritt, wenn wir ihn durch eine Curve Fig. 2 graphisch darstellen, deren Abscissen die Größen der Normalzeit sind. Für die Abscissen ist 0,1 sec. $= 1^{mm}$ genommen und für die Ordinaten die Maßeinheit auch gleich 1^{mm}.

Wie Fig. 2 zeigt, ist meine Unterschiedsempfindlichkeit für Zeitgrößen bis $t = 7,1$ ebenfalls eine periodische Function der Indifferenzzeit 0,71, und zwar ist meine Schätzung am genauesten bei den ungeraden Vielfachen, dagegen am ungenauesten bei den geraden Vielfachen dieser Zeit; von $t = 7,1$ an geht die Curve fast in eine Gerade über, es wird also die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit constant; die Periodicität der unteren Unterschiedsschwelle hat also auf den Ausdruck: $\frac{t}{d_{om} + d_{um}}$ keinen Einfluss mehr.

Nach alledem kommt zu den beiden solidarisch zusammenhängenden Punkten, durch welche Fechner S. 10 den Indifferenzpunkt definirt, noch ein dritter wichtiger hinzu, dass nämlich am Indifferenzpunkt die Genauigkeit der Schätzung von Zeitgrößen ein relatives Maximum besitzt. Ganz besonders hervorzuheben ist noch die Erscheinung, dass die Unterschiedsempfindlichkeit bei $t = 2,15$, also am zweiten Indifferenzpunkt am größten ist, ein Umstand, der schwerlich durch die Versuchsmethodik verursacht sein kann, sondern der wahrscheinlich in der Natur unseres Zeitsinnes begründet ist, denn bei späteren Versuchen wird sich diese Thatsache wieder finden. Demnach wächst die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit etwas bis $t = 2,15$, nimmt dann allmählich wieder ab bis $t = 7,1$ und sinkt hier plötzlich zu einem Werthe herab, den sie bis $t = 12,1$ in auffallender Weise fast unverändert beibehält. Zu bemerken ist noch, dass E_m für verschiedene Zeiten nahezu übereinstimmt, so für die Zeiten: 0,75 und 2; für die Zeiten: 1, 2,5, 3, 3,5, 5 und für andere mehr.

Einen ähnlichen Einfluss wie die geringe Uebung, scheint auch die Ermüdung auf die Schätzung zu haben, wie die folgende Tab. VII zeigt. Ich stellte nämlich an einem Tage zuerst die gewöhnlichen 10 contrastfreien und Contrastversuche an, alsdann noch einige andere für verschiedene Zeiten, welche nicht in die Tabellen aufgenommen wurden, da sie nur zur Herbeiführung der Ermüdung dienen sollten. Als ich etwas abgespannt zu sein glaubte, wurden noch 10 contrastfreie Versuche für $t = 4$ angestellt, welche folgende Mittelwerthe ergaben:

Tabelle VII.

t	d_{om}	d_{um}	T	$\varDelta_m$	E_o	E_u	D	E_m
4	0,295	0,4275	3,93375	0,06625	13,9	9,36	0,36125	11,07

Wie aus Tab. VII hervorgeht, ist $\varDelta_m$ noch einmal so groß als in Tab. II, und zwar hat sich die obere Unterschiedsschwelle etwas verkleinert, die untere dagegen ein wenig vergrößert, d. h. die obere Unterschiedsempfindlichkeit ist größer geworden, die untere dagegen geringer. Diese Verschiebung der Unterschiedsschwellen gegeneinander ist sehr wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass man bei eingetretener Ermüdung nicht mehr im Stande ist, die Intervalle zu beherrschen, dadurch wird aber d_{om} zu klein, d_{um} hingegen zu groß.

Während man geneigt ist, bei Zeiten bis 5 Secunden seine Aufmerksamkeit besonders dem zweiten Intervall zuzuwenden, und dadurch dasselbe für unsere Auffassung verlängert, ertappt man sich bei Zeiten oberhalb 5 Secunden oft dabei, dass man während des zweiten Intervalles das erste unwillkürlich reproducirt, es gleichsam verarbeitet. Während dieser Reproduction geht aber ein Theil der zweiten Zeit für den Vergleich verloren; es bedarf daher einer stärkeren Vergrößerung als Verkleinerung der Vergleichszeit, um einen Unterschied mit der Normalzeit zu bemerken, d. h. die obere Unterschiedsschwelle wird größer ausfallen, als die untere, und somit die Schätzungsdifferenz positiv werden. Erst mit Anwendung einer starken Willensenergie gelingt es, auch diesen Uebelstand zu vermeiden, und dass mir dies möglichst gelungen ist, glaube ich deshalb annehmen zu können, weil ich immer gewissenhaft auf mich achtete, außerdem sind auch meine Schätzungsdifferenzen sehr gering; so ist z. B. $\varDelta_m$ für $t = 12,1$, der größten von mir untersuchten Zeit, absolut genommen kleiner als $\varDelta_m$ für 3,5 bei den Estel'schen Beobachtern.

Es erübrigt nun noch einige Bemerkungen Estel's durch von mir gemachte Beobachtungen zu berichtigen:

S. 49 und 63 sagt Estel, dass das größte Intervall, welches noch als einheitliches Ganze aufgefasst werden kann, 5 bis 6 Secunden betrüge, größere Intervalle zu vergleichen sei nur durch Eintheilen derselben möglich; mithin seien auch die Versuche hierüber so gut wie werthlos. Um meine Versuche gegen diesen Einwand gesichert zu wissen, möchte ich der Estel'schen Ansicht gegenüber erwidern, dass ich, selbst bei der größten von mir beobachteten Zeit, niemals in die Versuchung gekommen bin, dieselbe einzutheilen, ebenso Herr Glass nicht, welcher doch eine bei weitem geringere Uebung als ich im Schätzen von Zeitgrößen besaß. Ich wüsste überhaupt nicht, wie man gegebene Zeitstrecken, ohne bestimmte Anhaltspunkte zu haben, eintheilen sollte. Diese Eintheilung müsste denn künstlich erzwungen werden, so z. B. durch Zählen, alsdann aber hätte man seine Aufmerksamkeit lediglich auf diese Eintheilung zu richten und von einer Schätzung könnte dann überhaupt nicht mehr die Rede sein.

Ferner bemerkt Estel S. 50: »Zur Bestimmung jenes Maximalwerthes der noch schätzbaren Zeit musste ich Beobachter benutzen, die vorher an Zeitschätzungen noch nicht Theil genommen hatten, weil es sich herausstellte, dass das Maximum im gewissen Zusammenhang steht mit dem Minimum, welches der Beobachter zu schätzen hatte etc.« Die kleinste von mir untersuchte Zeit beträgt 0,70, die größte dagegen 12,1 Secunden, ist also 17mal größer; außerdem wäre es mir auch möglich gewesen, noch größere Zeiten zu beobachten, mithin ist schon hieraus Estel's Hypothese widerlegt; ferner sprechen gegen ihn auch die Vierordt'schen Versuche, welche sich in noch weiteren Grenzen als die meinigen bewegten. Wenn Estel die Abhängigkeit des Maximums der noch schätzbaren Zeit von dem kleinsten beobachteten Intervall auf den Contrasteinfluss kurzer Zeitstrecken zurückführt, so ist doch zu bedenken, dass derselbe nicht so bedeutend ist, um letztere mehrere Secunden größer erscheinen zu lassen; im Gegentheil, er ist ziemlich gering, wie ich später noch nachweisen werde, und wie Estel selbst S. 55 bemerkt. Ich selbst habe, um die Contrasterscheinungen zu untersuchen, an einem Tage mit der Zeit $t = 1$ begonnen und mit der Zeit $t = 5$ aufgehört, ohne eine Zunahme der Schwierigkeit des Schätzens mit aufsteigendem t zu bemerken.

Auch Vierordt prüfte an einem Tage alle Zeiten von der kleinsten bis zur größten durch, so in Tab. A. S. 36 von $t = 0{,}204$ bis $t = 8{,}86$, es wäre ihm dies doch nicht möglich gewesen, wenn die Grenze der »Beurtheilungsmöglichkeit« von Zeitstrecken abhängig wäre von dem kleinsten beobachteten. Intervall. Ich glaube vielmehr, dass dieselbe lediglich abhängt von der im Schätzen von Zeitgrößen gewonnenen Uebung.

IV. Umkehr der Zeitfolge.

Lassen sich nun die von Fechner gegen das Estel'sche Periodicitätsgesetz geltend gemachten Einwände nicht auch auf das meinige anwenden, so ist doch näher zu untersuchen, ob dasselbe nicht etwa durch zufällige oder constante Fehlervorgänge hervorgerufen worden ist.

Dass die Versuchsmanipulationen mit größter Vorsicht ausgeführt wurden, ist schon oben erwähnt, es dürfte also von dieser Seite aus keine Beeinträchtigung der Resultate anzunehmen sein. Schwerwiegender dagegen ist der Umstand, dass nicht sämmtliche t wegen der später zu erwähnenden Contrasterscheinungen an einem Tage durchgeprüft werden konnten. Nun ist aber der Zustand unseres Bewusstseins möglicher Weise jeden Tag ein anderer, so dass also jedes t gewissermaßen von einem anderen Bewusstsein untersucht wurde. Hierauf ist aber zu entgegnen, dass bei den Zeiten $t = 0{,}7$ bis $t = 5$ die 6 ersten Versuche und die vier letzten, trotzdem sie an verschiedenen Tagen angestellt wurden, keine wesentliche Verschiedenheit der Resultate zeigen. Außerdem sind die mittleren Variationen der einzelnen Elemente für alle Zeiten so gering, dass die verschiedene Beobachtungszeit die gesetzlichen Periodicitätsverhältnisse nicht erzeugt haben kann. Da ferner die Versuche abwechselnd nach der $>$ und $<$ Methode ausgeführt wurden, ist auch der möglicherweise in der einseitigen Anwendung der Methode der Minimaländerungen verursachte constante Fehler vermieden worden. Hauptsächlich kann aber meinen Versuchen Tab. I bis III entgegen gehalten werden, dass bei ihnen der Zeitfehler keine Berücksichtigung fand. »Der Zeitfehler ist aber bei den Zeitversuchen (Fechner S. 80) darin zu suchen, dass die Hauptgröße stets vor der Vergleichsgröße, nicht aber ebenso oft und vergleichbar damit auch umgekehrt angewandt wird.

Man fragt vielleicht: ist aber ein anderes Verfahren im Gebiete des Zeitsinnes überhaupt denkbar? Sehr wohl, wenn man es nur in entsprechender Weise als im Raumsinn (nach Elem. II, 149) ausgeführt denkt. Das heißt, indem man nach der bisherigen Weise immer zuerst die constante Hauptgröße angibt, dann die Vergleichszeit abändert, und dies so lange wiederholt, bis der Absicht des Vergleichs dadurch entsprochen ist, kann man umgekehrt die veränderliche Vergleichszeit immer zuerst mit irgend welchem Werth angeben, dann die feste Hauptgröße, und nachdem man sich überzeugt hat, ob die Vergleichsgröße hingegen zu groß oder klein oder dem Zweck des Vergleiches entsprechend erscheint, die Vergleichsgröße stufenweise abändern und nach jeder neuen Stufe durch Angabe der Hauptgröße den Vergleich damit ziehen.«

Wenn ich Fechner recht verstehe, so schlägt er vor, die veränderliche Vergleichszeit der constanten Normalzeit vorangehen zu lassen und dann zu entscheiden, ob erstere größer, gleich, oder kleiner als letztere erscheine; doch dieses Verfahren ist im Zeitgebiet nicht ausführbar, wenigstens nicht bei den von mir untersuchten Zeiten von 0,7 Secunden aufwärts. Für das Bewusstsein ist es nämlich gleichgültig, welches Intervall das constante, und welches das veränderliche ist, stets benutzt man die vorangehende Zeit als Vergleichsmaßstab für die folgende, d. h. man entscheidet nur, ob die zuletzt gehörte Zeit größer, gleich oder kleiner sei als die zuerst gehörte, und nicht umgekehrt; wenn man nicht die Reflexion zu Hilfe nehmen will, indem man ungefähr folgenden Schluss zieht: Der Empfindung nach ist die letztere Zeit größer als die erstere, folglich muss diese kleiner sein als jene. Dann aber beruhte das Urtheil nicht mehr auf einer unmittelbaren Auffassung, sondern auf einer, wenn auch sehr geläufigen Reflexion, was aber dem Zweck der Versuche ganz entgegen wäre. Dass beim Raumsinn die Umkehr der Zeitfolge möglich ist, erklärt sich dadurch, dass hier nicht die Zeit selbst Gegenstand der Untersuchung ist. Wie nach der Methode der Minimaländerungen, so ist auch bei anderen Methoden der Wechsel der Zeitfolge nicht möglich. Am nächsten steht der Minimalmethode die Methode der richtigen und falschen Fälle; auch hier handelt es sich um die Vergleichung zweier objectiv gegebener Intervalle, daher wird auch hier stets das erste Intervall als Maßstab für das zweite dienen. Bei der Methode der mittleren Fehler endlich, wo es gilt, einer gehörten Zeit eine andere gleich zu machen, wäre ein Nachfolgen der Normalzeit einfach widersinnig.

Dürfte es nun nicht möglich sein, den Zeitfehler zu compensiren, so erübrigt es noch auf einen anderen etwaigen Fehlereinfluss Rücksicht zu nehmen, auf den Fechner S. 79 aufmerksam macht: »Ich habe schon in »Elem.« II, 140, 151, 347 auf einen, von mir mit s bezeichneten constanten Fehler aufmerksam gemacht, der sich bei Tastversuchen nach der Methode der mittleren Fehler geltend macht, und seinen wahrscheinlichen Ursprung darin hat, dass stets die Fehlgröße, aber nicht die Normalgröße der Abänderung bis zur scheinbaren Gleichheit mit der anderen unterzogen wird, also letztere immer einseitig als constanter Vergleichsmaßstab für die erste auftritt. Ebenso tritt aber bei den Versuchen, mit denen wir hier zu thun haben, t immer einseitig als constanter Vergleichsmaßstab für t_0 wie t_u auf, und so kann es sehr wohl sein, dass hierbei aus entsprechendem Grunde ein constanter Fehler zur Geltung kommt, vermöge dessen t_0 und t_u in gleicher Richtung verändert sind.«

Es verlangt also Fechner die Vergleichszeit constant zu erhalten, den Vergleichsmaßstab zu variiren, bis dem Zweck des Vergleiches entsprochen ist. Da dies ohne Weiteres ausführbar ist, habe ich nach diesem Verfahren auch Versuche angestellt und zwar für die Zeiten 0,7 bis 5 Secunden; dass ich nicht noch größere Zeiten untersuchte, lag daran, dass ich ursprünglich nur beabsichtigte, die von Estel beobachteten Zeiten zu untersuchen. Bloß durch Zufall fand ich, dass Zeiten oberhalb 5 Secunden überschätzt werden, daher entschloss ich mich, nach der Estel'schen Versuchsmethode auch größere Zeiten zu beobachten. Für unseren oben bezeichneten Zweck genügen die Intervalle von 0,7 bis 5 Secunden vollkommen, um etwaige durch die veränderte Versuchsanordnung verursachte constante Einflüsse zu bemerken. Der bequemen Bezeichnung wegen nenne ich die Versuche, bei welchen der Vergleichsmaßstab constant gelassen wurde, die A-Versuche, die folgenden dagegen, bei welchen die Vergleichszeit constant blieb, die B-Versuche. Bei diesen letzteren Versuchen wurde nun folgendermaßen verfahren:

Nennen wir jetzt die constante Vergleichszeit t und die variabele zum Vergleichsmaßstab dienende Zeit τ, so wurden die drei Auslöser zuerst gleichweit auseinander gestellt, so dass also $\tau = t$ war, alsdann wurde die Stellung des ersten Auslösers verändert, so dass z. B. $\tau > t$ wurde, mit dieser Vergrößerung von τ wurde so lange fortgefahren bis zu einem Werthe τ_0', wo t deutlich kleiner erschien; war dann τ noch etwas vergrößert worden, so wurde die Richtung der Veränderung gewechselt und τ verkleinert, bis t wieder gleich τ erschien bei einem Werthe τ_0''; mit dieser Verkleinerung wurde fortgefahren, bis $t > \tau$ geschätzt wurde bei τ_u', schließlich galt es noch, den Werth τ_u'' zu bestimmen, wo wieder $t = \tau$ erschien. Aus den so erhaltenen Größen folgen als Mittel:

$$\tau_0 = \frac{\tau_0' + \tau_0''}{2}; \quad \tau_u = \frac{\tau_u' + \tau_u''}{2},$$

d. h. die Zeiten, für welche t eben größer resp. kleiner erscheint; ferner die obere und untere Unterschiedsschwelle:

$$\vartheta_0 = \tau_0 - t, \quad \vartheta_u = t - \tau_u.$$

Durch nochmalige Mittelziehung erhält man die Zeit:

$$T = \frac{\vartheta_0 + \vartheta_u}{2},$$

für welche t in unserm Bewusstsein der Schätzungswerth ist, und demnach bedeutet

$$\vartheta = T - t$$

die Schätzungsdifferenz, d. h. den Werth, um welchen man die constante Vergleichszeit vergrößern oder verkleinern muss, um den ihr gleichen Vergleichsmaßstab zu erhalten, je nachdem ϑ positiv oder negativ ist. Würde man nämlich T als constante Normalzeit nehmen, so wäre t der Zeitwerth derselben und $\varDelta = t - T$ die Schätzungsdifferenz, um welche man T zu über- oder zu unterschätzen geneigt ist.

Bei den *B*-Versuchen selbst wurden dieselben Vorsichtsmaßregeln angewendet wie bei den *A*-Versuchen; es wurde z. B. ebenfalls abwechselnd nach der $>$ oder $<$ Methode gearbeitet. Hier bedeutet jedoch die $>$ Methode diejenige, bei welcher das erste Intervall zuerst größer gemacht wurde, die constante Hauptzeit also zuerst kleiner erschien; umgekehrt die $<$ Methode diejenige, bei welcher τ zuerst verkleinert, also t zuerst größer geschätzt wurde. Ferner wurden die Zeiten sowohl in aufsteigender als absteigender Reihenfolge durchgeprüft, und zwar kommen die sechs ersten Versuche auf die aufsteigende, die vier letzten auf die absteigende Reihenfolge. Contrasteinflüsse sind auch hier vermieden worden.

Ich lasse nun die Resultate der *B*-Versuche in den Tab. II[a] und III[a] folgen.

Tabelle II[a].

t	τ_{om}	τ_{um}	ϑ_{om}	ϑ_{um}	$\delta\vartheta_{om}$	$\delta\vartheta_{um}$	T_m	ϑ_m	$\delta\vartheta_m$	n
0,70	0,74	0,6575	0,04	0,0425	0,012	0,0175	0,69875	— 0,00125	0,00925	10
0,75	0,805	0,705	0,055	0,045	0,016	0,012	0,755	+ 0,005	0,0065	10
1,00	1,0925	0,9275	0,0925	0,0725	0,026	0,0135	1,01	+ 0,01	0,0105	10
1,50	1,645	1,3925	0,145	0,1075	0,026	0,0225	1,51875	+ 0,01875	0,0125	10
2,00	2,1225	1,895	0,1225	0,105	0,033	0,026	2,00875	+ 0,00875	0,02375	10
2,10	2,1925	2,0125	0,0925	0,0875	0,0275	0,0275	2,10125	+ 0,00125	0,0115	10
2,50	2,7725	2,2825	0,2725	0,2175	0,0235	0,0155	2,5275	+ 0,0275	0,013	10
2,80	3,13	2,5425	0,33	0,2575	0,029	0,029	2,83625	+ 0,03625	0,014	10
3,00	3,2725	2,78	0,2725	0,22	0,033	0,022	3,02625	+ 0,02625	0,014	10
3,50	3,74	3,2725	0,24	0,2275	0,02	0,0325	3,50625	+ 0,00625	0,01625	10
4,00	4,3925	3,67	0,3925	0,33	0,039	0,06	4,03125	+ 0,03125	0,025	10
4,20	4,65	3,84	0,45	0,36	0,035	0,043	4,245	+ 0,045	0,031	10
4,50	4,9025	4,1425	0,4025	0,3575	0,048	0,049	4,5225	+ 0,0225	0,0011	10
5,00	5,34	4,6625	0,34	0,3375	0,018	0,0225	5,0025	+ 0,0025	0,008	10

Tabelle III[a].

t	$\frac{100\,\vartheta_{om}}{t}$	$\frac{100\,\vartheta_{um}}{t}$	$E_o = \frac{t}{\vartheta_{om}}$	$E_u = \frac{t}{\vartheta_{um}}$	$\frac{\vartheta_{om}+\vartheta_{um}}{2}$	E_m	$v'_{om} = \frac{\tau_{om}}{t}$	$v'_{um} = \frac{\tau_{um}}{t}$	$v'_{om} - v'_{um}$	$v' = \sqrt{\frac{\tau_{om}}{\tau_{um}}}$
0,70	5,7	6,07	17,5	16,5	0,04125	16,97	1,057	1,0648	— 0,0078	1,0608
0,75	7,33	6	13,6	16,68	0,05	15	1,073	1,064	+ 0,009	1,0686
1,00	9,25	7,25	10,8	13,8	0,0825	12,1	1,0925	1,0782	+ 0,0143	1,0853
1,50	9,7	7,17	10,345	13,95	0,12625	11,88	1,0967	1,0773	+ 0,0194	1,0869
2,00	6,125	5,25	16,9	19	0,11375	17,58	1,06125	1,0554	+ 0,00585	1,0583
2,10	4,4	4,17	22,7	24	0,09	23,3	1,04405	1,0435	+ 0,00055	1,0438
2,50	10,9	8,7	9,177	11,05	0,245	10,2	1,1090	1,0953	+ 0,0137	1,1021
2,80	10,7	9,125	8,5	10,9	0,29375	9,5	1,11786	1,1013	+ 0,01656	1,1095
3,00	9,08	7,3	11	13,64	0,24625	12	1,0908	1,0791	+ 0,0117	1,0850
3,50	6,1	6,5	14,6	15,4	0,23375	14,97	1,0686	1,0696	— 0,0010	1,0690
4,00	9,8	8,25	10,2	12	0,36125	11,07	1,0981	1,0899	+ 0,0082	1,0940
4,20	10,7	8,57	9,3	11,67	0,405	10,4	1,1071	1,09375	+ 0,01335	1,1004
4,50	8,9	7,5	11,2	12,59	0,38	12	1,0894	1,0863	+ 0,0031	1,0879
5,00	6,8	6,75	14,7	15	0,33875	14,76	1,0680	1,0724	— 0,0044	1,0702

Wie ein Blick auf Tab. II[a] und III[a] lehrt, zeigen sich hier dieselben gesetzmäßigen Periodicitätsverhältnisse wie in den Tabellen

II und III. Es kann dies auch gar nicht Wunder nehmen, denn die B-Versuche unterscheiden sich von den A-Versuchen nur dadurch, dass bei ihnen statt der folgenden Zeit die vorangehende variabel ist; für unser Bewusstsein ist es aber gleichgültig, welche der beiden Zeiten durch unmerkliche Zwischenstufen allmählich geändert wird, denn man vergleicht stets die zweite Zeit mit der ersten. Es entspricht mithin die $>$ Methode der B-Versuche im wesentlichen der $<$ Methode der A-Versuche, und umgekehrt die $<$ Methode der ersteren Versuche der $<$ Methode der letzteren.

Stellt man die ϑ_m graphisch dar als Ordinaten einer Curve, deren Abscissen die constanten Hauptzeiten t sind, und nimmt man der Deutlichkeit wegen die Einheit der Ordinaten zehnmal so groß als die der Abscissen, so erhält man die Curve in Fig. 3, welche in ihrem allgemeinen Gange vollständig mit der Curve in Fig. 1 übereinstimmt. Nur könnte auffallen, dass erstere im Positiven anstatt im Negativen verläuft, dass also die ϑ_m positive Vorzeichen besitzen und nicht negative wie die $\varDelta_m$; doch hierbei ist Folgendes zu bedenken. Allerdings ist t der Schätzungswerth der Zeit T und man könnte nun analog wie früher die Schätzungsdifferenz bestimmen durch die Gleichung: $\vartheta = t - T$, alsdann würde ϑ_m auch vorzugsweise negativ sein; da aber t stets constant bleibt und sich nur τ ändert, so verlangt es die Consequenz, dass man die Schätzungsdifferenz auch in dem vorliegenden Falle bestimmt als den Unterschied der constanten Größe von der durch Schätzung gefundenen variabelen Größe. Hiernach bedeutet aber das $+\vartheta_m$ dasselbe wie das $-\varDelta_m$, d. h. τ muss mehr vergrößert als verkleinert werden, ehe dem Zwecke des Vergleiches entsprochen wird, oder mit anderen Worten, wir sind bei $+\vartheta_m$ geneigt, ein gegebenes Zeitintervall zu unterschätzen, bei $-\vartheta_m$ dagegen geneigt, dasselbe zu überschätzen. Eine ähnliche Ueberlegung wie beim Vorzeichen von ϑ_m hat zur Bezeichnung der Schätzungswerthe τ_o und τ_u geführt; τ_o wird nämlich wie t_o erhalten durch Vergrößerung der veränderlichen Zeit, τ_u dagegen ebenso wie t_u durch Verkleinerung derselben; doch entspricht τ_o dem Zwecke des Vergleiches gemäß dem t_u, da beide den Werth bedeuten, bei welchem die Vergleichszeit eben kleiner erscheint als der Vergleichsmaßstab; aus demselben Grunde entspricht τ_u dem t_o, bei beiden erscheint die Vergleichszeit eben größer als der Vergleichsmaßstab.

Auch in Tab. II[a] liegt der untere Indifferenzpunkt und zugleich erste Wendepunkt zwischen $t = 0,7$ und $t = 0,75$ nämlich bei 0,71 Secunden; der zweite Wendepunkt siebenmal höher, in der Nähe aber oberhalb 5 Secunden. Im Allgemeinen sind die ϑ_m absolut genommen etwas, wenn auch ganz unwesentlich geringer als die Δ_m; man könnte nun diese Thatsache dadurch zu erklären suchen, dass ich bei den B-Versuchen eine größere Uebung im Schätzen gehabt hätte, als bei den A-Versuchen, mithin genauer geschätzt hätte. Doch dem widerspricht der Umstand, dass in Tab. III[a] die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit für Zeiten bis 3,5 Secunden mit wenig Ausnahmen geringer ist als in Tab. III. Also ist die Schätzung für diese Zeiten weniger genau gewesen. Einen anderen Erklärungsgrund könnte man in dem Vorhandensein eines constanten Fehlers finden; doch vergleicht man die Größen ϑ_{om} und ϑ_{um} resp. mit d_{um} und d_{om}, so findet man keine einseitige Abweichung des ϑ_{om} von d_{um} und des ϑ_{um} von d_{om}, so dass also kein constanter Fehler angenommen werden kann, der etwa bei der A-Methode die Resultate beeinflusst hätte. Ich bin hingegen geneigt, erwähnte Erscheinung auf zufällige Nebenumstände zu schieben; es stellte nämlich die A-Versuche Herr Dr. von Tchisch in den Monaten Juli und August an mir an, die B-Versuche dagegen Herr Glass in den Monaten October und November, also nach vierwöchentlicher Pause. Verschiedene Zeit und verschiedener Experimentator können aber leicht eine geringe Aenderung der Resultate bedingen. Uebrigens würden auch die etwaigen constanten Fehler, welche sich bei den A-Versuchen geltend machen, in derselben Weise bei den B-Versuchen hervortreten müssen. So könnte man z. B. an die Erscheinung denken, dass man geneigt ist, seine Aufmerksamkeit besonders auf das zweite Intervall zu lenken, oder man könnte die Vermuthung aufstellen, von der zuerst gehörten Zeit verschwände ein kleiner Theil aus dem Gedächtniss; durch beide Fehlereinflüsse würden aber die Werthe τ_o und τ_u in derselben Weise getroffen wie t_u und t_o.

Was nun die Zunahme von ϑ_m mit aufsteigendem t betrifft, so ist ein allmähliches Wachsthum bis $t = 4,2$ nicht zu verkennen, hier erreicht es sein Maximum mit 0,045, und nimmt dann ziemlich geringe Werthe an, um oberhalb 5 Secunden zu Null herabzusinken. Als besonders bemerkenswerth ist noch hervorzuheben, dass auch in Tab.

III[a] die Unterschiedsempfindlichkeit für $t = 2,1$ am größten ist; von hier an sinkt sie für die folgenden Zeiten zu Werthen herab, um welche sie bis 5 Secunden hin und her schwankt. Stellt man die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit der B-Versuche ebenfalls graphisch dar, so erhält man die Curve Fig. 4 (Taf. VI), welche denselben Verlauf zeigt wie Fig. 2. Eine Abnahme der mittleren Unterschiedsempfindlichkeit ist von $t = 0,75$ bis $t = 5$ nicht zu bemerken; so hat selbige für $t = 3,5$ und $t = 5$ denselben Werth wie für $t = 0,75$. Auch für andere Zeiten ist die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit nahezu gleich groß, so für $t = 1$, $= 1,5$, $= 3$, $= 4,5$, ferner für $t = 2,5$, $= 4,2$.

Die Resultate der A- und B-Versuche zu vereinigen, halte ich für überflüssig, da ja dadurch der Gang der einzelnen Elemente nicht geändert würde; nur hätte man bei einer solchen Zusammenziehung nicht etwa die $\varDelta_m$ und ϑ_m algebraisch zu addiren, sondern ϑ_m von $\varDelta_m$ abzuziehen, ferner hätte man die Ausdrücke zu bilden: $\frac{d_{om} + \vartheta_{um}}{2}$, und $\frac{d_{um} + \vartheta_{om}}{2}$, um die Unterschiedsschwellen zu erhalten. Analoges gilt auch für die übrigen Werthe, da man stets solche Größen zu vereinigen hat, welche sich auf denselben Zweck des Vergleiches beziehen.

Wie nun durch die B-Versuche die Periodicität der einzelnen Elemente nicht alterirt worden ist, so halte ich es auch für höchst wahrscheinlich, dass es auch nicht durch Umkehr der Zeitfolge geschehen würde, falls eine solche ausführbar wäre, denn es würde auch hier die Aufgabe sein, zwei unmittelbar auf einander folgende Zeiten zu vergleichen, und da alle meine bisherigen Versuche darauf hindeuten, dass gewisse Zeiten für meine Auffassung bevorzugt sind, so würde diese Erscheinung auch bei einer etwaigen Umkehr der Zeitfolge auftreten. Demnach dürfte es keinem Zweifel unterliegen, dass die gesetzmäßigen Periodicitätsverhältnisse aller Werthe, auf welche die Untersuchungen im Gebiete des Zeitsinnes führen, nicht durch constante Fehlereinflüsse, sondern durch die Natur des Zeitsinnes begründet sind. Dieses Resultat weist, wie Estel S. 57 bemerkt, auf die rhythmische Gliederung des zeitlichen Verlaufs unserer Vorstellungen hin. Es sind somit die Zeitvorstellungen mit einem Fehler behaftet, der bald positiv, bald negativ je nach der Größe der verglichenen Zeiten ausfällt und der periodisch mit der unteren Indifferenzzeit wächst und sinkt.

V. Das Weber'sche Gesetz.

Die bisherigen Beobachtungen im Gebiete des Zeitsinnes sind zu Ungunsten des Weber'schen psychophysischen Grundgesetzes ausgefallen, nur Fechner nimmt dasselbe, wie es scheint, auch für den Zeitsinn in Anspruch mit dem Eingeständniss einer starken unteren Abweichung. So zeigt sich (»In Sachen« S. 175) nach den Mach'schen Versuchen eine Constanz von $\frac{\Delta t}{t}$ erst von $t = 4{,}52$ an, und nach den Vierordt'schen Versuchen, die den meinigen am meisten entsprechen, eine Constanz des ε erst von $t = 4{,}99$ an. Freilich hat Fechner (Anmerkung S. 58) die Bestätigung, die er in den Kollert'schen Versuchen (für Zeiten von 0,4s bis 1,2s) für das Weber'sche Gesetz zu finden glaubte, nach gründlichem Zusehen wieder fallen lassen. Dagegen sieht er es nach den Estel'schen Versuchen, die mit $t = 1{,}5$ als niedrigster Zeit beginnen, für größere Zeiträume als bestätigt an. Auch nach meinen Versuchen gilt es streng erst für sehr hohe Zeiten, und zwar sehr viel später als nach den eben genannten Beobachtern.

Um diesen Unterschied sogleich zu erklären, sei bemerkt, dass die Versuche der einzelnen Beobachter nach ganz verschiedenen Methoden angestellt wurden, also ohne Weiteres nicht mit einander zu vergleichen sind, ferner ist die Constanz von $\frac{\Delta t}{t}$ bei Mach doch nur eine approximative, da für $t = 8$ sein Werth zu klein angegeben worden ist; bei Vierordt hat Fechner zur Ausgleichung der nicht unbeträchtlichen zufälligen Schwankungen des procentualen reinen Mittelfehlers ε Mittelzahlen für vier auf einander folgende t herbeigezogen und dadurch eine Constanz von ε nur für zwei Zeiten erhalten, was doch eigentlich nichts beweist. Auch möchte ich den Vierordt'schen Versuchen nicht den Werth beilegen, um zur Entscheidung über die so wichtige Frage der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes herangezogen werden zu können, aus Gründen, die ich bei

Besprechnung der Methode der mittleren Fehler darlegen werde. Was die Estel'schen Beobachtungen betrifft, so sind dieselben ebenfalls zu mangelhaft, um in dieser Beziehung sichere Schlüsse zuzulassen. Wenn nun Fechner trotzdem die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes aus diesen Versuchen zu erweisen glaubt, so ist ihm dies doch nur approximativ und durch Mittelziehung von Specialreihen gelungen, deren Vereinigung wegen der Abhängigkeit des Δ_m von der Indifferenzzeit nicht zulässig ist. Ich denke hierbei lediglich an die Tab. Nr. 2b auf Seite 57 der Fechner'schen Abhandlung, weil nur die Versuche dieser Tabelle mit den meinigen vergleichbar sind. Nach alledem möchte ich meine eigenen Versuche am geeignetsten halten zur Untersuchung über die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes im Gebiet des Zeitsinnes, da sie mir am freiesten von zufälligen und constanten Fehlereinflüssen zu sein scheinen. Doch da die Tab. II und III für die einzelnen Elemente einen regelmäßigen periodischen Verlauf zeigen, so ist von vornherein zu ersehen, dass das in Frage stehende Gesetz keinen Bestand haben kann, wenigstens so lange nicht, als die Periodicität gilt. Da ferner die Umkehr der Zeitlage im Zeitgebiet nicht ausführbar ist, wird man immer mit einem constanten Fehler zu rechnen haben, mit dem unsere Zeitempfindungen behaftet sind. Man könnte allerdings gewisse Voraussetzungen über den Einfluss einer einseitigen Zeitlage machen, wie z. B. Fechner und Estel gethan haben, indem sie annahmen, die beiden Schätzungswerthe t_0 und t_u würden in demselben Verhältniss verkleinert. Doch stellt sich dieser Annahme insofern eine Schwierigkeit entgegen, als unser Bewusstsein sich den verschiedenen Zeiträumen gegenüber je nach ihrer Größe ganz verschieden verhält. So sind wir geneigt, kleine Zeiten bis 0,7 Secunden zu überschätzen, mittlere dagegen bis 5 Secunden zu unterschätzen und große Zeiten oberhalb 5 Secunden wieder zu überschätzen; man müsste also für jeden dieser Zeiträume besondere Voraussetzungen über genannten constanten Fehlereinfluss machen, und dadurch können leicht Verhältnisse eingeführt werden, die dem Zeitsinn ganz fern liegen. Außerdem ist noch eine andere Fehlerquelle zu berücksichtigen, die ich schon oben erwähnt habe, nämlich die Erscheinung, dass wir geneigt sind, bei Zeiten bis 5 Secunden unsere Aufmerksamkeit mehr auf das zweite Intervall zu richten, und dass wir bei Zeiten oberhalb 5 Secunden geneigt sind, gehörte Zeitstrecken unwillkürlich zu reproduciren, Einflüsse, die bei einem ungeübten Beobachter die Resultate wesentlich modificiren können.

Nach Fechner (S. 55) ist nun die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes daran zu prüfen, dass nicht nur die obere und untere Verhältnissschwelle $v_{om} = \frac{t_{om}}{t}$ und $v_{um} = \frac{t}{t_{um}}$ für sich constant bleiben, während t wächst, sondern dass auch immer $v_{om} = v_{um}$ für dasselbe t bleibt. Da nun aber die Unterschiedsschwellen d_{om} und d_{um} einen undulirenden Charakter besitzen, so müssen $v_o = \frac{t_{om}}{t} = \frac{t + d_{om}}{t}$ und $v_u = \frac{t}{t_{um}} = \frac{t}{t - d_{um}}$ ebenfalls periodisch mit der doppelten Indifferenzzeit sein, und zwar müssen sie denselben Verlauf zeigen wie die Größen $\frac{100\ d_{om}}{t}$ und $\frac{100\ d_{um}}{t}$.

Verfolgen wir zuerst den Verlauf von v_{om} etwas genauer, so zeigt dasselbe eine gesetzmäßige Periodicität bis 7,1 Secunden, von hier an sinkt es etwas bis 9,3 Secunden, um dann wieder zu steigen und merklich constant zu werden. Von der niedrigsten Zeit bis zur höchsten ist ein allmähliches Wachsthum nicht zu verkennen, doch lassen sich für sein Wachsthnm vier deutlich hervortretende Stufen unterscheiden, nämlich von $t = 0,7$ bis $t = 3,55$ schwankt v_{om} immer zwischen denselben Werthen, bei $t = 4$ erhebt es sich zu ein wenig größeren Werthen bis $t = 6,4$, bei $t = 7,1$ steigt es noch einmal und fällt wieder etwas bis t = 9,3, um dann constant zu werden. Das Wachsthum oberhalb $t = 5$ dürfte leicht dadurch zu erklären sein, dass hier die Schätzungsdifferenz positiv wird, mithin die oberen Unterschiedsschwellen verhältnissmäßig größere Werthe besitzen als unterhalb $t = 5$, wo die Schätzungsdifferenz negativ ist. Bemerkenswerth ist noch, dass viele Zeiten nahezu dasselbe v_{om} besitzen, so z. B. die Zeiten 0,7, 0,75, 2, 2,5, 3,55, ferner die Zeiten 1, 2,8, 3, ebenso 1,5, 3,5, 5, 5,4 und 6,4 u. s. w. Die Abweichung des kleinsten Werthes von v_{om} bei $t = 2,15$ mit 1,0465 vom höchsten Werthe bei $t = 7,1$ mit 1,159 beträgt 0,1125.

Was nun den Verlauf von $v_{um} = \frac{t}{t_{um}}$ betrifft, so zeigt sich sein undulirender Charakter in voller Strenge bis $t = 9,3$, nur dass auch hier wie bei dem Gang der unteren Unterschiedsschwelle d_{um} die Eigenthümlichkeit auftreten muss, dass von $t = 7,1$ an die Maxima von v_{um} auf Minimalzeiten von Δ_m und die Minima auf die Maximalzeiten von Δ_m fallen; von $t = 10$ an tritt auch hier Constanz ein. Auch für v_{um} ist ein geringes Wachsthum mit aufsteigendem t nicht zu verkennen, es lassen sich auch hier dieselben vier Größenstufen wie bei v_{om} unterscheiden; ferner hat v_{um} für verschiedene Zeiten nahezu denselben Werth, so für $t = 0,7, = 2,10, = 2,15$ für $t = 1, = 2,5, = 3$ u. s. w. Der Minimalwerth von v_{um} befindet sich bei $t = 2,15$ mit 1,0475, der Maximalwerth hingegen bei $t = 7,8$ mit 1,1573, ihre Differenz beträgt 0,1098, besitzt also dieselbe Größe wie die betreffende bei v_{om}. Merkwürdig ist noch der Umstand, dass die obere Verhältnissschwelle bedeutend früher constant wird, als die untere, während nämlich erstere von $t = 7,1$ an nur durch zufällige Fehlervorgänge in ihrer Constanz gestört erscheint, nimmt letztere erst von $t = 10$ an einen constanten Verlauf. Ueberhaupt schwankt erstere nicht so sehr zwischen den verschiedensten Werthen hin und her als letztere, eine Erscheinung, die auch bei den Schallversuchen des Herrn Dr. Tischer auftritt. (Wundt, Philos. Stud. I, S. 568.)

Wenn die Verhältnissschwellen für die einzelnen t auch nur in den Hunderteln von einander abweichen, so sind doch diese Abweichungen so regelmäßig, dass an eine nur durch Zufälligkeiten gestörte Constanz derselben mit aufsteigendem t nicht zu denken ist, und somit ist die erste Forderung für die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes nicht erfüllt.

Was nun die zweite Forderung betrifft, dass $v_{om} = v_{um}$ für dasselbe t sein muss, so könnte derselben sehr wohl genügt werden, trotz der Periodicität von Δ_m, und trotzdem unsere Zeitvorstellungen mit einem constanten Fehler behaftet sind. Ja diese zweite Forderung setzt einen solchen constanten Fehler voraus, nur muss derselbe positiv sein, denn da $t_o > t$, dagegen $t_u < t$, so kann nur $\frac{t_o}{t} = \frac{t}{t_u}$ sein, wenn t_u von t weniger abweicht als t_o, wenn also $d_o > d_u$ und mithin $\Delta = \frac{d_o - d_u}{2}$ positiv ist. Nun besitzt aber die Schätzungsdifferenz Δ_m im Zeitraum von $t = 0,71$ bis $t = 5$ einen negativen Werth, also ist hier $d_u > d_o$, mithin kann auch der Gleichheit von v_{om} und v_{um} nicht entsprochen werden, und wie ein Blick auf Tab. III zeigt, sind die Differenzen $v_{um} - v_{om}$ auch viel zu groß, um durch zufällige Einflüsse erzeugt worden zu sein; dazu kommt auch noch der wichtige Umstand, dass auch sie denselben periodischen Verlauf zeigen wie $\varDelta_m$, was allerdings nicht Wunder nehmen kann, da ja $v_{om} = \frac{t_{om}}{t} = \frac{t + d_{om}}{t}$ und $v_{um} = \frac{t}{t_{um}} = \frac{t}{t - d_{um}}$, also in den Verhältnissschwellen die beiden periodisch verlaufenden Unterschiedsschwellen enthalten sind.

Die negativen Schätzungsdifferenzen zwischen $t = 0{,}71$ und $t = 5$ sind unstreitig durch die Natur unseres Zeitsinnes begründet. Doch könnte man möglicherweise vermuthen, sie seien nur durch constante Fehlervorgänge herbeigeführt, so dass nicht $v_{om} = v_{um}$ sein kann. So könnte man annehmen, ein Theil der Normalzeit ginge dem Gedächtniss verloren, ferner werde durch die unwillkürliche Spannung der Aufmerksamkeit auf das zweite Intervall dieses verlängert, so dass durch beide Einflüsse die Werthe t_{om} und t_{um} in demselben Verhältniss verringert würden. Bezeichnen wir nun den rohen, aus den Versuchen gewonnenen Werthen t_{om} und t_{um} gegenüber die reinen corrigirten Werthe mit $\mathfrak{t}_{om}$ und $\mathfrak{t}_{um}$, so bestehen demnach folgende Fundamentalgleichungen:

$$t_o = q\mathfrak{t}_o\,; \qquad t_u = q\mathfrak{t}_u$$

oder

$$\mathfrak{t}_o = \frac{t_o}{q}\,; \qquad \mathfrak{t}_u = \frac{t_u}{q}\,.$$

Die mittlere Verhältnissschwelle anlangend, so gelangen wir zur reinen $\mathfrak{v}$, indem wir das Verhältnissmittel aus den reinen $\mathfrak{v}_o$, $\mathfrak{v}_u$ ziehen, d. i.:

$$\mathfrak{v} = \sqrt{\mathfrak{v}_o \mathfrak{v}_u} = \sqrt{\frac{t_o}{q\,t} \cdot \frac{q\,t}{t_u}} = v\,,$$

d. i. die mittlere reine Verhältnissschwelle $\mathfrak{v}$ und die mittlere rohe v stimmen überein. Diese Größe v nun muss für alle Zeiten constant sein, falls das Weber'sche Gesetz Bestätigung finden soll. Doch wie ein Blick auf Tab. III lehrt, ist auch diese Größe eine periodische Function der Indifferenzzeit 0,71, mithin hat das Weber'sche Gesetz im Zeitraum von $t = 0{,}7$ bis $t = 5$ keine Gültigkeit. Ebenso findet es auch nach den B-Versuchen keine Bestätigung, wie Tab. III[a] zeigt. Sehr wahrscheinlich bewährt es sich auch nicht für kleinere Zeiten als $t = 0{,}7$, wenigstens weisen alle bisherigen Versuche darauf hin, ferner auch die Erscheinung, dass zwischen $t = 0,7$ und $t = 0,75$ ein Punkt der größten Empfindlichkeit liegt; doch müssen diese kleineren Zeiten noch einmal genauer untersucht werden.

Was nun die Zeiten oberhalb $t = 5$ betrifft, so ist zu einer Correction wie für solche unterhalb $t = 5$ keine Veranlassung vorhanden, da die Schätzungsdifferenz positiv ist, höchstens könnte man daran denken, dass t_o in demselben Maße erhöht würde als t_u erniedrigt durch den Umstand, dass wir geneigt sind, im zweiten Intervall das erste Intervall zu reproduciren; danach wäre zu setzen:

$$t_o = q' \mathrm{t}_o \,; \qquad t_u = \frac{\mathrm{t}_u}{q'}$$

und

$$\mathrm{t}_o = \frac{t}{q'} \,; \qquad \mathrm{t}_u = q' t_u \,,$$

mithin:

$$\mathfrak{v}_{om} = \frac{t_o}{q' t} \,; \qquad \mathfrak{v}_{um} = \frac{t}{q' t_u} \,,$$

und da bei Bewährung des Weber'schen Gesetzes die beiden Verhältnissschwellen gleich sein müssten, so müsste $\mathfrak{v}_{om} = \mathfrak{v}_{um}$ oder

$$\frac{t_o}{t} = \frac{t}{t_u}$$

sein. Wie Tab. III zeigt, sind auch die Differenzen $v_{um} - v_{om}$ für die so großen Zeiten so klein, dass sie nur durch zufällige Fehlereinflüsse hervorgerufen zu sein scheinen. Dieser Ansicht wäre aber nur beizupflichten, wenn nicht auch hier in den Differenzen dieselbe regelmäßige Periodicität wie für Δ_m zu erkennen wäre. Doch ist zuzugeben, dass die Differenzen $v_{um} - v_{om}$ mit zunehmender Hauptzeit immer mehr abnehmen und auch ihre Periodicität mehr und mehr verschwindet, so dass bei Zeiten oberhalb $t = 10$ diese Differenzen merklich Null sind, mithin für diese Zeiten die vom Weber'schen Gesetze geforderte Gleichheit der oberen und unteren Verhältnissschwelle nur durch Zufälligkeiten gestört ist. Sollte die Periodicität der einzelnen Elemente oberhalb $t = 12,1$ aufhören, so dürfte es keinem Zweifel unterliegen, dass das Weber'sche Gesetz für alle größeren Zeiten als 10 Secunden in aller Strenge Gültigkeit besäße.

Der Vollständigkeit wegen will ich nun noch den Verlauf der mittleren Verhältnissschwelle $v_o = \sqrt{\frac{t_{om}}{t_{um}}}$ für die Zeiten oberhalb 5 Secunden untersuchen; corrigirt geht dieselbe über in:

$$v_{om} = \frac{1}{q'} \sqrt{\frac{t_o}{t_u}} = p' \sqrt{\frac{t_o}{t_u}},$$

also ist die rohe mittlere Verhältnissschwelle bei Ueberführung in die reine mit einem constanten Factor zu multipliciren. Für denselben existirt aber keine Bestimmungsgleichung, er kann also nicht ermittelt werden, es lässt sich von ihm nur sagen, dass er periodisch sein muss, denn Tab. III zeigt auch für die großen Zeiten oberhalb 5 Secunden einen periodischen Verlauf von v, erst von 10 Secunden an tritt die geforderte Constanz ein, ein Zeichen also, dass der Einfluss des in Betracht gezogenen constanten Fehlers mit zunehmender Hauptzeit immer geringer wird, und dass er sich bald mehr, bald weniger bemerklich macht, je nachdem es gilt, Maximal- oder Minimalzeiten von Δ_m zu schätzen.

Auch für die mittleren Verhältnissschwellen v ist von der niedrigsten Zeit bis zur höchsten ein allmähliches Wachsthum nicht zu verkennen. Auch sie lassen sich in dieselben Größenstufen wie die v_{om} und v_{um} eintheilen, innerhalb welcher die einzelnen Werthe nur wenig variiren und für verschiedene Zeiten nahezu übereinstimmen, so dass man (Fechner S. 54) eine Complication des Weber'schen Gesetzes mit einem Periodicitätsgesetze behaupten könnte, vermöge deren die v bei wachsendem t zwar nicht absolut constant bleiben, aber in größeren Intervallen immer zu denselben Werthen zurückkehren. Nach den unmittelbaren Untersuchungsresultaten ist aber der Satz gerechtfertigt: Das Weber'sche Gesetz hat nach meinen Versuchen im Gebiet des Zeitsinnes keine Gültigkeit, so lange für die einzelnen Elemente eine gesetzmäßige Periodicität gilt; es scheint sich aber von 7,1 Secunden an allmählich geltend zu machen, zumal da von hier an die mittlere Unterschiedsempfindlichkeit constant bleibt und namentlich von 10 bis 12,1 Secunden die Werthe von v eine große Constanz zeigen.

VI. Die Streitfrage zwischen Fechner und Wundt.

In Bezug auf die Wichtigkeit der Uebertragung des Weberschen psychophysischen Grundgesetzes auf das Zeitgebiet stehen sich zwei Ansichten gegenüber. Wundt legt bei den Untersuchungen über den Zeitsinn das Hauptgewicht auf den Gang der Schätzungsdifferenz $\varDelta_m$, er fasst seine Ansicht (Philos. Stud. Bd. I S. 562) in den Worten zusammen: »Bei der Untersuchung des Zeitsinnes handelt es sich nicht um die Frage der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes oder, falls diese Frage erhoben werden sollte, so steht sie jedenfalls in zweiter Linie. Das Problem des Zeitsinnes besteht in der Beantwortung der Frage, wie sich für unser Bewusstsein ein gegebenes Zeitintervall verändert, wenn es nach einer bestimmten Zwischenzeit reproducirt wird.« Dem gegegenüber hält Fechner dafür (S. 104 und Revision S. 253), »dass das Weber'sche Gesetz wie in anderen Sinnesgebieten auch im Zeitgebiet der Hauptgegenstand der Untersuchung sei und dass der Gang der Werthe, auf welche die Versuche über den Zeitsinn führen, überhaupt einerseits durch das Weber'sche Gesetz als Hauptunterlage und auf constante Fehler zurückführbare Abweichungen davon als bestimmt angesehen werden könne, und dass die Analyse der Versuche auf diese Bestimmungen zurückzugehen habe. Jedenfalls sind die Werthe T und $\varDelta = T - t$ nur Functionen jener Bestimmungen und scheinen mir daher von mehr secundärer Bedeutung.« Infolge seines Standpunktes definirt auch Wundt die Schätzungsdifferenz $\varDelta_m$ durch $T - t$, dagegen Fechner durch $\frac{t_o + t_u - 2t}{2} = \frac{d_o - d_u}{2}$, also durch Größen, welche bei der Gültigkeitsfrage des Weber'schen Gesetzes in Betracht kommen. Bei der großen Wichtigkeit, welche das genannte Gesetz für die Psychophysik besitzt, ist es leicht begreiflich, dass Fechner dasselbe auch auf extensive Größen auszudehnen sucht, zumal da die bisherigen Untersuchungen über den Zeitsinn eher für als gegen die Uebertragung desselben auf das Zeitgebiet sprechen. Es handelt sich daher jetzt noch darum, zu untersuchen, zu wessen Gunsten meine Versuche entscheiden.

Gewiss hat Fechner Recht, wenn er, gestützt auf die Versuche von Kollert und Estel, annimmt (S. 10 und 106), dass der Werth $\varDelta = \frac{d_o - d_u}{2}$ nicht maßgebend für größere oder geringere Schätzungssicherheit ist, und dass an sich der Indifferenzpunkt nicht den Werth bezeichnet, an welchem die Schätzung am genauesten ist, sondern eben nur den Punkt, wo die obere und untere Unterschiedsschwelle gleich sind. Doch was zuerst letzteren Punkt betrifft, so zeigen die Resultate meiner Versuche in den Tab. II und III und in den

Tab. II[a] und III[a] zur Genüge, dass an den vier Indifferenzpunkten $t = 0{,}71$, $= 2{,}15$, $= 3{,}55$, $= 5$, wo also die Schätzungsdifferenz Null ist, die obere und untere Unterschiedsschwelle relative Minima erreichen, mithin auch der Schätzungsfehler $D = \frac{d_o + d_u}{2}$, dass also an diesen Punkten die Genauigkeit der Schätzung relativ am größten ist, wie auch aus Fig. 2 und Fig. 4 hervorgeht. Dass genannte Größen an den Indifferenzpunkten nicht absolute Minima erreichen, ist übrigens gar nicht nöthig, da die Schätzungssicherheit nicht gemessen wird durch den einfachen reciproken Werth des Schätzungsfehlers D, sondern durch den Quotienten $\frac{t}{D}$, also durch sein Verhältniss zu der zugehörigen Normalzeit. Wie nun den relativen Minimis von $\varDelta_m$ relative Maxima der Unterschiedsempfindlichkeit entsprechen, so gehören umgekehrt zu den relativen Maximis für erstere relative Minima für letztere; es zeigen also Schätzungsdifferenz und Schätzungsfehler denselben Verlauf, man kann daher von der Größe der einen auf die Größe des anderen schließen, und somit könnte man eben so gut wie D auch $\varDelta_m$ als Maß für die Genauigkeit der Schätzung nehmen. Wenn nun weiter Fechner sagt (S. 11), »dass die beiden Unterschiedsschwellen d_{om} und d_{um} als abhängig von der t-Scala, in der sie sich befinden, principiell verschieden sein müssen, mithin die an sich richtigen Werthe von d_{om} und d_{um} nicht mit der Gleichheit beider, also auch nicht mit $\varDelta = 0$ zusammenfallen können«, so setzt er bei dieser Aussage ein Gesetz voraus, welches doch erst durch die Versuche erwiesen werden soll, nämlich das Gesetz, dass die Unterschiedsschwellen proportional den Normalzeiten wachsen. Nach meinen Versuchen sind aber die Unterschiedsschwellen für mittlere Zeiten weniger von der Normalzeit abhängig als von der Indifferenzzeit $t = 0{,}71$. An und für sich aber ist doch auch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass es gewisse kleine Gebiete gibt, innerhalb deren die Empfindlichkeit constant ist, wie es in der Nähe der Indifferenzpunkte zu sein scheint; demnach würden hier die d_{om} und d_{um} die wahren Unterschiedsschwellen darstellen.

Bekanntlich bezeichnet Wundt die Schätzungsdifferenz $\varDelta_m$ als den Werth, um welchen wir eine gegebene Zeitstrecke zu unterschätzen oder zu überschätzen geneigt sind; hierzu bemerkt Fechner S. 106: »ich finde in $\varDelta_m$ nur den halben Unterschied der beiden Werthe, um welche wir t zu überschätzen und zu unterschätzen geneigt sind«. Hat denn dieser halbe Unterschied nicht auch eine Bedeutung? Gewiss, wenn er auch nur angeben sollte, welches Verhältniss die beiden Unterschiedsschwellen zu einander haben; da aber dieses Verhältniss ein ganz verschiedenes ist, je nach der Größe der verglichenen Zeiten, so ist doch dieser halbe Unterschied zugleich ein Maß für die Veränderung unserer Zeitauffassung. Und es dürfte sicherlich nicht ohne großes Interesse sein, diese Veränderung in ihrem Gange zu verfolgen.

Möchte ich nun nach diesen Bemerkungen mit Fechner nicht darin übereinstimmen, der Schätzungsdifferenz $\varDelta_m$ nur einen secundären Werth beizulegen, so bestimmt mich ein ungleich wichtigerer Grund sogar anzunehmen, dass dieselbe im Zeitgebiete die größte Bedeutung besitzt, der Grund nämlich, dass, wie ich schon oben nachgewiesen habe, die Zeitfolge nicht umkehrbar, also der von der einseitigen Zeitlage abhängige Fehler nicht zu eliminiren ist. Es dürfte mithin die Uebertragung desselben auf den Zeitsinn unausführbar sein, denn alle etwaigen constanten Fehler, die man der einseitigen Zeitfolge zuschreibt, können doch nur hypothetischer Natur sein. Auch trotz der Correction der Schätzungswerthe t_o und t_u infolge eines angenommenen Fehlers gelingt es nicht, das Weber'sche Gesetz zu erweisen; es gilt dagegen auch ohne Correction der einzelnen Elemente für sehr hohe Zeiten. Man müsste daher annehmen, dass bei großen Zeiten, die sich unstreitig schwerer schätzen lassen als kleinere, die zufälligen und constanten Fehlervorgänge, welche hier seinen Bestand störten, hinwegfallen, was doch sehr unwahrscheinlich ist. Vielmehr könnte man eher vermuthen, dass durch die Schwierigkeit des Schätzens Fehlerquellen entständen, durch welche erst seine Bewährung herbeigeführt würde. Da ferner das Weber'sche Gesetz erst für solche große Zeiten sich bestätigt findet, bei denen weniger die relative Zeitschätzung als das absolute Zeitgedächtniss eine Rolle zu spielen scheint, so hat es offenbar für den Zeitsinn auch nicht die Bedeutung wie für andere Sinnesgebiete. Wollte man aber die Bestätigung des Weber'schen Gesetzes dadurch retten, dass man eine Complication desselben mit einem Periodicitätsgesetze annähme, so würde man es doch einem Gesetze unterwerfen, das in dem Verlauf der Schätzungsdifferenz $\varDelta_m$ seinen einfachsten Ausdruck findet.

Ist in soweit die Uebertragung des Weber'schen Gesetzes auf das Zeitgebiet ein gewagtes Unternehmen, so wird man von selbst auf den Gang der Schätzungsdifferenz hingewiesen, also auf den constanten Fehler, mit welchem unsere Zeitauffassung behaftet ist, und der das Maß abgibt für Veränderung von Zeitgrößen durch die Reproduction.

Somit dürfte nach meinen Versuchen Wundt das Wesen unseres Zeitsinnes von vornherein richtig erkannt haben, indem er dem sogenannten Zeitfehler eine Bedeutung beilegte, die ihn als Hauptgegenstand der Untersuchung im Zeitgebiete erscheinen lässt.

VIII. Methode der mittleren Fehler.

Wie schon erwähnt, ergeben meine Versuche wesentlich andere Resultate, als diejenigen früherer Beobachter, es bleibt daher noch übrig, eine Erklärung für diese Erscheinung zu suchen. Was zuerst Kollert (Philos. Stud. Bd. I, S. 78) betrifft, so erstrecken sich dessen Beobachtungen nur auf Intervalle von $t = 0{,}4$ bis $t = 1{,}5$, sie kommen also hier nicht weiter in Frage; von Estel's Untersuchungen habe ich bereits oben nachgewiesen, dass sie wegen zu geringer Uebung seitens der Beobachter nicht zu strengen Gesetzmäßigkeiten führen konnten, außerdem hat auch Fechner schon bemerkt, dass dieselben aus verschiedenen Gründen formell viel zu wünschen übrig lassen. Es bleiben mithin nur die Versuche von Vierordt für eine nähere Besprechung übrig.

Von Vierordt's zahlreichen Versuchen nun ist nur eine Reihe unter ähnlichen Bedingungen angestellt, als die meinigen, nämlich die Versuche des §. 9, S. 34 und f., welche in Tab. *A*, S. 36 zusammengestellt sind. Dieselben sind nach der Methode der mittleren Fehler in der Weise ausgeführt, dass der Assistent zuerst die Taktfolge der Normalzeit angab, und dass dann die Versuchsperson die gehörte Zeit unmittelbar durch willkürlich hervorgebrachte Taktschläge nachzuahmen suchte, und zwar wurden die Taktschläge auf einer registrirenden Vorrichtung aufgezeichnet. Ein Intervall zwischen der angegebenen Hauptzeit und der nachzumachenden Zeit sollte nicht vorhanden sein, sodass der zweite Ton zugleich das Ende der ersteren und den Anfang der letzteren bedeutete. Vierordt fand bei derartig angestellten Versuchen den Indifferenzpunkt bei 2,7 Secunden, bei kleineren Zeiten fiel die nachgemachte Zeit größer aus, bei größeren bis ungefähr 9 Secunden hingegen kleiner. Diese hohe Lage des Indifferenzpunktes zu erklären, ist ungemein schwierig, zumal da Vierordt sich nicht über die nähere Ausführung der Versuche verbreitet, mithin den Leser im Unklaren lässt, welche etwaige constante Fehler seine Resultate verunreinigt haben; so gibt er z. B. nicht an, ob er in einer Versuchsstunde nur eine Hauptzeit oder deren mehrere beobachtet hat, und letzterenfalls, in welcher Reihenfolge, ob in aufsteigender oder absteigender. Doch glaube ich aus der Beschreibung der Versuchsmethodik S. 35, ferner aus den an Herrn Nebel S. 40 und 41, Tab. *C*, und an Herrn Höring S. 44, Tab. *E* ausgeführten Untersuchungen entnehmen zu können, dass er an einem Versuchstage alle Zeiten und zwar in beliebiger Reihenfolge durchgeprüft hat. Ferner schweigt Vierordt darüber, ob er an seine Versuche mit bereits gewonnener Uebung herantrat; ich glaube annehmen zu müssen, dass es nicht der Fall war, denn S. 40 bei Versuchen mit drei Intervallen sagt er, dass jeder Versuchsstunde des Herrn Nebel eine einstündige Einübung voranging, eine Vorsichtsmaßregel, welche ich bei den schwierigen Zeitversuchen zumal nach der Methode der mittleren Fehler nicht für ausreichend halten möchte, um die nöthige Uebung herbeizuführen. Außerdem lagen die einzelnen Versuchstage zu weit, 8 bis 14 Tage, auseinander, so dass die an einem Versuchstage gewonnene Uebung bis zum nächsten wieder verloren gehen musste. Ich habe selbst an mir die Erfahrung gemacht, dass ich einmal nach 14tägiger Pause trotz meiner vorherigen großen Uebung doch sehr unsicher schätzte und mich erst wieder an die Versuche gewöhnen musste. Dass sich aber die Uebung bei Herrn Nebel trotzdem etwas geltend machte, glaube ich an der tiefen Lage des Indifferenzpunktes und den geringen procentigen rohen Fehlern am letzten Versuchstage ersehen zu können. Sollte nun Vierordt bei seinen eigenen Versuchen sogar die einstündige Einübung unterlassen haben, so wäre allerdings der hohe Indifferenzpunkt leicht erklärlich; dann wäre auch dadurch die verschiedene Lage desselben in Tab. *B*, S. 38 und in Tab. *D*, S. 42 erklärt. Tab. *B*, S. 38 zeigt nämlich für Vierordt selbst den Indifferenzpunkt bei $t = 3{,}2$, Tab. *D*, S. 42 für stud. Nebel bei $t = 1{,}5$, also bedeutend tiefer. Für die geringe Uebung seitens Vierordt's scheint mir auch der Umstand zu sprechen, dass bei Zeiten, die bedeutend unterschätzt wurden, noch eine beträchtliche Anzahl Versuche vorkommen, wo die nachgemachte Zeit bedeutend größer ausfiel als die Normalzeit, während bei Nebel größere Zeiten ausnahmslos kleiner aufgezeichnet wurden als die Normalzeit; es müssen also bei Vierordt die Schwankungen des Bewusstseins ungemein groß gewesen sein; dies gilt nicht nur von den Versuchen der Tab. *B*, S. 38, sondern auch von denen der Tab. *A*, S. 36; kein Wunder daher, dass der Indifferenzpunkt eine so hohe Lage besitzt und die rohen und reinen variabeln Fehler keinen gesetzmäßigen Gang aufweisen.

Sind nun schon wegen der geringen Uebung und der damit verbundenen großen Unsicherheit im Schätzen seitens Vierordt's seine Versuche nicht geeignet, sichere Resultate zu geben, so kommt noch als weiterer Grund der Umstand hinzu, dass, wie Wundt (Philos. Stud. Bd. I S. 37) sich ausdrückt, »Vierordt die Reproductionsmethode mit der Reactionsmethode in einer Weise verbindet, die es unmöglich macht zu entscheiden, inwiefern die Abweichungen der Vergleichszeit von der Normalzeit in der Einmengung jener Vorgänge ihren Grund haben, welche der Ausführung der willkürlichen Taktbewegung vorangehen. Insbesondere ist zu bezweifeln, ob der Taktschlag auch wirklich in dem Moment erfolgt, in welchem der Wille vorhanden ist, ihn auszuführen.«

Um aber selbst einen, wenn auch nur oberflächlichen Einblick in die Methode der mittleren Fehler zu erhalten, stellte ich an mir nach derselben eine Anzahl von Versuchen für einige Intervalle an und zwar verfuhr ich dabei folgendermaßen: Ich benutzte wieder meinen Apparat, aber statt drei nur zwei der kleinen Auslöser, um mit Hülfe derselben die Normalzeit anzugeben. Die übrige Versuchsweise war wie oben, die Umdrehungsgeschwindigkeit betrug 18 Secunden, also entsprach der Bewegung des Rades um einen Grad des Theilkreises eine Zeit von 0,05 Secunde. Da zwischen Normal- und Vergleichszeit kein Intervall liegen sollte, so bezeichnete der 2. Hammerschlag zugleich den Anfang der Vergleichszeit. Ich hatte nun die Aufgabe, ein der gehörten Zeitstrecke gleiches Intervall herzustellen, was dadurch geschah, dass ich mittelst einer kleinen Bewegung eines am Uhrwerk befindlichen Hebels dasselbe momentan zum Stehen brachte; alsdann konnte in Ruhe abgelesen werden, über welchem Grad des Theilkreises der an dem Rade befindliche Metallfortsatz sich befand, also um wie viel Grade sich die Trommel seit dem letzten Hammerschlag weiter bewegt hatte, und die Anzahl dieser Grade multiplicirt mit 0,05 Secunde gab die Länge der nachgemachten Zeit. Um eine vollständig objective und von äußeren Störungen freie Schätzung zu erhalten, wurden dieselben Vorsichtsmaßregeln angewendet wie bei der Methode der Minimaländerungen. Da ich glaubte, der Indifferenzpunkt würde den Vierordt'schen Versuchen gemäß bedeutend nach oben verschoben werden, begann ich die Untersuchungen mit der Zeit $t = 1{,}50$, ging dann über zur Zeit $t = 1{,}00$, $t = 0{,}8$ und schließlich zu $t = 0{,}7$. Diese Zeiten wurden an einem Tage untersucht, nachdem ich mir schon einen Tag zuvor eine leidliche Uebung in dem Gebrauche der Methode angeeignet hatte. Da aber wider Erwarten der Indifferenzpunkt wie früher ebenfalls zwischen $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}8$ gefunden wurde, so stellte Herr Glass an einem anderen Tage noch einmal Versuche an mir an, und zwar zuerst über die Zeiten $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}8$. Zu unserer Freude wurde das Resultat des vorhergehenden Tages bestätigt. Schließlich wurden noch die Zeiten $t = 2{,}15$, $= 3{,}5$, $= 5$, $= 6$ untersucht. Etwaige Contrasteinflüsse wurden hinreichend dadurch vermieden, dass Herr Glass beim Uebergang von einer Zeit zur anderen stets selbst eine Anzahl Versuche an sich anstellte, während mir dabei die Aufgabe zufiel zu entscheiden, ähnlich wie bei der Methode der Minimaländerungen, ob und nach welcher Richtung das nachgemachte Intervall sich von der Normalzeit unterschied; auf diese Weise prägte ich mir das zu untersuchende Intervall genau ein.

Ich theile nun in Tab. VIII die erhaltenen Resultate mit und zwar habe ich dieselben Bezeichnungen und Berechnungsweisen der einzelnen Größen angewendet, wie sie Fechner in seiner »Revision der Hauptpunkte der Psychophysik« Abschnitt VII S. 104 u. f. eingeführt hat; nur behalte ich für die Normalzeit die Bezeichnung t bei, um eine bequeme Vergleichbarkeit der folgenden Tabellen VIII und IX mit den Tabellen I bis III zu ermöglichen. Fechner definirt nämlich S. 105 die einzelnen Größen in Bezug auf den Zeitsinn folgendermaßen: »Bezeichne ich also mit t die Normalzeit, mit f die Fehlzeit, welche ich der ersteren gleich zu machen suche, so gibt der Unterschied beider $f - t$ den im Allgemeinen noch mit einem constanten Fehler behafteten rohen Fehler d. Aus allen Fehldistanzen, deren Zahl m sei, ziehe ich nun das Mittel $\frac{\Sigma f}{m}$, bezeichne es als mittlere Fehlzeit mit F und erhalte als Unterschiede der einzelnen Fehlzeiten f von der mittleren Fehldistanz F die mit Δ zu bezeichnenden, vom constanten Fehler befreiten, reinen variabelen Fehler, endlich als Mittel der ohne Rücksicht auf ihr Vorzeichen genommenen reinen Fehler den mit Δ_m zu bezeichnenden reinen Mittelfehler $\frac{\Sigma \Delta}{m}$, dessen reciproken Werth ich als Maß der Unterschiedsempfindlichkeit betrachte.«

Zu bemerken ist noch, dass der reine variabele Fehler Δ_m durchaus nicht mit der Schätzungsdifferenz Δ_m der Minimalmethode zu vergleichen ist. Ferner habe ich den constanten und reinen variabelen Fehler bei Zeiten, für welche mehr als dreißig Versuche vorliegen, durch Eintheilung derselben in Fractionen zu je dreißig Versuchen gewonnen. Die Bestätigung des Weber'schen Gesetzes hängt davon ab, dass der reine variabele Fehler Δ_m den Normalzeiten t proportional gehe, dass also $\frac{\Delta_m}{t}$ für die verschiedenen Zeiten constant sei.

Ich lasse jetzt Tabelle VIII folgen:

Tabelle VIII.

t	c	Δ_m	$\frac{\Delta_m}{t}$	n
0,70	+ 0,09	0,0637	0,091	60
0,80	— 0,025	0,077	0,09625	60
1,00	— 0,065	0,095	0,095	30
1,50	— 0,1117	0,1436	0,09573	30
2,10	— 0,035	0,1323	0,0631	30
3,50	+ 0,01	0,2267	0,065	30
5,00	+ 0,0375	0,319	0,0638	60
6,00	+ 0,94	0,49	0,0817	30

Wie aus der vorliegenden Tabelle VIII hervorgeht, werden die von mir nach der Methode der Minimaländerungen gewonnenen Resultate in evidenter Weise bestätigt. Was zuerst die wichtigste Frage, die Lage des Indifferenzpunktes betrifft, so liegt derselbe zwischen $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}8$, eine Erscheinung, welche die Annahme nahe legt, dass diese Indifferenzzeit, wie Estel sich S. 57 ausdrückt, für unser Bewusstsein die Zeiteinheit darstellt. Da ferner die Zeiten

$t = 0{,}7$ und $t = 6$ einen positiven constanten Fehler aufweisen, die Zeiten $t = 0{,}8$, $= 1$, $= 1{,}5$, $= 2{,}15$ dagegen einen negativen, so folgt wiederum: dass kleine Zeiten bis 0,7 Secunden und ebenso große oberhalb 5 Secunden in der Reproduction verlängert werden, dagegen Zeiträume von mittlerer Dauer verkürzt erscheinen. Bei der Zeit $t = 6$ wurde noch die Beobachtung gemacht, dass stets, wenn ich sagte, die nachgemachte Zeit sei zu kurz ausgefallen, selbige um ein Weniges größer war als die Normalzeit, ein Zeichen also dafür, wie sehr man geneigt ist, die betreffende Zeit zu überschätzen. Ob sich nun für den constanten Fehler c dieselbe Periodicität wie für die Schätzungsdifferenz $\varDelta_m$ geltend macht, war mir wegen Mangel an Zeit nicht möglich zu untersuchen, ich hätte zu diesem Zwecke noch unvergleichlich mehr Versuche anstellen müssen; meine Aufgabe war aber nur, die von Vierordt erhaltenen Resultate zu controliren. Doch macht sich trotz der geringen Anzahl der Versuche die Periodicität von c insofern geltend, als dasselbe für $t = 2{,}10$ kleiner ist als für $t = 1{,}50$, auch der Werth $\frac{\varDelta m}{t}$ ist für erstere geringer als für letztere, überhaupt geringer als für alle kleineren Zeiten, ein Beweis dafür, dass auch die Unterschiedsempfindlichkeit bei $t = 2{,}10$ bedeutend größer ist als für die Indifferenzzeit, eine Eigenthümlichkeit, die schon bei den Versuchen nach der Methode der Minimaländerungen in Tab. III und Tab. III[a] auftrat, es scheint also wirklich diese Zeit für unsere Auffassung die günstigste zu sein. Einen Schluss betreffs der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes lässt Tab. VIII deshalb nicht zu, weil sie zu wenige und meist solche Zeiten enthält, für welche die Schätzung relativ am genauesten ist.

Allerdings scheint nach Tab. VIII der Indifferenzpunkt den früheren Versuchen gegenüber, wo er bei $t = 0{,}71$ gefunden wurde, etwas nach 0,8 Secunden hin verschoben, er befindet sich nämlich, wenn wir den Verlauf von c zwischen $t = 0{,}7$ und $t = 0{,}8$ als geradlinig annehmen, bei 0,778 Secunden. Zwar ist diese Verschiebung ganz unwesentlich, doch erklärt sie sich einfach aus folgenden zwei Umständen: Wie Kollert (Philos. Stud. Bd. I, S. 88) richtig bemerkt, mengen sich bei der Methode der mittleren Fehler offenbar verschiedene psychologische und physiologische Momente ein, die bei der Methode der Minimaländerungen hinwegfallen, so die Willenszeit zum Anhalten des Uhrwerkes, die Leitung der motorischen Erregung zu den Muskeln und das Anwachsen der Energie in denselben. Da nun der Beginn der nachgemachten Zeit objectiv gegeben ist durch den zweiten Hammerschlag, das Ende der Normalzeit, so addiren sich diese Nebenvorgänge nur zum Ende der Fehlzeit hinzu. Glaubt man nämlich, es sei ein der Normalzeit gleiches Intervall verflossen, so wird die Arretirung des Uhrwerks gerade um den Zeitwerth jener psychophysischen und physiologischen Vorgänge zu spät kommen, welche zur Umsetzung der innerlich appercipirten Vorstellung in eine äußere Bewegung erforderlich sind, mithin muss der Indifferenzpunkt um diese Zeit nach oben verschoben werden. Diesen Zeitwerth zu bestimmen, hielt ich nicht für nöthig, da ihn Vierordt auch nicht in Abrechnung gebracht hat und meine Versuche ja nur zur Vergleichung mit den seinigen angestellt wurden. Ist nun schon durch die oben angeführte Thatsache die Verschiebung des Indifferenzpunktes zum Theil erklärt, so kommt noch der wichtige Umstand hinzu, dass ich nicht eine genügend große Anzahl Versuche angestellt habe, mir daher auch nicht die für die Methode der mittleren Fehler nöthige Uebung angeeignet hatte, eine Ansicht, die dadurch wesentlich unterstützt werden dürfte, dass ich am ersten Tage (nach den ersten 30 Versuchen) den Indifferenzpunkt bei 0,78″ fand, am zweiten dagegen (nach den letzten 30 Versuchen) bei 0,7667″, also schon etwas tiefer, was wohl lediglich der Uebung zuzuschreiben ist, so dass er wahrscheinlich bei noch größerer Uebung noch mehr erniedrigt worden wäre.

Da nun meine nach der Methode der mittleren Fehler gewonnenen Resultate mit den früher erhaltenen vollständig übereinstimmen, unterliegt es keinem Zweifel, dass Vierordt seine Untersuchungen mit zu geringer Uebung angestellt hat; überdies ist ja die Anzahl seiner Versuche für die einzelnen Zeiten viel zu klein, als dass er genaue Resultate erhalten konnte. Dies hat auch Vierordt gewusst, denn er sagt selbst S. 2: »Es wird dieser Schrift billiger Weise nicht zum Vorwurf gereichen, dass die einzelnen Versuchsreihen nur so viele Hunderte oder Tausende von Versuchen enthalten, als sie Tausende oder selbst Zehntausende aufweisen sollten, um die hier zu Grunde liegenden Gesetzmäßigkeiten mit aller Schärfe festzustellen«. Zwar habe ich auch nur wenige Versuche nach der Methode der mittleren Fehler angestellt, doch hatte ich vorher schon eine solche

Uebung im Schätzen von Zeitgrößen gewonnen, dass es mir ein Leichtes war, irgend ein Intervall fest einzuprägen; es hätte sich daher bei mir ein Fortschritt der Uebung nur insofern geltend machen können, als die Reactionsvorgänge möglichst veringert worden wären.

Dass jedoch bei Vierordt der Indifferenzpunkt viermal so hoch liegt als bei mir, könnte allerdings durch seine Ungeübtheit im Schätzen von Zeitgrößen noch nicht genügend erklärt erscheinen, und man könnte geneigt sein anzunehmen, derselbe sei individuell verschieden, wenn er nicht für eine so große Anzahl Beobachter nach der Methode der Minimalveränderungen als ziemlich constant gefunden worden wäre, so von Wundt, Phys. Psych. Bd. II, S. 286, von Kollert S. 82 und 83 und von Estel S. 56. Abgesehen davon, dass durch die schon oben erwähnten Reactionseinflüsse eine Erhöhung verursacht wird, scheint mir eine weitere Ursache noch darin zu liegen, dass Vierordt bei seiner Versuchsmethodik die Aufmerksamkeit zu sehr vertheilen musste. Wenn ich nämlich seine Versuchsweise S. 35 recht verstehe, hatte er, nachdem der zweite Schlag erfolgt war, zuerst den Finger, mit welchem er die Bewegung ausführte, auf den betreffenden Hebelarm zu legen, hatte also seine ganze Aufmerksamkeit, zumal da die Augen geschlossen waren, darauf zu richten, dass er den Hebelarm richtig traf und dass sein Finger eine bequeme Lage erhielt, dadurch aber wurde seine Aufmerksamkeit eine nicht unbedeutende Zeit lang vom Schätzen abgezogen, und so musste das nachgemachte Intervall um diese Zeit verlängert aufgezeichnet werden; allerdings wird dieser Umstand bei kleineren Zeitstrecken von mehr Einfluss gewesen sein als bei größeren. Sollte Vierordt auch diesen Uebelstand vermieden haben, so ist aber eine weitere und zwar die hauptsächlichste Erschwerung der Versuche darin zu suchen, dass der Assistent ein beliebig langes Intervall angab, das bald größer bald kleiner als das vorhergehende, und über dessen Größe der Beobachter nicht unterrichtet war. In Folge dessen musste sich desselben ein gewisses Gefühl der Unruhe und Unsicherheit bemächtigen; er brauchte jedesmal eine ziemlich lange Zeit, das dargebotene Intervall zu verarbeiten, und um diese Zeit musste die Vergleichszeit zu lang ausfallen. Um mir aber über diese Verhältnisse Klarheit zu verschaffen, stellte Herr Glass an mir zuerst 30 Versuche an für die Zeit $t = 5$, alsdann ging er ganz beliebig zu anderen Zeiten über, so dass ich nicht wusste, wann und in welcher Richtung die Intervalle verändert und wie groß sie angegeben wurden. Tab. IX enthält die Resultate dieser Versuche.

Tabelle IX.

$t = 6$	$t = 2{,}15$	$t = 5$	$t = 2{,}15$	$t = 6$	$t = 1{,}50$
8,1	3,50	6,25	3,15	6,05	1,60
7,00	3,00	5,00	1,50	6,90	1,90
6,60	2,90	4,50	2,00	6,75	1,60
7,90	2,00	5,50	2,50	6,90	1,60
7,50	2,80	4,50	2,40	6,75	1,90
7,15	2,35	6,40	1,70	7,90	1,75
8,10	2,25	6,50	2,40	8,10	1,80
7,70	2,15	6,00	2,15	6,50	1,70
7,50	1,50	6,10	2,25	7,15	2,00
7,60	2,20	6,00	2,40	7,00	1,75
6,90					
6,50	2,465	5,675	2,305	7	1,76
6,85					
7,00	$c = + 0{,}315$	$c = + 0{,}675$	$c = + 0{,}155$	$c = + 1$	$c = + 0{,}26$
7,30					
$c = + 1{,}5$					

Wie Tab. IX zeigt, wurden sämmtliche Zeiten überschätzt, es ist diese Erscheinung aber auch sehr leicht erklärlich. Hat man nämlich eine Anzahl Intervalle von derselben Größe gehört, so erwartet man unwillkürlich wieder ein gleich großes; erscheint nun plötzlich ein solches von anderer Länge, so ist man darüber erstaunt, und man stellt unwillkürlich Reflexionen über die Größe des vorhergehenden Intervalls an, vergleicht dasselbe mit dem eben gehörten und wird schließlich im Schätzen so unsicher, dass man gar nicht weiß, welches Intervall man nachzumachen hat; während dieser Reflexionen verfließt so viel Zeit, dass man auf jeden Fall das Uhrwerk zu spät arretirt. Ferner machen sich auch Ermüdungserscheinungen geltend; infolge der großen Anstrengung, welche derartig angestellte Versuche verursachen, war ich am Ende der Stunde so abgespannt, wie noch nie zuvor. Es treten so auf diese Weise eine Menge erschwerender Umstände ein, die alle dazu beitragen, den Indifferenzpunkt zu erhöhen, und auch bei V i e r o r d t dazu beigetragen haben. Natürlich wird derselbe wohl schwerlich so weit aus einander liegende Zeiten wie ich sich haben folgen lassen, dies war bei ihm aber auch gar nicht nöthig, da er so wie so schon die Intervalle nicht gehörig beherrschen konnte.

Auch Contrasteinflüsse werden sich bei genanntem Verfahren eingemengt haben, in welcher Weise, muss ich freilich dahingestellt sein lassen. A priori könnten sich hierüber leicht zwei Ansichten geltend machen. So könnte man z. B. annehnen, er äußere sich in derselben Weise wie bei der Minimalmethode, dass also, wenn man von einer kleineren zu einer größeren Zeit überging, letztere auffallend groß erscheine, daher auch zu groß nachgemacht werde. Anderntheils könnte man auch vermuthen, man habe sich eine Zeit so fest eingeprägt, dass bei einem Uebergang von einer kleineren zu einer größeren letztere nach ersterer gemessen und so selbige zu klein nachgemacht werde. Entsprechendes wird stattfinden, wenn auf größere Intervalle kleinere folgen. Welche von beiden Ansichten die richtigere ist, müssen spätere Beobachtungen entscheiden.

Dass nun Vierordt die großen Zeiten bis ungefähr 9 Secunden unterschätzte, erklärt sich einfach daraus, dass er wegen seiner geringen Uebung nicht im Stande war, die Intervalle gehörig zusammenzufassen, er musste also stets einen beträchtlichen Theil derselben, nennen wir ihn α, aus dem Gedächtniss verlieren und somit nur die Zeit $t - \alpha$ anzugeben versuchen. Als Beweis hierzu führe ich die Erfahrungen an, die ich an Herrn Glass gemacht habe bei der Zeit $t = 6$. Wie schon erwähnt, stellte derselbe, ehe ich als Versuchsobject diente, an sich selbst die Versuche an, und er machte hierbei die Fehlzeit immer zu klein, dagegen zu groß, als er die Versuche wiederholte, nachdem meine Reihe beendigt war, ein Beweis also dafür, dass er das Intervall nicht beherrschen konnte, es sich aber während meiner Versuche angeeignet hatte. Hieraus ist ersichtlich, von welchem bedeutenden Einfluss auf die Resultate die Uebung ist.

Auffällig möchte noch erscheinen, dass in Vierordt's Tab. A, S. 36 die negativen procentigen rohen Fehler selbst bei den größten der untersuchten Zeiten bedeutend kleiner sind als die positiven rohen Fehler der kleineren Zeiten; den Grund hiervon finde ich in Folgendem: Die Menge der Nebenvorgänge, bezeichnen wir sie mit β, welche den Indifferenzpunkt erhöhten, haben sich bei kleineren Zeiten in ungleich höherem Maße geltend gemacht als bei größeren, also bei ersteren einen großen procentigen rohen Fehler verursacht; den größten Einfluss aber hat die mit der eigenthümlichen Anwendung der Methode verbundene, aber auch an mir nachgewiesene Unsicherheit im Schätzen gehabt, verursacht durch Reflexionen, durch Contrasteinflüsse etc., lauter Vorgänge, nennen wir ihre Summe γ, welche die Fehlzeit größer ausfallen ließen. Es hat also Vierordt in Wirklichkeit nicht eine Normalzeit gleich t auf dem Kymographion aufgezeichnet, sondern eine Zeit gleich $t - \alpha + \beta + \gamma$; während mit aufsteigendem t sich β immer weniger bemerkbar machte, werden α und γ, obgleich $\alpha > \gamma$ war, annähernd in demselben Verhältniss gewachsen sein.

Nachdem ich nun nach zwei verschiedenen Methoden das übereinstimmende Resultat erhalten habe, dass große Zeiten innerhalb der von mir untersuchten Grenzen in der Reproduction vergrößert erscheinen, stehe ich nicht an zu erklären, dass diese Erscheinung bei den einzelnen Beobachtern durchaus nicht individuell verschieden ist, zumal die Beobachtungen des Herrn Glass ebenfalls nach beiden Methoden mit den meinigen übereinstimmen, wenn die Resultate von Vierordt und Estel auch dieser Ansicht widersprechen. Wie des letzteren Untersuchungen, so halte ich auch die des ersteren nicht für geeignet, sichere Schlüsse auf die Eigenschaften unseres Zeitsinnes zuzulassen. Ihnen gebührt nur das nicht zu unterschätzende Verdienst, wichtige Fragen der Psychophysik angeregt zu haben; mehr hat auch Vierordt durch seine Versuche nicht erreichen wollen, denn er sagt selbst S. 2: »Ich bescheide mich, den Gang der Erscheinungen im Allgemeinen festgestellt zu haben; die strengere mathematische Formulirung der Normen muss künftigen Specialforschungen überlassen bleiben«. Nur darf man auch auf solche Versuche nicht mehr Werth legen, als der Beobachter selbst, und aus ihnen wichtige Gesetze für den Zeitsinn ziehen wollen, wie es leider geschehen ist.

Dass große leere Zeitstrecken zu lang nachgemacht werden, dürfte möglicherweise darin seinen Grund haben, dass Intervalle über 5 Secunden wegen ihrer Einförmigkeit unverhältnissmäßig lang erscheinen (man langweilt sich während ihres Vorüberganges), und da man ein möglichst gleichgroßes Intervall herzustellen sucht, wird man das zu lang geschätzte auch länger nachmachen, als es in Wirklichkeit ist.

Was nun die mit der Methode der mittleren Fehler gewonnenen Erfahrungen betrifft, so ist dieselbe unstreitig auch auf das Zeitgebiet übertragbar, ja sie scheint, da sie schneller zum Ziele führt, den Vorzug vor der Methode der Minimaländerungen zu verdienen, denn während bei letzterer 10—15, bei großen Zeiten sogar noch mehr Einzelversuche nöthig sind, um den Schätzungswerth T der untersuchten Zeit zu erhalten, gibt bei ersterer jeder einzelne Versuch ein beabsichtigtes Resultat. Allerdings in der Weise, wie Vierordt die Methode angewendet hat, wird sie niemals genaue Resultate geben können. Anders ist es bei meinem Verfahren; hier sind alle psychophysischen und physiologischen Nebenvorgänge bis auf die S. 595 erwähnten vermieden worden, daher auch die schöne Uebereinstimmung der Resultate in Tab. VIII mit denen der Tab. II—III. Infolge dieser genannten Einflüsse haftet der Methode eine gewisse Unsicherheit an, was ja auch ganz erklärlich ist, da es sich nicht um das Registriren eines objectiven Eindruckes handelt, sondern einer subjectiven Vorstellung, für die nur gewisse Bedingungen in den vorangegangenen objectiven Eindrücken gegeben sind; wegen dieses Umstandes sind aber auch unvergleichlich mehr Versuche nöthig als bei der Methode der Minimaländerungen; hier genügt schon eine geringe Anzahl, um die Gesetzmäßigkeiten der einzelnen Elemente scharf hervortreten zu lassen. Dies ist bedingt durch die Sicherheit des Schätzens bei dieser Methode, denn da bei ihr drei objective Eindrücke gegeben sind, so ist man gewissermaßen zu einem Urtheil gezwungen, nicht so bei der Methode der mittleren Fehler; hier ist man erst im Stande zu sagen, ob die Fehlzeit kleiner, gleich, oder größer sei als die Normalzeit, wenn man das Uhrwerk arretirt hat. Das Stillstehen desselben vertritt also gewissermaßen den dritten objectiven Eindruck. Der Vortheil also, den die Methode der mittleren Fehler wegen ihrer bequemen Ausführbarkeit vor der Minimalmethode zu haben scheint, wird vollständig aufgehoben durch die große Anzahl der Versuche, welche bei ihr nöthig sind. Doch besitzt sie einen nicht zu unterschätzenden Vorzug deshalb, weil sie für den Beobachter nicht so langweilig als jene ist. Schon dadurch, dass man immer selbst bei den Versuchen thätig sein muss, ist sie interessanter, dazu kommt noch, dass die Schnelligkeit, mit welcher ein beabsichtigtes Resultat gewonnen wird, anregend wirkt. Wenn ich auch nicht im Geringsten bezweifle, dass nach meiner Anwendung der Methode der mittleren Fehler durch gehörige Uebung sich die Reactionseinflüsse soweit reduciren, dass sie nur unbedeutend die Resultate modificiren, so dürfte sie selbst doch am geeignetsten nur zur Controle der nach der Methode der Minimaländerungen gewonnenen Ergebnisse zu verwenden sein, ich sage zur Controle und nicht etwa zu Versuchen, wie es Vierordt gethan hat, da sie einestheils, nicht mit genügender Vorsicht angewendet, leicht Resultate ergeben kann, die spätere Forschungen eher aufhalten als fördern. Hat man gelernt, beliebig große Intervalle zu beherrschen, so hat man seine Aufmerksamkeit nur auf die Arretirung des Uhrwerks zu richten, und diese selbst wird alsdann mit einer solchen mechanischen Fertigkeit ausgeführt werden, dass die Reactionsvorgänge auf ein Minimum herabsinken. Hat man aber wie Vierordt außer auf die Registrirung noch auf die Schätzung sein Augenmerk zu richten, so können keine genauen Resultate erhalten werden.

Noch will ich bemerken, dass ich aus den nach der Methode der mittleren Fehler angestellten Versuchen deshalb nicht die einzelnen Elemente berechnet habe, weil die Anzahl der Versuche eine zu geringe ist, um mit den nach der Methode der Minimaländerungen gewonnenen Werthen verglichen werden zu können.

Fig. 1.

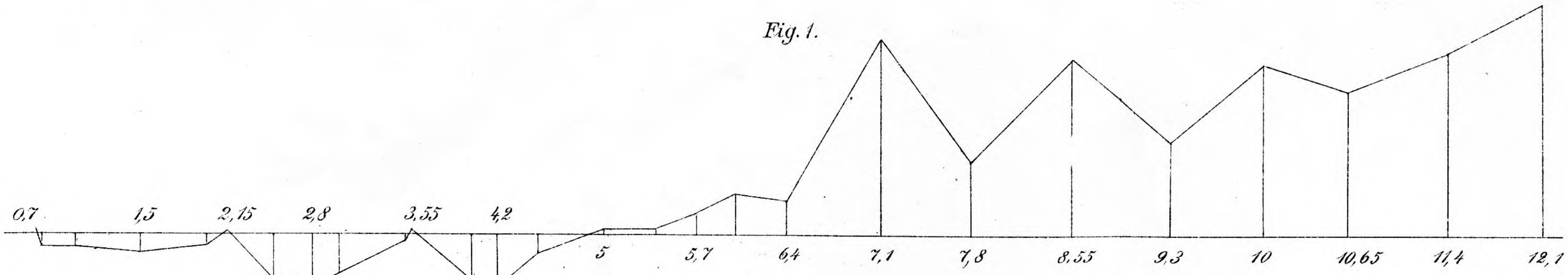


Fig. 2.

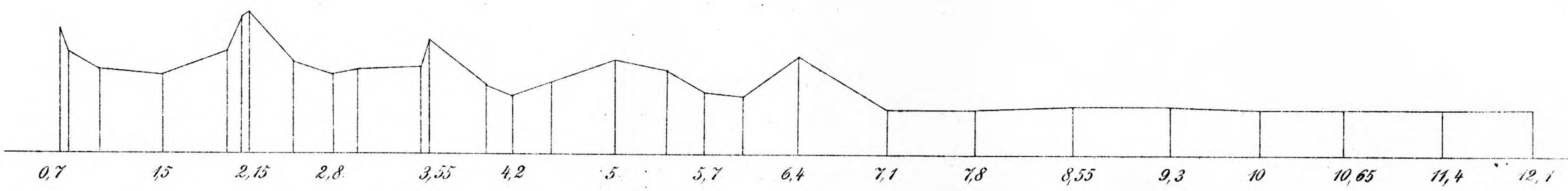


Fig. 3.

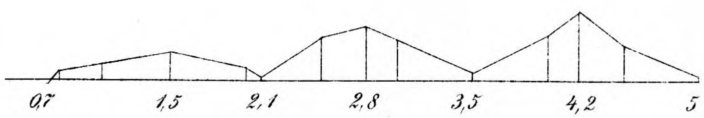
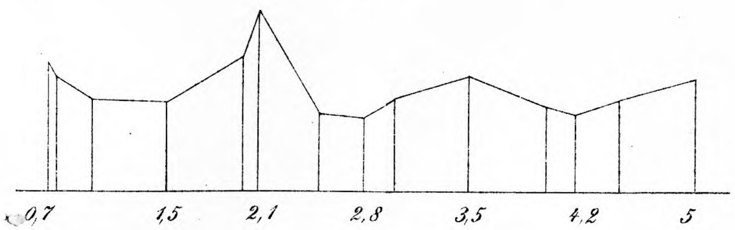


Fig. 4.



M. Mehner, del. Verlag von Wilh. Engelmann, Leipzig. Lith. Anst. v. J. G. Bach, Leipzig.