

Experimentelle Untersuchungen über das Gedächtnis.

Von

WALDEMAR LEWY

in Jena.

I. Einleitung. — Historisches.

Je mehr die neuere Psychologie dahin drängt, unter Aufgabe der „seelischen Vermögen“, die eine Thätigkeit des Bewußtseins seinem Inhalt gegenüber darstellen, alle psychischen Funktionen auf Empfindungen, Vorstellungen und deren Assoziation zurückzuführen, um so mehr rückt die Frage des Gedächtnisses in den Brennpunkt des Interesses. Das Gedächtnis, das Wort im weitesten Sinne gefaßt, bildet die Grundlage aller Assoziationen, und je mehr Klarheit wir über dieses gewinnen, um so mehr wird es uns gelingen, das Dunkel in der Werkstatt der Seele zu erhellen.¹ Wenn wir nun auch keinesfalls den Wert verkleinern wollen, den das Zusammentragen mehr oder minder systematisch beobachteter Thatsachen aus der Erfahrung des Einzelnen für die Erforschung des Gedächtnisses gehabt hat und als Anhäufung von Material stets behalten wird; wenn wir auch ebensowenig verkennen, wieviel durch Beobachtung und Deutung pathologischer Fälle für die Erklärung des Gedächtnisvorganges geleistet worden ist, so müssen wir doch sagen, daß zum ersten Male von EBBINGHAUS der Weg beschritten worden ist, der uns wohl am ehesten

¹ Mit Recht betont RICHTER: De toutes les fonctions psychiques la mémoire est la plus importante. Sans mémoire il n'y a pas dans l'intelligence ni imagination, ni jugement, ni langage, ni conscience. Ou peut dire, de la mémoire, que c'est la clef de tout l'édifice intellectuel. (RICHTER: Les origines et les modalités de la mémoire. *Rev. philosoph.* 1886.)

dem Ziele näher führen wird. EBBINGHAUS¹ wies 1885 in seiner Schrift „*Über das Gedächtnis*“ als erster die Möglichkeit nach, der Frage des Gedächtnisses mit experimentellen und Maßsmethoden erfolgreich näher zu treten. Sein Verfahren bestand bekanntlich im wesentlichen darin, eine Anzahl sinnloser Silben bis zur fehlerlosen Reproduktion auswendig zu lernen und nach einer bestimmten verflossenen Zeit aus der Anzahl der ersparten Wiederholungen beim zweiten Auswendiglernen derselben Reihe die Menge des Behaltenen festzustellen. Indem er diese Methoden in mehrfacher Weise variierte, setzte er nicht nur zahlenmäßig den destruierenden Einfluß der zwischenliegenden Zeit auf das Gelernte fest, sondern konnte auch noch eine Reihe anderer, die Assoziationen betreffender Gesetze statuieren. Dieselbe Versuchsanordnung ist in letzter Zeit in einer umfangreichen Arbeit von MÜLLER und SCHUMANN² zur Anwendung gekommen, und hat unter geringer Veränderung der äußeren Anordnung auch hier wieder ihre Brauchbarkeit bewiesen. Die genannten Verfasser haben auf diesem Wege die von EBBINGHAUS gefundenen Resultate bestätigt und durch weiter variierte Bedingungen den Ausbau der Assoziationslehre gefördert. Das spezielle Thema der successiven Assoziationen hat MÜNSTERBERG in seiner Arbeit *Die Assoziation successiver Vorstellungen*³ behandelt. Alle die genannten Forscher haben sich die Aufgabe gestellt, experimentell nachzuweisen, welche Veränderungen eine Reihe von Vorstellungen oder eine komplexe Vorstellung in unserem Gedächtnis erleiden; offenbar ist aber damit die Möglichkeit der Fragestellung nicht erschöpft. Wenn wir uns eines Schemas bedienen dürfen, so können wir einen solchen Komplex von Vorstellungen, wie ihn eine Reihe sinnloser Silben darstellt, auflösen in die Vorstellungen

$$A + B + C + D + E. \dots + N.$$

Nun können wir uns nach den geltenden Anschauungen über die Assoziationen vorstellen, wie die Treue der Re-

¹ EBBINGHAUS, *Über das Gedächtnis*.

² MÜLLER und SCHUMANN, Experimentelle Beiträge zur Untersuchung des Gedächtnisses. *Diese Zeitschrift* VI, S. 81—190; 257—339.

³ *Diese Zeitschrift*. I. S. 99.

produktion einer solchen Reihe leidet. Sehen wir von der Thatsache eines etwaigen völligen Vergessens, über die sich noch streiten läßt,¹⁻⁶ ab, so wird eine Veränderung des Vorstellungskomplexes in mehrfacher Art vor sich gehen können; 1. dadurch, daß ein einzelnes Element sich qualitativ verändert, sodaß für *A* ein ähnliches, aber nicht identisches *A*¹ eintritt, sodaß also statt der Vorstellungsreihe *A, B, C, D* nun *A*¹*B**C*¹*D* erscheint. 2. dadurch, daß die einzelnen Elemente ihre Reihenfolge ändern, für *ABCD, ACBD*. 3. daß einige Elemente der gefragten Reihe durch andere ersetzt werden. *B* ist z. B. früher einmal oder öfter mit den Vorstellungen *X* und *Y* zusammen im Bewußtsein gewesen, so daß jetzt statt der Reihe *ABCD* die Reihe *ABXY* reproduziert wird. Diese Vorgänge meint wohl auch die allgemeine Anschauung, wenn

¹ DELBOEUF, *Rev. philos.* IX. S. 153 ff. „Nous voyons maintenant, que toute acte de sentiment, de pensée ou de volition en vertu d'une loi universelle imprime en nous une trace plus ou moins profonde, mais indélébile, généralement gravée sur une infinité de traits antérieurs, sur chargée plus tard d'une autre infinité de linéaments de toute nature, mais dont l'écriture est néanmoins indéfiniment susceptible de reparaître vive et nette au jour.“

² RICHTER, a. a. O., „La cellule a été, par le fait de l'excitation modifiée d'une manière permanente et cette modification ne peut s'effacer qu'avec la mort de la cellule“ ... und ... „rien de ce qui ébranle l'esprit de l'homme n'est perdu.“

³ *Encykl. Britt. Artic.-Psychology*. Vol. XX. „In some way the brain centers are modified by impressions; they retain in growth the form of their modifications.“

⁴ Dagegen HENSEN: „Wenn das Gedächtnis, statt eine Disposition der Leitungswege zu sein, auf bestimmten Abänderungen der molekularen Anordnung zentraler Teile beruht, so würde doch die so rasch vor sich gehende Erneuerung der Substanz unseres Körpers sehr bald solche Spurbildungen vernichten müssen.“

⁵ BÖHM, *Philos. Monatsh.* XIII. „Der Stoffbegriff selbst und hauptsächlich der Stoffwechsel scheinen uns der Permanenz der Bilder direkt zu widersprechen. Es fehlt das Vehiculum für dieselbe, die Ständigkeit des Trägers der sich gleichbleibenden Vorstellungen.“

⁶ H. HÖFFDING, *Psychologie*. Leipzig 1887. „Einige Psychologen nehmen an, daß das treue und stetige Bewahren der Vorstellung die Regel, deren Vergessen die Ausnahme sei. Das Problem würde also nicht die Erinnerung, sondern das Vergessen sein ... In Wirklichkeit sind es die Bedingungen der Erhaltung der Vorstellungen, nach welchen die Psychologie fragen muß.“

sie von einem Unklar-, Nebelhaft-, Matterwerden des Bildes in der Erinnerung spricht.¹⁻⁵

Eine weitere zu beantwortende Frage aber würde die sein: Erleidet der Bestandteil A, in den EBBINGHAUSSchen Untersuchungen die einzelne Silbe, für sich selbst irgendwelche Veränderung im Bewußtsein, wenn sie eine Zeitlang in demselben „geschlummert“ hat? Hierauf ist zu antworten, daß eine Silbe noch eine viel zu komplizierte Vorstellung ist, so einfach sie auf den ersten Blick auch scheinen mag und sich ihrerseits wieder aus einer Anzahl von Empfindungen $a + b + \dots + n$ zusammensetzt, so daß wir ein Undeutlich- und Unklarwerden im Gedächtnis, eine Mangelhaftigkeit bei der Reproduktion mutatis mutandis zum Teil auch hier wieder auf die oben erörterten assoziativen Einflüsse zurückführen könnten. Es bedürfte also wohl noch einer besonderen Untersuchung, ob außer den sub 2 und 3 erwähnten assoziativen Einflüssen auch eine unmittelbare, von dem Einfluß irgendwelcher Zwischenvorstellung unabhängige Destruktion und Variation im Gedächtnis vorhanden ist. Auch an diese Frage ist man mit experimentellen Untersuchungen herangetreten. Doch, da unsere eigenen Experimente sich nur mit dem Einfluß der zwischenliegenden Zeit auf die Treue der Reproduktion beschäftigen, so wollen wir die vorliegenden experimentellen Untersuchungen auch nur so weit erörtern, als sie diesen speziellen Faktor behandeln.

PANETH⁶ war auf Grund seiner Untersuchungen, die in 1500 Versuchen den Einfluß der Zeit auf die Reproduktion

¹ ZIEHEN, *Physiol. Psychol.* 1893. S. 122. „Zum Schluß haben wir noch eine einfache Folgerung mit Bezug auf die latenten Erinnerungsbilder zu ziehen. Wenn diese wirklich nur materielle Dispositionen sind, so wird der Stoffwechsel der Ganglienzelle nicht ohne Einfluß auf diese molekulare Disposition bleiben, d. h. falls nicht neue ähnliche oder gleiche Empfindungen diese Disposition wieder beseitigen, wird dieselbe im Laufe der Zeit unvermerkt gelockert und schließlich zerstört werden müssen.“

² Siehe auch J. SULLY, *Die Illusionen.* S. 246 ff. und

³ LOTZE, *Metaphysik.* (1879) S. 521.

⁴ MÜNSTERBERG, *Beiträge.* I. S. 125.

⁵ WUNDT, *Physiol. Psychol.* 4. Auflage. Bd. II. S. 467 ff.

⁶ Dr. J. PANETH, Versuche über den zeitlichen Verlauf des Gedächtnisbildes. *Centralbl. f. Physiol.* Bd. IV. No. 3.

von Zeitintervallen statuieren sollten, zu dem Resultate gekommen, daß „die Schärfe des Gedächtnisbildes für ein Zeitintervall im Laufe von fünf Minuten nur um so geringes abnimmt, daß die Abnahme mit den angewandten Methoden nicht sicher erkannt werden kann; zu demselben Schlusse kam WAHLE,¹ der mit weißen Kreisen auf schwarzem Grunde experimentierte. (Beide Verfasser bedienten sich der Methode der richtigen und falschen Fälle.) Die gleiche Ansicht finden wir auch noch in ZIEHENS *Physiol. Psychologie* ausgesprochen. Daß diese Meinung, die sich auch auf die immerhin nicht sehr zahlreichen Beobachtungen der beiden obengenannten Forscher stützte, nicht den Thatsachen entsprach, konnte WOLFE² in seinen *Untersuchungen über das Tongedächtnis* nachweisen. Seine Methode war die: „Ein Ton wurde angegeben, und nach der vorausbestimmten Zeit wurde dann entweder derselbe Ton wiederholt, oder ein anderer etwas höherer oder tieferer angegeben.“ Die Sicherheit, mit welcher dann die Versuchsperson den zweiten Ton als dem Normalton gleich oder von ihm nach oben oder unten verschieden angab, lieferte ein Maß für die Klarheit des Gedächtnisbildes und für die Treue des Gedächtnisses. WOLFE gelangte auf diesem Wege zu der Überzeugung, daß die Sicherheit des Wiedererkennens gehörter einfacher Töne bei zwei Sekunden am größten ist, von da, wenn auch nicht stetig, so mit scheinbar periodischen Schwankungen mit der Länge der verflossenen Zeit abnimmt. Außer dieser Thatsache giebt die erwähnte Arbeit noch Aufschluß über eine Reihe anderer Punkte, die speziell das Wiedererkennen von Tönen betreffen; diese können wir natürlich hier nicht alle erörtern. Fraglich bleibt es, ob gerade Töne am besten geeignet sind, als Untersuchungsobjekte zu dienen, denn einmal schieben sich auch bei reinen Tönen in der Erinnerung harmonische Töne störend ein, und außerdem sind die Versuchspersonen offenbar im stande, durch leises Mitsingen im Intervall oder mindestens durch Innervation der zugehörigen Muskelgruppen den gehörten Ton willkürlich zu fixieren.

Was W. auf dem Gebiete der Akustik statuiert hatte,

¹ S. 120.

² H. K. WOLFE, *Untersuchungen über das Tongedächtnis*. WUNDT'S *Philos. Stud.* Bd. III.

wurde für die Lichtempfindung von A. LEHMANN in zwei Arbeiten erwiesen. Da die Versuche des genannten Forschers zur Entscheidung der bestimmten Frage, ob es ein einfaches Wiedererkennen ohne Beziehung gäbe und über den Wert der Lehre der Ähnlichkeitsassoziation unternommen waren, so befaßt sich naturgemäß ein Teil der Versuche auch mit dem „Einflusse des Zeitraumes zwischen dem letzten Auftreten einer Empfindung im Bewußtsein und dem Moment, da das Wiedererkennen vor sich gehen soll.“ L. experimentierte auf dem Gebiete des Lichtsinnes und arbeitete mit grauen Scheiben, deren abgestufte Grauintensität durch variierbare Sektoren von schwarz auf weißem Grunde hergestellt wurde. Um den Einfluß der Zeit zu untersuchen, wurden Versuche folgendermaßen angestellt. Es wurde zuerst ein Normalreiz angegeben und nach bestimmter Zeit ein Vergleichsreiz, dessen Stärke in auf- und absteigenden Reihen variiert wurde, bis der Punkt gefunden war, wo die beiden Empfindungen gleich geschätzt wurden. Diese Versuche wurden mit verschiedenen Normalreizen und mit verschiedenen Zeitintervallen angestellt. In einer anderen Versuchsreihe wurde der zweite Reiz konstant gehalten, während das Urteil der Beobachter sich auf die erste Empfindung bezog. Aus diesen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle für die Zeiten 5", 15", 30", 60", 120" und in der zweiten Untersuchung für 2", 4", 6" unternommenen Versuchen resultiert der Einfluß des Intervalles in dem Sinne, daß die Bestimmtheit des Wiedererkennens mit wachsender Zeit entsprechend abnimmt. Doch ist die Zahl der Einzelversuche immerhin eine beschränkte.

Schließlich seien noch drei Arbeiten aus dem MÜNSTERBERGSchen Laboratorium erwähnt. Erstens die Arbeit von SLATOPOLSKI, an der ich selbst als Versuchsperson teilgenommen habe. SL. untersuchte an einem besonders konstruierten Apparate den Einfluß der Zeit auf die Reproduktion von Arm-muskelbewegungen und fand für die verwendeten Intervalle von 2", 5", 10", 20", 60" eine deutliche Abhängigkeit des durchschnittlichen konstanten Fehlers von der Größe des Intervalles; doch möchte ich die Möglichkeit nicht ausschließen, daß die relativ geringe Überschätzung der Normalstrecke bei 10" davon abhängt, daß die kleineren Zeiten die Ausführung der immerhin umständlichen Zwischenmanipulationen nur mit

einer gewissen Überhastung zuließen. Auf das Verhalten der mittleren Abweichung vom konstanten Fehler ist in der Besprechung nicht eingegangen.

Zweitens die Versuchsreihen DELABARRES¹ in seiner Arbeit über „*Bewegungsempfindungen*“, die auf unser Thema Bezug haben; dieselben sind zu wenig zahlreich, um entscheidende Resultate liefern zu können.

Drittens die Tabellen XVI bis XXI in MÜNSTERBERGS Arbeit über *Augenmafs*.² Dieselben zeigen, wenn auch M. selbst in der Besprechung nur den konstanten Fehler behandelt, für die Intervalle 1“, 3“, 10“ mit einer einzigen Ausnahme ein Wachsen von v. F. (variabler Fehler) und m. A. (mittlere Abweichung).

II. Eigene Untersuchungen.

A. Untersuchungen über das Augenmafs.

Was MÜNSTERBERG an der sub 3 erwähnten Stelle nur berührt hatte, sollte noch einmal Gegenstand einer Untersuchung werden.

So begann ich im W.-S. 90/91 die experimentellen Untersuchungen, deren Resultate hier folgen sollen. Dieselben wurden angestellt im psychologischen Laboratorium des Herrn Professor M. in Freiburg, dem ich an dieser Stelle für mannigfache Anregung und Anleitung, sowie freundliche Unterstützung meinen wärmsten Dank ausspreche, desgleichen Frl. Dr. v. SCHIRNHOFER und Herrn S. ALEXANDER, welche mit grofser Bereitwilligkeit die anstrengende Rolle der Versuchsperson auf sich nahmen. Das Instrument, dessen ich mich zu diesen Versuchen bediente,

¹ DELABARRE, *Bewegungsempfindungen*. S. 105 ff. „Eine Reihe von Versuchen haben wir ausgeführt, um das Intervall zu bestimmen, welches für die Reproduktion der Bewegung am günstigsten ist. Soweit unsere Versuche gehen, ist im allgemeinen ein Intervall von 4“ dasjenige, bei welchem die Reproduktion am besten gemacht worden ist; die Zahl der Versuche ist nicht ausreichend, dieses Ergebnis als allgemein gültig hinzustellen. . . . bis 29“ kein erkennbarer Einfluß.“

² H. MÜNSTERBERG, *Beiträge zur experimentellen Psychologie*. II. Freiburg i. B. 1889. S. 163.

besteht aus einer quadratischen Holzplatte von 80 cm Länge, mit schwarzem Tuch überspannt. Durch eine an der Rückseite der Platte befindliche Schraube kann ein über Rollen laufender vertikaler schwarzer Seidenfaden in senkrechter Richtung auf und ab bewegt werden. Das ganze Rollensystem wiederum inklusive vertikalem Faden kann durch eine seitlich angebrachte Kurbel horizontal bewegt werden. Der Seidenfaden trägt ein etwa 2 qmm großes Elfenbeinplättchen, welches also durch das doppelte System mit großer Schnelligkeit und ohne Störung der Versuchsperson an jede beliebige Stelle der schwarzen Tafel bewegt werden kann. Je eine auf der Rückseite der Tafel vertikal und horizontal angebrachte Millimeter-skala giebt dem Leiter des Versuches bis auf 0,5 mm genau an, um wieviel das Plättchen sich bewegt hat.¹ Fixiere ich nun an bestimmter Stelle der Tafel einen Stift, der ein zweites Elfenbeinplättchen von derselben Größe trägt, so kann ich jetzt Distanzen von beliebiger Länge und Lage herstellen. Die Versuchsperson lehnt die Stirne an einen 50 cm von dem Apparat befestigten Holztrichter mit oblongem Ausschnitt, der eine Fixation des Kopfes und eine gleichmäßige Begrenzung des Gesichtsfeldes ermöglicht. Die kürzeren Zeiten wurden markiert durch die gedämpften Schläge eines Sekundenmetronoms, die längeren durch Ablesen einer $\frac{1}{5}$ -Sekundenuhr. Die Beleuchtung gab das diffuse Tageslicht. Als Maßsmethode wurde die Methode der mittleren Fehler angewandt. WUNDT behauptet zwar gelegentlich der Besprechung der WOLFESchen und LEHMANNschen Versuche: „Selbstverständlich kann auch hier eine Maßbestimmung der Treue der Reproduktion nur dadurch geschehen, daß man einen neuen Eindruck zu Hülfe nimmt, daß man also in dem angeführten Beispiel nach einer bestimmten Zwischenzeit einen dem ursprünglichen Ton gleichen oder von ihm um einen bekannten Höhenunterschied abweichenden Ton einwirken läßt und bestimmt, mit welcher Feinheit die Abweichungen von der Gleichheit erkannt werden . . . man wird damit von selbst auf die Methode der richtigen und falschen Fälle hingewiesen.“ Dennoch glaubte ich, bei der Exaktheit, die der Apparat gestattete, unter Anwendung

¹ Da nur vertikale Distanzen untersucht wurden, kam die letztere Einrichtung nicht zur Verwendung.

einiger weiter unten zu beschreibender Kautelen und der schon von Herrn Professor M. in seinen Augenmafsversuchen angewandten Berechnung, die Methode der mittleren Fehler wählen zu dürfen, die bei einem gleich grofsen Material eine mannigfaltigere Variation der Versuche gestattete. Das einzelne Experiment nun wurde in der Weise angestellt, dafs auf ein gegebenes Zeichen die Versuchsperson, deren Kopf in der oben beschriebenen Weise der Platte gegenüber fixiert war, die Augen öffnete und 5" lang eine Punktdistanz betrachtete, um sie nach einem Intervall, welches von 1"—60" schwankte, aber während einer Reihe von Versuchen konstant blieb, wieder zu öffnen. In der Zwischenzeit war seitens des Versuchsleiters der bewegliche Punkt gegen den festen hin oder von demselben weg bewegt worden, so dafs der Betrachtung der wiedergeöffneten Augen eine um ein merkliches vergrößerte oder verkleinerte Distanz geboten wurde. Die Versuchsperson reproduzierte nun das Erinnerungsbild und gab, indem sie dasselbe auf die schwarze Fläche mit den fixen Plättchen als Ausgangspunkt projizierte, ein Urteil ab: „Gröfser“ oder „Kleiner“, und zwar mit der Bedeutung: die Normaldistanz war $>$ oder $<$ als die jetzt gegebene. Das Urteil wurde in dieser und nicht in umgekehrter Form abgegeben, damit nicht bei Beziehung desselben auf die Vergleichsstrecke das Auge veranlaßt würde, den fixierten Punkt aufzugeben.¹ Der Ausspruch des Urteils war für mich das Signal, den beweglichen Punkt in der dadurch angegebenen Richtung zu verschieben, bis nach der Meinung der Versuchsperson die ursprüngliche Entfernung vom festen wiederhergestellt war. Der auf diese Weise gemachte Fehler mit den zugehörigen Vorzeichen wurde protokolliert. Wäre aber in der beschriebenen Weise immer dieselbe Normaldistanz den Augen geboten worden, so hätte sich bald ein festes Erinnerungsbild dieser Strecke gebildet

¹ Dadurch, dafs mit dem Ausspruche des Urteils auch die vermeintliche Normaldistanz festgehalten wurde, konnte die, bei der Exaktheit des Apparates übrigens ziemlich kurze Zeit, welche verging, bis der bewegliche Punkt die gewählte Stelle erreicht hatte, vernachlässigt werden. Der Einfluß, welchen etwa die Bewegung des Punktes auf die Gröfse der reproduzierten Distanz haben konnte, wurde wohl dadurch paralysiert, dafs der Punkt in der gleichen Zahl der Fälle von der gröfseren zur kleineren Strecke als umgekehrt sich bewegte.

und die Bemühung, den Einfluß des verstrichenen Intervalles auf die Genauigkeit der Reproduktion zu messen, wäre illusorisch geworden. Daher wurde, wiewohl die Anzahl der notwendigen Versuche sich natürlich dadurch verzehnfachte, zwischen zehn verschiedenen Strecken von 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm während jeder Versuchsreihe in bunter Folge abgewechselt. Dafs der damit beabsichtigte Zweck in hohem Mafse erreicht wurde, zeigt die weiter unten zu besprechende Übungskurve. Ferner wurde, um auch hier allen Möglichkeiten gerecht zu werden, die Normaldistanz sowohl unterhalb als auch oberhalb des fixen Punktes hergestellt. Ich erhielt auf diese Weise für jede Strecke und jede Zeit zwölf Versuche, nämlich:

3 nach unten $N > V$

3 nach unten $N < V$

3 nach oben $N > V$

3 nach oben $N < V$.

Was die Verwendung dieser Methode betrifft, so ist darüber MÜNSTERBERG, *Beiträge* II. S. 154 nachzulesen.

Die Berechnung des gewonnenen Materials geschah in folgender Weise: Bedeutet N die Normalstrecke, R die reproduzierte, so nenne ich ihre Differenz $R - N = \pm f$. Diese $\pm f$ mit ihren entsprechenden Vorzeichen sind die Konstituentien der Urtabellen. Suche ich nun für ein N und t den Durchschnittswert von f , indem ich unter Berücksichtigung des Vorzeichens

$$f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_n = S$$

addiere, und durch n_1 die Anzahl der zugehörigen Versuche addiere, und rechne diesen Wert in % von N um, so giebt

$\frac{F_n}{N} 100$ den konstanten mittleren Fehler, in % von N be-

rechnet, um welchen R von N abweicht. Jetzt berechne ich die durchschnittliche Abweichung der einzelnen Fehler f von F_n . Ist $F_n - f_1 = S_1$, $F_n - f_2 = S_2$, $F_n - f_n = S_n$, so giebt

$$\frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{n}$$

die mittlere Abweichung der rohen Fehler vom konstanten Fehler; sie sei mit Δ bezeichnet. Um die $\Delta\Delta$ der ver-

schiedenen N miteinander vergleichbar zu machen, drücke ich auch Δ in % von N aus: $\frac{\Delta 100}{N} = \Delta \%$. Addiere ich nun für ein Zeitintervall, z. B. $t = 1''$, die $\Delta \%$ aller verwandten Normalstrecken $\Delta_a \% + \Delta_b \% + \Delta_c \% \dots + \Delta_m \%$, und dividiere diese Summe durch m , die Anzahl der Normalstrecken, so giebt mir die gewonnene Zahl V_{t_1} die prozentuale mittlere Abweichung der gemachten Fehler vom konstanten Fehler. Die Vergleichung von V_{t_1} , V_{t_2} etc. wird mir ein Maß für die Treue der Reproduktion geben. Bei dieser letzten Rechenoperation bin ich mir wohl bewußt, nicht völlig streng mathematisch vorgegangen zu sein, da ich nicht ohne weiteres alle variablen Fehler für die einzelnen N unter einen Hut bringen dürfte, indessen glaubte ich, auf diesem Wege am ehesten den Einfluß der verhältnismäßig geringen Versuchszahl für eine Strecke paralisieren zu können. Aufser dieser Rechnung habe ich aber, um die Resultate dieser Untersuchung an Distanzen im Gesichtsfelde mit den Ergebnissen der späteren Lokalisationsversuche vergleichbar zu machen, noch eine zweite Berechnung ausgeführt. In dieser wird von dem mit einem Vorzeichen versehenen konstanten Fehler gänzlich abgesehen. Es werden nur die mittleren Differenzen der reproduzierten von der Normaldistanz in Prozent von N ausgedrückt, und aus den erhaltenen Einzelwerten wird ein mittlerer prozentualer Fehler sämtlicher N für ein Intervall gewonnen.

Da es in meiner Absicht liegt, diese ganze Untersuchung hier nur in einer Übersicht vorzuführen, da ich beabsichtige, sie noch durch weitere Versuche unter Vermeidung einiger Fehlerquellen, die ich beobachtet zu haben glaube, zu vervollständigen, so mögen hier nur in Kürze die wesentlichen Resultate folgen. Besonders über die Bewegungen des konstanten Fehlers möchte ich mich hier noch nicht auslassen; die angeführten Tabellen enthalten daher nur die Schwankungen des variablen Fehlers, sowie die der durchschnittlichen rohen Fehler, wie oben angedeutet. Hinzufügen möchte ich noch, daß, obgleich ursprünglich mit 10 Normaldistanzen (20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 mm) experimentiert wurde, bei der Berechnung nur die Distanzen 60–200 mm Verwendung fanden, da an die Normalstrecken 20 und 40 mm ziemlich bald begriffliche Assoziationen angeknüpft wurden, so daß

Tabelle I.

ALEXANDER										V. SCHIRNHOFER								
$t =$	1"	2"	3"	5"	7"	10"	20"	40"	60"	1"	2"	3"	5"	7"	10"	20"	40"	60"
	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$	$\Delta \Delta^{\circ}/_{\circ}$
60	3,4 5,7	2,4 4	3,7 6,2	2,7 4,5	3,5 5,8	4,8 8	3,4 5,7	2,1 3,5	3,2 5,3	1,7 2,8	1,6 2,7	3,4 5,7	3,3 5,5	3,1 5,2	4,7 7,6	6,5 10,8	3,5 5,8	5
80	3,5 4,7	2,9 3,6	5,7 7,1	3,9 4,9	4 5	5,1 6,4	6 7,5	6,4 8	3 3,8	2,7 3,4	2 2,5	3 3,7	4,5 5,6	2,5 3,1	3,5 4	5,9 7,4	4,4 5,5	18,6
100	3,8 3,8	3,3 3,3	3,8 3,8	3,3 3,3	3,1 3,1	4 4	6,1 6,1	9 9	7,4 7,4	4,1 4,1	2,5 2,5	3 3	3,9 3,9	4,8 4,8	5,9 5,9	6,8 6,8	10 10	8,8
120	4,1 3,4	3,1 2,6	3,4 2,8	4,7 3,9	4,6 3,8	5,5 4,6	6,3 5,2	9 7,5	8,4 7	4,6 3,8	2,6 2,2	5,1 4,2	6,4 5,3	4,7 3,9	4 3,3	5,7 4,7	13,5 13,5	11
140	3,6 2,6	4,2 3	5,6 4	2,9 2,1	2,5 1,8	8,3 5,9	5,3 3,8	3,2 2,3	8,8 6,3	2,3 1,6	1,7 1,2	3,7 2,6	6 4,3	6,6 4,7	4,7 3,4	8,2 5,8	7,8 5,6	9,1
160	3,6 2,2	4,8 3	4,7 2,9	4,1 2,6	4,3 2,7	4 2,5	6 3,7	6,4 4	6,5 4,1	6,0 3,7	2,6 1,6	3,8 2,4	5,1 3,2	4,7 2,9	3,4 2,1	10,8 6,7	11,4 7,1	9,9
180	5,1 2,8	4,4 2,4	3,1 1,7	5 2,8	5,2 2,9	5,8 3,2	6,3 3,5	6,2 3,4	17,5 9,7	5,2 2,9	4,3 2,4	3,5 1,9	7,6 4,2	7,5 4,2	4,4 2,4	10,4 5,8	19,2 10,7	5
200	5,8 2,9	4,5 2,2	6,4 3,2	5,4 2,7	8,4 4,2	6,9 3,4	9,9 4,9	17,1 8,5	8,5 4,2	3,0 1,5	4,5 2,2	7,2 3,6	9,5 4,7	5,6 2,8	7,3 3,6	9,8 4,9	4,5 2,2	8,6
$V_t =$	3,51	3,01	3,96	3,35	3,66	4,75	5,05	5,77	5,97	3,0	2,2	3,4	4,6	4,0	4,0	6,6	7,5	8,2

Anmerkung: Die Werte von $\Delta^{\circ}/_{\circ}$ sind im Druck hervorgehoben.

Tabelle II.

ALEXANDER										V. SCHIRNHOFER									
$t =$	1"	2"	3"	5"	7"	10"	20"	40"	60"	1"	2"	3"	5"	7"	10"	20"	40"	60"	
	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	$D^{\circ}/_{\circ}$	D	
60	4,4 7,3	2,3 3,8	3,8 6,3	2,7 4,5	3,5 5,8	4,6 7,7	3,7 6,2	2,6 4,3	2,5 4,2	2,5 4,2	1,6 2,7	4,7 7,8	3,5 5,8	3,3 5,5	5,1 8,5	6,8 11,3	6,0 10	3,5 5,8	
80	3,5 4,4	3,0 3,7	5,7 7,1	3,8 4,8	4,2 5,3	5,3 6,6	7,8 9,7	6,4 8,0	3,5 4,4	2,9 3,6	4,1 5,1	3,1 3,9	4,6 5,8	2,7 3,4	3,5 4,4	8,0 10,0	5,1 6,4	14,9 18,6	
100	4,1 4,1	3,3 3,3	3,7 3,7	3,3 3,3	3,1 3,1	4,9 4,9	6,2 6,2	9	6,6 6,6	4,0 4,0	3,4 3,4	3,4 3,4	5,0 5,0	4,6 4,6	5,0 6,0	6,7 6,7	11,2 11,2	8,9 8,9	
120	4,0 3,3	3,1 2,6	3,5 2,9	4,6 3,8	4,6 3,8	6,0 5,0	6,0 5,0	8,9 7,4	9,4 7,8	5,3 4,4	2,6 2,2	5,0 4,2	6,4 5,3	5,0 4,2	4,0 3,3	5,7 4,7	16,2 13,5	13,1 11,1	
140	3,7 2,6	4,4 3,1	6,4 4,6	4,1 2,9	3,6 2,6	8,5 6,1	5,3 3,8	3,2 2,3	10,8 7,7	3,3 1,6	1,4 1,0	3,8 2,7	6,4 4,6	6,6 4,7	4,6 3,1	5,1 10,2	7,3 12,8	9,1 9,1	
160	3,7 2,3	4,8 3,0	5,5 3,4	5,0 3,1	4,7 2,9	4,6 2,9	6,0 3,7	8,9 5,5	8,0 5,0	2,8 1,7	2,9 1,8	3,8 2,4	5,1 3,2	4,8 3,0	3,5 2,2	6,7 10,7	11,1 11,1	16,5 10,3	
180	7,4 4,1	5,4 3,1	4,3 2,4	5,5 3,1	6,0 3,3	5,7 3,2	7,7 4,3	5,9 3,3	17,5 9,8	5,0 2,8	4,5 2,5	3,5 1,9	7,1 3,9	9,4 5,2	9,5 5,3	12,7 7,1	19,2 10,7	8,5 4,7	
200	5,9 2,9	4,4 2,2	7,1 3,5	6,4 3,2	8,6 4,3	6,9 3,4	9,7 4,8	17,1 8,5	8,2 4,1	3,8 1,9	7,1 3,5	7,4 3,7	10,4 5,2	7,4 3,7	13,4 6,7	9,1 18,2	5,5 11,0	18,1 9,0	
$D_n^{\circ}/_{\circ} =$	3,9	3,1	4,2	3,6	3,9	5,0	5,5	6,0	6,2	3,0	2,8	3,7	4,8	4,3	4,9	7,6	9,5	9,7	

16*

Anmerkung: Die Werte $D^{\circ}/_{\circ}$ sind im Druck hervorgehoben.

diese Distanzen und die anderen nicht mehr ohne weiteres vergleichbar waren.

Tabelle I zeigt für AL. und v. SCH. das Verhalten des variablen Fehlers bei wachsendem Zeitintervalle. In je 2 nebeneinander geordneten Vertikalreihen sind für die einzelnen $N \triangle$ und $\triangle\%$ angegeben, wie am Kopfe der Tabelle angedeutet. Den schnellsten Überblick über die Einwirkung des wachsenden Intervalls erhalte ich, wenn ich nach dem oben gegebenen Schema V_{t_1} , V_{t_2} u. s. w. berechne. Die Werte, je aus 96 Einzelversuchen gewonnen (nur für $A = 40''$ und $A = 60''$ sind weniger Versuche angestellt), zeigen, daß mit wachsendem Intervalle die Größe des variablen Fehlers zunimmt, die Treue des Gedächtnisses also für die Reproduktion einer gesehenen Raumstrecke mit der Größe der zwischen Empfindung und Reproduktion verflossenen Zeit abnimmt. Eine auffallende Übereinstimmung bekunden A. und v. SCH. in ihrer größeren Sicherheit bei $2''$ gegenüber $1''$. Auch andere Forscher, WOLFE, LEHMANN,¹ haben bei ähnlichen Untersuchungen nach der Methode der richtigen und falschen Fälle dieses Resultat erhalten und deuten es in Anlehnung an die von N. LANGE² gefundenen Gesetze von den Schwankungen der Aufmerksamkeit. Auch für die vorliegenden Versuche wäre an diese Erklärungsmöglichkeit sehr wohl zu denken; indessen meine ich, daß dieses unsicherere Wiedererkennen, resp. schlechtere Reproduzieren nach $1''$ Intervall, vielleicht auch einfach aus der Hast herzuleiten sein könnte, unter der die Versuche beim Intervall $A = 1''$ notwendig leiden müssen. Auch abgesehen von dieser bei beiden Versuchspersonen zu beobachtenden Unterbrechung der aufsteigenden Kurve der Fehlergrößen mit wachsendem Intervalle, zeigt die Kurve für AL. bei $t 5''$, für v. SCH. bei

¹ Cfr. die oben zitierten Arbeiten.

² NICOLAI LANGE, „*Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeiten*“. WUNDT'S *Philos. Stud.* IV. S. 408. Daß die Erinnerungsbilder gewisse Schwankungen zeigen, war schon früher, z. B. von FECHNER, bemerkt worden. Diese Schwankungen kann jeder leicht beobachten, wenn er die Augen zumacht und sich Mühe giebt, irgend einen Gegenstand, z. B. ein Haus, sich möglichst klar konkret vorzustellen. Das Erinnerungsbild wird auf einen Augenblick mit einer außerordentlichen Klarheit erscheinen, dann sich verdunkeln und dann wieder durch neue Bemühungen hervorgerufen werden.

³ Cfr. auch WUNDT, *Physiol. Psychol.* 4. Aufl. Bd. II. S. 460 ff.

$t7''$ und $t10''$ noch eine Schwankung. Man könnte versucht sein, dieselbe auf eine Periodizität in der Klarheit des Gedächtnisbildes zurückzuführen, doch spricht dagegen die Abweichung der beiden Reihen voneinander; andererseits ist es nicht ausgeschlossen, daß diese Schwankungen auf eine besonders gute Disposition der Versuchspersonen oder sonstige der Beobachtung entgangene unterstützende Momente am Tage der betreffenden Untersuchung zurückzuführen sind. Diese Möglichkeit müßte immerhin in Betracht gezogen werden, da bei diesen kleinen Intervallen ein großer Teil der für ein bestimmtes t ausgeführten Versuche auf einen Tag zu liegen kam. Vielleicht ist die Thatsache nicht ohne Interesse, daß bei einer Vereinigung der für AL. und v. SCH. gefundenen Werte die Remission etwa an die gleiche Stelle zu liegen kommt, an der WOLFE sie bei seinen Versuchen konstatieren konnte. Die Gesetzmäßigkeit, mit welcher das Wachsen des Fehlers vor sich geht, festzustellen, unterlasse ich, da ich nicht glaube, derselben nach den bisherigen Untersuchungen eine Allgemeingültigkeit beimessen zu dürfen.

Tabelle II ist aus den gleichen Versuchen wie Tabelle I gewonnen, nur mit dem Unterschiede, daß hier ohne Berücksichtigung des konstanten Fehlers nur die rohen Fehler mit Vernachlässigung des Vorzeichens in Rechnung gezogen sind. Bezeichnet S die Summen aller für ein t und ein N gemachten Fehler

$$S = f_1 + f_2 + f_3 \dots f_n,$$

so ist unter der Kolumne D ihr mittlerer Wert $D = \frac{S}{n}$, unter $D\%$

diese Mittelwerte in % von N umgerechnet: $D\% = \frac{D \cdot 100}{N}$.

Einen Überblick gewährt auch hier wieder die am Fufse der Tabelle ausgeführte Rechnung, die für jedes Intervall den Mittelwert von $D\%$ angiebt. Man sieht, daß auch hier, wiederum mit geringen Ausnahmen, die Gröfse des Fehlers mit wachsendem Intervalle zunimmt.¹ Da es mir hier nur darauf

¹ Auch mit einem Intervall von 2, resp. 24 Stunden wurde eine Reihe von Versuchen unternommen. Doch scheinen mir dieselben nicht genügend zahlreich. Bei diesen Zeiten kam es mehrfach vor, daß die Versuchsperson erklärte, die Distanz völlig vergessen zu haben, sodafs

ankommt, einen kurzen Überblick über die erhaltenen Resultate zu geben, so unterlasse ich es, den Gang des konstanten Fehlers zu erörtern, ferner zu berechnen, wie sich der wachsende Fehler auf die einzelnen Strecken bezüglich ihrer relativen Größe verhält, ob die Distanzen unterhalb des festen Punktes dieselben Resultate bei der Reproduktion geben, wie die oberhalb desselben, welche Abweichungen voneinander die beiden Versuchspersonen aufweisen und andere Daten mehr. Ich gehe gleich zu den Variationen in der Versuchsanordnung über.

Zunächst wurde untersucht, welchen Einfluß es auf die Treue der Reproduktion hätte, wenn die Versuchspersonen, denen bei den bisherigen Versuchen gestattet war, nach Belieben die Normaldistanz mit Augenbewegungen zu durchmessen, gehalten würden, dieselbe nur im indirekten Sehen zu betrachten. Dies wurde dadurch erreicht, daß den Versuchspersonen aufgegeben war, so lange die Normalstrecke im Gesichtsfelde sichtbar blieb, nur den Endpunkt derselben zu fixieren, dessen Lage so gewählt war, daß er dem Fixationspunkte in der horizontalen Primarstellung beider Augen entsprach. Untersucht wurden die Intervalle $t = 3'', 5'', 7'', 10''$. Zusammen 368 Versuche.

Tabelle III und IV, gewonnen wie I und II, geben die Resultate. Es ergibt sich, daß beim Fixieren die Genauigkeit der Erinnerung von vorn herein geringer ist (bei $3''$ „fixiert“ etwa so groß, wie bei $10''$ bis $20''$ freier Betrachtung) und, wenn auch nicht sehr erheblich, mit der Größe des Intervalls zunimmt. Diese Thatsache giebt einen Hinweis auf die Wichtigkeit der ausgeführten Augenmuskelbewegungen für die Treue der Reproduktion. Wir haben bei der ersten Reihe (Tab. I und II) eine Succession von Empfindungen mit verschiedenen räumlichen Lagewerten und begleitenden Bewegungsvorstellungen, deren Winkelgröße dieselbe ist, dazu eine Bewegungsempfindung. Bei der zweiten Reihe (Tab. III und IV) haben wir nur eine Empfindung, aber von längerer Dauer.

Eine weitere Variation der Versuchsanordnung lieferten die Tabelle V und VI. Alle diese Versuche wurden beim Intervall

dann die reproduzierte Strecke um das Doppelte, ja Dreifache des absoluten Wertes von der Normalstrecke abwich. Aber selbst, wenn diese Versuche ausgeschieden werden, ist noch immer ein Anwachsen des Fehlers gegenüber dem von $60''$ deutlich erkennbar.

Tabelle III.
Die Normalstrecke während der Expositionszeit „fixiert“.

ALEXANDER.					V. SCHIRNHOFER.			
$t =$	3" $\Delta \Delta^0/0$	5" $\Delta \Delta^0/0$	7" $\Delta \Delta^0/0$	10" $\Delta \Delta^0/0$	3" $\Delta \Delta^0/0$	5" $\Delta \Delta^0/0$	7" $\Delta \Delta^0/0$	10" $\Delta \Delta^0/0$
60 mm	2,9 4,8	4,6 7,7	3,2 5,3	6,2 10,3	3,7 6,2	3,2 5,3	3 5	4,1 6,8
80 „	4,2 5,2	4,3 5,4	5,2 6,5	5,6 7	5,8 7,2	3,6 4,5	4,8 6	3,5 4,4
100 „	5,4 5,4	5,2 5,2	5,2 5,2	7,1 7,1	4,7 4,7	6,1 6,1	6,9 6,9	6,7 6,7
120 „	6,6 5,5	5,3 4,4	7,7 6,4	3,2 2,7	5 9,8	5,8 4,8	7 5,8	6,8 5,7
140 „	6,6 4,7	6,9 4,9	7,2 5,1	7,1 5,1	7,4 5,3	9 6,4	8,2 5,9	7,5 5,4
160 „	8 5	7,4 4,6	4,8 3	0,7 6,1	9,8 6,1	8,2 5,1	10,8 6,7	7,1 4,4
180 „	7,1 3,9	9,5 5,3	10,6 5,9	7,6 4,2	11,7 3,7	9,2 5,1	11,7 6,5	11,6 6,4
200 „	8,8 4,4	12,1 6	9,9 4,8	7,2 3,6	11,7 5,8	17,3 8,6	18,8 9,4	17,9 8,9
$V_t =$	4,9	5,4	5,3	5,8	5,8	5,7	6,8	6,1

Tabelle IV.
Fixieren in der Expositionszeit.

ALEXANDER.					V. SCHIRNHOFER.			
$t =$	3" $D D^0/0$	5" $D D^0/0$	7" $D D^0/0$	10" $D D^0/0$	3" $D D^0/0$	5" $D D^0/0$	7" $D D^0/0$	10" $D D^0/0$
60 mm	2,6 4,8	5,9 9,8	6,4 10,7	6,5 10,8	3,7 6,2	5,0 8,3	4,6 7,7	5,0 8,3
80 „	5,0 6,2	6,2 7,7	5,7 7,1	7,9 9,9	5,8 7,2	4,9 6,1	5,5 6,9	5,1 6,4
100 „	5,8 5,8	7,1 7,1	7,5 7,5	7,9 7,9	7,2 7,2	9,1 9,1	8,1 8,1	7,1 7,1
120 „	7,5 6,2	8,5 7,1	7,5 6,2	7,4 6,2	5,8 4,8	7,4 6,2	10,9 9,1	6,7 5,6
140 „	6,9 5,7	6,6 4,7	7,0 5,0	7,2 5,1	8,3 5,9	9,1 8,8	0,9 6,4	9,2 6,6
160 „	11,2 7,0	7,4 4,6	5,0 3,1	9,8 6,1	9,8 6,1	8,8 5,5	10,4 6,5	7,1 4,4
180 „	7,4 4,1	9,4 5,2	10,4 5,9	9,1 5,1	12,9 7,2	11,2 6,2	12,2 6,8	11,5 6,4
200 „	9,2 4,6	12,3 6,1	9,9 4,9	9,3 4,6	11,8 5,9	17,3 8,6	20,4 10,2	18,0 9,0
$D_n^0/0 =$	5,5	6,5	6,3	7,0	6,3	7,1	7,7	6,7

$t = 10''$ ausgeführt; die Ausfüllung dieser Zeit variierte. In der ersten Reihe war den Versuchspersonen aufgegeben, nicht, wie bisher, die Augen zu schliessen, sondern die schwarze Tafel zu betrachten, auf der durch sprungweise Bewegung des beweglichen weissen Punktes immer neue Strecken entstanden. In einer zweiten Reihe wurden Bilder (Photographien) in den Grund des Sehtrichters geschoben, die von den Versuchs-

personen betrachtet wurden. In einer dritten Reihe wurde das Intervall durch Kopfrechnen (Multiplizieren) ausgefüllt. Die bezüglichen Tabellen zeigen, daß in allen drei Fällen der Fehler merklich zugenommen hat.

Tabelle V.

ALEXANDER.					V. SCHIRNHOFER.			
$t =$	10" Unaus- gefülltes Intervall aus Tabelle I $\Delta \Delta^0\%$	10" Strecken im Intervall $\Delta \Delta^0\%$	10" Bilder im Intervall $\Delta \Delta^0\%$	10" Rechnen im Intervall $\Delta \Delta^0\%$	10" Unaus- gefülltes Intervall aus Tabelle I $\Delta \Delta^0\%$	10" Strecken im Intervall $\Delta \Delta^0\%$	10" Bilder im Intervall $\Delta \Delta^0\%$	10" Rechnen im Intervall $\Delta \Delta^0\%$
60 mm	4,8 8	3,6 6	3,9 6,5	14,8 24,7	4,7 7,6	4,3 7,2	6,9 11,5	13,1 21,7
80 "	5,1 6,4	7 8,8	12,1 15,1	10,1 12,6	3,5 4	2,8 3,5	7,2 9	9,3 11,6
100 "	4 4	3,8 3,8	4,4 4,4	19,7 19,7	5,9 5,9	7,6 7,6	11,1 11,1	6 6
120 "	5,5 4,6	3,6 3	10 8,3	11,6 9,7	4 3,3	4,3 3,6	6,4 5,3	10,2 8,5
140 "	8,3 5,9	8,2 5,9	16,8 12	10,9 7,8	4,7 3,4	7,3 5,2	7,8 5,6	9,5 7
160 "	4 2,5	9,7 6	15 9,4	14,5 9,1	3,4 2,1	8,6 5,4	6,2 3,9	12,4 7,8
180 "	5,8 3,2	5,9 3,3	17,5 4,2	14,3 8	4,4 2,4	9,7 5,3	17,9 9,8	3 1,7
200 "	6,9 3,4	10,5 5,2	13,3 6,2	15 7,5	7,3 3,6	16,6 8,3	15,3 7,7	12,2 6,1
$V_t =$	4,7	5,2	8,3	12,4	4,0	5,1	7,9	8,8

Tabelle VI.

ALEXANDER.					V. SCHIRNHOFER.			
$t =$	10" Unaus- gefülltes Intervall aus Tabelle II $D D^0\%$	10" Strecken im Intervall $D D^0\%$	10" Bilder im Intervall $D D^0\%$	10" Rechnen im Intervall $D D^0\%$	10" Unaus- gefülltes Intervall aus Tabelle II $D D^0\%$	10" Strecken im Intervall $D D^0\%$	10" Bilder im Intervall $D D^0\%$	10" Rechnen im Intervall $D D^0\%$
60 mm	4,6 7,7	3,9 6,5	3,9 6,5	12,8 21,3	5,1 8,5	5,7 9,5	8,6 14,3	14,9 25,0
80 "	5,3 6,6	7,0 8,7	12,6 15,6	10,4 13,0	3,5 4,4	2,9 3,6	9,6 12,0	9,3 11,6
100 "	4,9 4,9	7,5 7,5	4,6 4,6	19,7 19,7	6,0 6,0	7,7 7,7	13,1 13,1	6,3 6,3
120 "	6,0 5,0	5,4 4,5	10,5 8,7	14,7 12,2	4,0 3,3	8,0 6,7	6,7 5,6	10,2 8,5
140 "	8,5 6,1	9,5 6,8	16,8 12,0	13,0 9,3	4,6 3,1	7,6 5,4	10,3 7,4	10,5 7,5
160 "	4,6 2,9	14,2 8,9	15,2 9,5	14,6 9,1	3,5 2,2	8,8 5,5	15,7 9,8	13,4 8,4
180 "	5,7 3,2	6,2 3,4	7,5 4,4	14,3 7,9	9,5 5,3	10,3 5,9	20,1 11,1	4,2 2,3
200 "	6,9 3,4	15,5 7,8	11,2 5,6	15,6 7,8	13,4 6,7	14,6 7,3	15,7 7,8	10,5 5,3
$D_t \ \% =$	5,0	6,8	8,4	12,5	4,9	6,4	10,2	9,4

Am geringsten gilt das für die Betrachtung von Punktdistanzen im Intervall, wiewohl man a priori hätte annehmen sollen, daß gerade diese Ablenkung am ungünstigsten auf die Treue der Reproduktion einer gesehenen Distanz wirken würde. Vielleicht wird doch, mehr oder weniger bewußt, die Normalstrecke an allen neu erscheinenden gemessen; oder man muß annehmen, daß die Ausfüllung des Intervalls mit Vorstellungen und Empfindungen, welche derselben Vorstellungsreihe angehören, wie die Normalvorstellung, in geringerem Grade die Genauigkeit des Gedächtnisbildes abnehmen machen, als eine Ablenkung der Aufmerksamkeit auf ein anderes Vorstellungsgebiet.

Beim Betrachten von Bildern im Intervall von 10" wird für AL. die Unsicherheit der Reproduktion größer, als sie für 60" unausgefüllten Intervalls beobachtet wurde. Auch für v. SCH., die nach eigener Angabe außerordentlich viel Assoziationen an den Inhalt der Photographien anknüpfte, wächst der Fehler erheblich. Lautes Rechnen vergrößert für AL. den Fehler auf das Zwei- bis Dreifache des vorher für 10" berechneten. AL. rechnete sehr präzise und mit voller Anspannung seiner Aufmerksamkeit; v. SCH. empfand die doppelte Aufgabe, sich die Normaldistanz merken zu sollen und zugleich Rechnungen im Bereiche des großen 1×1 auszuführen, als so anstrengend, daß bei ihr auf einfachere Rechenaufgaben zurückgegangen werden mußte.

Eine weitere Untersuchung sollte erweisen, ob das verkürzte Beobachten der Normalstrecke einen Einfluß auf die Genauigkeit der Erinnerung ausübe. $t = 10''$. Statt wie bisher 5" lang, wurde N nur 1" lang der Betrachtung dargeboten. Wie Tabelle VII zeigt, wirkt die verkürzte Betrachtung für AL. wie eine Verlängerung des Intervalls auf 60", für v. SCH. auf etwa 15".

Der Tabelle VIII, aus 128 Einzelversuchen gewonnen, liegt folgende Versuchsanordnung zu Grunde. Statt einer Normalstrecke wurden deren zwei, N und N_1 gegeben. Zunächst wurde N 5" lang angesehen, darauf erschien N_1 ; auch dieses wurde 5" betrachtet. 10" nach seinem Verschwinden sollte N reproduziert werden und, da damit einige Sekunden vergingen, ehe dann dieselbe Aufgabe für N_1 gestellt wurde, so standen N und N_1 bezüglich der Zeit etwa unter den nämlichen Bedingungen. Diese Variation wäre wohl geeignet, bei größeren

Versuchszahlen und einiger Änderung in der Anordnung interessante Aufschlüsse zu liefern; ich will hier nur das grobe Resultat mitteilen, wie in der That durch die Aufgabe, zwei Strecken im Gedächtnis zu behalten, die Sicherheit der Reproduktion gelitten hat.

Tabelle VII.

ALEXANDER					V. SCHIRNHOFER			
$t =$	10"				10"			
	1" Expositionszeit				1" Expositionszeit			
	D	$D^{\circ}/_{o}$	Δ	$\Delta^{\circ}/_{o}$	D	$D^{\circ}/_{o}$	Δ	$\Delta^{\circ}/_{o}$
60	4,1	6,8	2,5	4,2	5,5	9,2	4,2	7
80	6,2	7,7	4,7	5,9	3,4	4,3	2,4	3
100	8,5	8,5	5	5	7,3	7,3	3,7	3,7
120	9,3	7,7	9,6	8	9,1	7,6	8,7	7,3
140	5,8	4,1	5,2	3,7	15,8	11,3	15,8	11,3
160	12,8	8,0	13	8,1	7,8	4,9	5,6	3,5
180	10,1	5,6	8,5	4,7	10,8	6,0	8,5	4,7
200	13,6	6,8	13,6	6,8	15,6	7,8	4,8	2,4
$D_t \text{ }^{\circ}/_{o} = 6,9$					$V_t \text{ }^{\circ}/_{o} = 5,8$			
					$D_t \text{ }^{\circ}/_{o} = 7,3$			
					$V_t \text{ }^{\circ}/_{o} = 5,3$			

Tabelle VIII. Reproduktion zweier Distanzen.

ALEXANDER			V. SCHIRNHOFER	
$t =$	10"		10"	
	D	$D^{\circ}/_{o}$	D	$D^{\circ}/_{o}$
60	3,8	6,3	8,7	13,5
80	4,7	5,9	3,9	4,9
100	6,1	6,1	6,5	6,5
120	9,8	8,2	8,0	6,7
140	7,0	5,0	8,3	5,9
160	11,3	7,0	10,0	6,2
180	10,5	5,8	12,8	7,1
200	10,0	5,0	10,1	5,0
$D^{\circ}/_{o} =$			6,2	
			7,0	

Übung erhöht die Genauigkeit des Erinnerungsbildes für unseren Fall, wo keine Assoziationen angeknüpft werden, nicht

merkbar, wie Tabelle IX erweist, die aus einer Reihe gewonnen ist, welche den Abschluß aller Versuche bildete.

Tabelle IX. Übungstabelle.

$t =$	ALEXANDER				V. SCHIRNHOFER			
	10"				10"			
	D	$D\%$	Δ	$\Delta\%$	D	$D\%$	Δ	$\Delta\%$
60	3,7	6,1	3,3	5,5		3,0	1,3	2,2
80	6,1	7,6	4,6	5,8		5,1	4,1	5,1
100	5,6	5,6	2,7	2,7		2,6	2,6	2,6
120	5,2	4,3	5,2	4,3		3,9	4,6	3,8
140	8,2	5,9	8	5,7		6,2	8,7	6,2
160	6,1	3,8	6,4	4		5,6	7,8	4,9
180	6,6	3,7	6,2	3,4		4,2	6,4	3,5
200	8,7	4,3	5,4	2,7		2,7	2,9	1,4
$D_t \text{ ‰} = 5,2$ $V_t \text{ ‰} = 4,3$					$D_t \text{ ‰} = 4,2$ $V_t = 4,0$			

Dafs thatsächlich ein Wiedererkennen durch Benennung in dem Sinne, dafs die Versuchsperson die Strecke als eine solche von 100 mm, 140 mm etc. reproduzierte, nicht stattfand, bewies eine kleine Reihe von Versuchen, in denen die Strecken nach ihrer absoluten Mafsgröfse hergestellt werden sollten. Die gemachten Fehler waren erheblich gröfser, als die bei kleinen Intervallen beobachteten. — Zum Schluß dieser Untersuchung lasse ich die Antworten folgen, welche die beiden Versuchspersonen auf folgende sechs Fragen abgaben.

1. Behalten Sie während des ganzen Intervalls die gegebene Strecke im Bewußtsein oder verschwindet dieselbe zeitweilig, um wieder aufzutauchen? Geht dieses Wiedererscheinen im Bewußtsein irgendwie periodisch vor sich? Ist es bei kleinen Zeiten anders, als bei relativ grofsen? Verbinden Sie mit der Anstrengung des Festhaltens des Gedächtnisbildes irgendwelche Sensationen, und welcher Art sind dieselben?

2. Assoziieren Sie die Normalstrecke mit absoluten Mafsen? Oder mit gegenständlichen Vorstellungen?

3. Worauf lenken Sie Ihre Aufmerksamkeit, wenn Sie nach längerer Zwischenzeit die Normalstrecke reproduzieren wollen?

4. Behalten Sie die Normalstrecke entsprechend den äußeren Bedingungen im Gedächtnis, also im gegebenen Falle als weiße Punkte auf schwarzem Grunde, oder stellen Sie die Distanz irgendwie anders vor?

5. Behält das Gedächtnisbild die gegebene Richtung?

6. Gewinnen Sie nach längeren Intervallen selbst die Überzeugung, daß das Gedächtnisbild an Genauigkeit abnimmt?

Antworten. Frl. v. SCHIRNHOFER:

Ad 1. Bei kurzen Intervallen halte ich die optische Erinnerungsvorstellung der gegebenen Distanz fest, bei längeren Intervallen verschwindet sie zeitweilig, um dann wieder ins Bewußtsein zu treten. Ich habe keine Periodizität im Wechsel des Verschwindens und Auftauchens der Erinnerungsvorstellung bemerkt. Das Festhalten des Erinnerungsbildes ist mit sehr deutlichen „Innervationsgefühlen“ in den Augenmuskeln verbunden, und ich glaube, wie beim wirklichen Fixieren, auch beim Festhalten des Erinnerungsbildes bei geschlossenen Augen während längerer Intervalle eine lokale Ermüdung zu verspüren.

Ad 2. Ich assoziiere die Normaldistanz nie mit absoluten Maßen, zuweilen jedoch mittlere Distanzen — und nur diese — mit einem und demselben Gegenstande, den ich mir größer oder kleiner „denke“.

Ad 3. Wenn ich nach längerer Zwischenzeit, wie nach 2, 24 Stunden, die Normaldistanz reproduzieren soll und mich nicht sogleich an das optische Bild der Punktdistanz erinnern kann, so vergegenwärtige ich mir den Moment, wo Sie „danke“ sagten und ich mit konzentrierter Aufmerksamkeit den Schließseindruck in mich aufnahm. Ich reproduziere das Umgebungsbild beim Aufstehen, sowie das, was ich damals gerade dachte, und diese Reproduktion assoziativer Momente hilft mir gewöhnlich das optische Bild der Punktdistanz ins Gedächtnis rufen.

Ad 4. Ich behalte die Normaldistanz genau den äußeren Bedingungen entsprechend, also als weiße Punkte auf schwarzer Fläche, im Gedächtnis, auch in jenen Fällen der mittleren Distanzen, wo ich zuweilen einen Gegenstand assoziiere.

Ad 5. Wie schon implicite unter 4 beantwortet.

Ad 6. Im allgemeinen ja. Zuweilen allerdings glaubte ich auch nach den längeren Intervallen die Normalstrecke genau

angeben zu können. Mehrere Male aber fühlte ich mich gerade unsicher und meinte, mich nicht einmal erinnern zu können, ob die gegebene Distanz zu den kleinen oder den größten gehöre, was bei den kleinsten Zeitintervallen niemals stattgefunden hat.

Herr ALEXANDER:

1. Bei kleineren Intervallen (1"—10") behalte ich bei gehöriger Aufmerksamkeit die gegebene Strecke während des ganzen Intervalls im Bewußtsein. Bei größeren Intervallen (40", 60" und auch 20") verschwindet das Bild von Zeit zu Zeit. Das ist aber nicht immer der Fall; doch habe ich namentlich bei 60" sehr oft wahrgenommen, daß die Strecke ganz anderen Vorstellungen und Gedanken Platz gegeben hat, um wieder aufzutauchen. Ob dieses Auftauchen periodisch wäre, wüßte ich nicht anzugeben. Im ganzen habe ich die willkürliche Disposition zur Schläfrigkeit oder zum träumerischen Versenktsein (die Augen leise, obwohl fest geschlossen, sonstige Vorstellungen entfernt) günstig gefunden zum Festhalten des Gedächtnisbildes. Auch energisches Zusammenschließen der beiden Hände. Die Empfindungen, welche mit Festhalten des Bildes verbunden werden, sind Anstrengung der Augen- und Kopfmuskeln, und im allgemeinen Spannungen der Aufmerksamkeit.

2. Die Strecken werden nicht mit absoluten Maßen oder Gegenständen verbunden. Aber bei kleineren Strecken (20 bis 80 mm) hat infolge früherer Versuche ein Wiedererkennen manchmal stattgefunden. Und besonders bei 20 mm war ich im stande, selbst wenn die Aufmerksamkeit nachgelassen hatte und die gegebene Strecke verschwunden war, durch die alte Erfahrung die Strecke wiederzugeben. Das eingeprägte Bild ist aber nicht konstant geblieben, denn die neu gegebene Strecke stimmte manchmal nicht genau mit meiner Erinnerung.

3. Wenn ich nach längerer Zeit, 2—24 Stunden, die Strecke zurückrufen will, richte ich den Willen ganz auf diese Aufgabe, mit Fernhaltung aller anderen Gegenstände, d. h. ich frage mich: „Wie war denn die Strecke?“ und stelle mir die Tafel vor. Wenn das Bild nicht sogleich auftaucht, dann frage ich mich wieder, ob die Strecke klein oder groß war. Manchmal dient zum Anhaltspunkt die Benennung der Strecke, welche ich zur Zeit des Fixierens derselben beiläufig gemacht

hatte, ob sie viel gröfser als 60 mm, oder etwa in der Nähe war.

4. Die Strecke wird im Gedächtnis auf der schwarzen Tafel vorgestellt, aber mit weniger Mühe kann ich vom Apparate abstrahieren und die Strecke auf jede andere Grundlage projizieren. Ich reproduziere die weissen Plättchen sehr undeutlich, meist als dunkle Punkte, welche aber gelegentlich weisser werden. Wenn die Augen wieder geöffnet werden, projiziere ich auf der Tafel nicht einen weissen Punkt, sondern ich sehe einen Punkt oder eine kleine Fläche in etwas anderer Schwarznance.

5. In derselben Richtung.

6. Gewifs nimmt das Bild nach sehr grofsen Intervallen etwas an Genauigkeit ab, aber bei den zweistündigen Intervallen ist das Bild nicht deutlicher, als nach 24 Stunden.

B) Untersuchungen über das Gedächtnis für die Lokalisation von Hautempfindungen.

Da ich die Absicht hatte, die Frage des Gedächtnisses für einfache Empfindungen noch weiterhin experimentell zu prüfen, so unternahm ich es auf Anregung des Herrn Professor TH ZIEHEN, auf dem Gebiete des Tastsinnes eine Untersuchung anzustellen. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Professor ZIEHEN für die vielfache Anregung, die er mir gegeben, sowie für die auferordentliche Unterstützung, die er mir bei Anfertigung der Arbeit hat zu teil werden lassen, meinen ergebensten Dank auszusprechen. Der genannte Herr hatte nämlich bereits 1886 im *Neurol. Centralbl.* in einer kurzen Abhandlung: „Über eine frühe Störung der Sensibilität bei Dementia paralytica“ eine Reihe von Beobachtungen veröffentlicht, die dazu auffordern mußten, in ausführlicher experimenteller Untersuchung begründet und vervollständigt zu werden.

„Bei der progressiven Paralyse der Irren fand ich“, schreibt Herr Professor ZIEHEN, „dafs ein Nadelstich zwar momentan richtig lokalisiert wurde, dagegen auffallend erhebliche Lokalisationsfehler sich einstellten, wenn zwischen Stich und Lokalisation eine Pause von 15“ oder mehr lag. Ein Vergleich

mit Gesunden ergab, daß hier solche Pausen den Lokalisationsfehler nur unerheblich steigerten. Bei sogenannten einfachen Seelenstörungen stieg gleichfalls im allgemeinen der Lokalisationsfehler nach selbst 30" Pause höchstens um die Hälfte des Fehlers bei momentaner Lokalisation." In zwei Fällen fand Z. ungleiches Verhalten des Sensibilitätsgedächtnisses der beiden Seiten nach 30"

R. Fehlerzuwachs 50%,

L. 100% und mehr der momentanen Lokalisation.

Z. glaubte, in diesen Beobachtungen ein Merkmal von relativer diagnostischer Bedeutung für die Erkennung der progressiven Paralyse in ihren Anfangsstadien, wo ausgeprägte Symptome noch fehlen, gefunden zu haben.

Meine Aufgabe war es nun, in einer größeren Reihe von Einzelversuchen erstens diese Thatsachen auf ihren diagnostischen Wert zu prüfen, ihr Verhalten bei anderen Geisteskranken zu untersuchen und endlich exakter, als in den wenigen ZIEHENSchen Versuchen hatte geschehen können, die Einwirkung der zwischen Tastreiz und Reproduktion gelegenen Zeit auf die Treue des Sensibilitätsgedächtnisses für einfache Tastindrücke festzustellen. Indessen ergaben sich bei der Ausführung so viel Schwierigkeiten, daß ich darauf verzichten mußte, in pathologischen Fällen die Untersuchung zum Abschluß zu bringen und mich bald darauf beschränkte, zunächst bei dem Gesunden den Einfluß längerer Intervalle zwischen Reiz und Reproduktion auf die Sicherheit des Gedächtnisses festzustellen. Bei den ZIEHENSchen Versuchen war diese Voruntersuchung insofern nicht dringlich gewesen, als die Differenz zwischen der rechten und der linken Körperhälfte ein sicheres Merkzeichen des Pathologischen gegenüber dem Normalen abgab. Sobald man hingegen den Störungen des Sensibilitätsgedächtnisses auch in anderen Fällen irgendwelche Bedeutung vindizieren will, ist eine solche Voruntersuchung unerläßlich. Denn es zeigte sich sehr bald, daß die Veränderungen des Sensibilitätsgedächtnisses bei den von mir verwendeten Geisteskrankheiten keineswegs so augenfällige Abweichungen von dem normalen Verhalten zeigen, daß wenige Kontrollversuche an geistig Gesunden genügt hätten, den Unterschied hervortreten zu lassen. Auch für die einzelnen Formen der Geisteskrankheiten waren bis auf einige weiter unten zu beschreibende

Ausnahmen die Differenzen des Sensibilitätsgedächtnisses nicht so bedeutende, daß sie, wenigstens für unsere Reihen, etwaige diagnostisch verwertbare Resultate geliefert hätten. Unter dieser Doppelbestimmung, pathologisch und physiologisch verwertbar sein zu sollen, kranken denn auch unsere ersten Reihen. Mit den letzten Bemerkungen soll nun nicht die Verwendbarkeit derartiger und speziell unserer Untersuchungsmethode für diagnostische Zwecke geleugnet werden, im Gegenteil, ich sehe in ihnen ein noch viel zu wenig benutztes Mittel, um die komplizierten klinischen Bilder der Geisteskrankheiten in die konstituierenden Elemente zu zerlegen; und ich bin der festen Überzeugung, daß gerade, was die Frage des Gedächtnisses und seiner Erkrankungen betrifft, die experimentell psychologische Forschung die meiste Aussicht hat, von Erfolg gekrönt zu sein. Nur ist zu fordern, daß für jede derartige Untersuchung zunächst bei Geistesgesunden die brauchbaren Methoden ausgebildet und verwendbare Durchschnittswerte geschaffen sein müssen, um die pathologische Abweichung mit genügender Sicherheit fixieren zu können.

Den besten Einblick in die Schwierigkeit der Untersuchung wird eine kurze Darstellung ihres Entwicklungsganges geben. Ich beginne daher mit den Versuchen, welche ich zunächst teils an Geisteskranken, teils an Rekonvaleszenten vornahm.

Diese ersten Versuche, etwa 3000 an der Zahl, wurden in folgender Weise angestellt. Die Versuchsperson sitzt mit verbundenen Augen¹ dem Versuchsleiter gegenüber; der bis über den Ellenbogen entblößte Arm liegt möglichst bequem auf dem Tische auf. Einige Versuchspersonen fanden es bequemer, den ganzen Unterarm bis zum Ellenbogen, andere nur etwa die distalen $\frac{2}{3}$ zu unterstützen, während das proximale $\frac{1}{3}$ die Tischkante frei überragt. Die Hand ist proniert, so daß die Dorsalfläche des Gliedes nach oben und etwas nach außen sieht. In der zeigenden Hand hält die Versuchsperson einen

¹ Es war den Versuchspersonen freigestellt, unter dem Tuche die Augen offen oder geschlossen zu halten. Die Mehrzahl schließt dieselben. Ich selbst konnte bei den an mir angestellten Versuchen konstatieren, daß das Offen- oder Geschlossenhalten der Augen einen merklichen Unterschied für die Konzentration der Aufmerksamkeit nicht macht. Vielleicht ist es bei offenen Augen leichter, die reichlich fließenden Zwischengedanken zu hemmen.

Bleistift mit stumpfer Spitze. Die Ablesung der Zeit geschieht an dem Sekundenzeiger einer Taschenuhr. Bei genügender Aufmerksamkeit des Experimentierenden ermöglicht eine solche Ablesung eine ausreichende Genauigkeit für die gleichmäßige Fixierung der Intervalle von 20", 30" und 120". Der Reiz selbst sollte von gut wahrnehmbarer Stärke und so ausgeführt sein, daß möglichst wenig Nebenempfindungen, besonders keine schmerzhaften, unterliefen. Zu diesem Zwecke wurde der Kopf einer Stecknadel mittlerer Größe, die an einem Griff befestigt war, leicht auf die Haut aufgesetzt; zur Kennzeichnung der berührten Stelle diente Tinte oder bunte Farbe. Was die Stärke der Berührung betrifft, so gelingt es nach einiger Übung ziemlich gut, mit annähernd konstant großem Drucke die jedesmalige Berührung erfolgen zu lassen. Außerdem ist von seiten mehrerer Forscher, z. B. LEUBUSCHER,¹ konstatiert worden, daß die Stärke des Reizes, wenn sie ein excessives Maß nach oben oder unten nicht erreicht, von kaum merkbarem Einflusse auf die Genauigkeit der Lokalisation ist. Wir glaubten infolgedessen von der Benutzung eines Barästhesiometers² absehen zu dürfen, welches die ohnehin schon sehr zahlreichen Manipulationen des Versuchsleiters, wohl nicht zu Gunsten einer größeren Exaktheit, noch vermehrt hätte. Die Versuchspersonen ihrerseits gaben ebenfalls an, daß die Berührung in allen Fällen eine annähernd gleichmäßige gewesen sei. War eine oder die andere Berührung erheblich leiser oder stärker ausgefallen, so wurde dies neben dem Versuche protokolliert, damit derselbe bei Berechnung der reinen Resultate (s. u.) nicht mit verwendet würde.

Wie ich leider erst jetzt bei den an mir angestellten Versuchen konstatieren konnte, hat die geschilderte Methode den Nachteil, daß die größere oder geringere Flüssigkeitsmenge, welche die tintenfeuchte Nadelkuppe auf der Haut zurückließ,

¹ G. LEUBUSCHER, Zur Lokalisation der Tastempfindung. *Centralbl. f. klin. Med.* Jahrg. VII. No. 8.

² Auch abgesehen von der Umständlichkeit der Handhabung, ist das B. nicht frei von Fehlern. Es ist offenbar mehr nötig, als die Konstatierung des am Schlusse erreichten Druckes, indem es einen wesentlichen Unterschied macht, ob diese Höhe des Druckes schnell oder langsam erreicht wird. Ein geeignetes Instrument, das allen Anforderungen entspräche, fehlt zur Zeit noch.

öfters ein sehr merkbare Kältegefühl durch Verdunstung hervorrief, eine Fehlerquelle, die bei den Versuchen mit kürzerem Intervalle offenbar nicht ohne störenden Einfluß geblieben ist.

Was endlich einen für unsere Untersuchungen geeigneten Ort auf der Körperoberfläche betrifft, so mußte derselbe mehreren Anforderungen entsprechen. 1. Er muß so gewählt sein,¹ daß möglichst wenig spezielle, sekundär angeknüpfte Assoziationen über den Reizort die Indifferenz der einzelnen Berührungen stören. Daher ist z. B. Hand oder Finger ungeeignet, weil dann leicht statt des einfachen Berührungserinnerungsbildes andere bestimmende Assoziationen, wie Endphalange des dritten Fingers, Nähe des Daumens u. a. m., die Fixation der berührten Stelle im Gedächtnis übernehmen; auf diese Weise würden wir nichts über unser spezielles Thema erfahren. 2. Der Ort muß so gewählt sein, daß in einer größeren Flächenausdehnung, welche eine genügende Variation der Berührungsstellen gestattet, die Lokalisationsfähigkeit an allen Punkten eine etwa gleichmäßige ist. Denn wenn an einem Ende der verwendeten Fläche der mittlere Lokalisationsfehler etwa 2 cm, am anderen 0,5 cm beträgt, so wären die einzelnen Versuche schlecht miteinander vergleichbar. 3. Muß der Ort so gewählt sein, daß das Lokalisieren unter möglichst geringer Muskelanstrengung geschehen kann und eine wenig ermüdende Körperhaltung erlaubt. 4. Muß der Lokalisationsfehler eine gewisse Größe haben, damit die unvermeidlichen Meßfehler (s. u.) nicht allzusehr ins Gewicht fallen.

Allen diesen Bedingungen schien das Dorsum des Unterarmes am meisten zu entsprechen. Die Gegend der beiden Gelenke, bis etwa 5 cm distal vom Handgelenk, wurde von den Versuchen ausgeschlossen. Daß diese Fläche noch zu groß war, um die sub 1 und 2 genannten Ansprüche völlig zu erfüllen, stellte sich erst später heraus. Über die geeignete Abhülle und die weiteren Abänderungen der Versuchsanordnung siehe unten (Versuche mit Stramminnetz). Die Messung geschah anfangs mit einem in Millimeter geteilten Bandmaße, um der Flächenkrümmung des Gliedes gerecht zu werden; später, da

¹ Cfr. ZIEHEN, a. a. O.: „Praktisch bedeutsam ist es, daß man zur Untersuchung nicht sehr differenzierte Hautflächen wählt, um zu vermeiden, daß der Kranke rein begrifflich den Ort des Stiches sich merkt.“

sich der in der Messung gemachte Fehler¹ als minimal erwies, mit einem starren Millimetermaßstabe. — Die Versuche wurden in Reihen von 12 registriert. Während einer Reihe blieb das Intervall zwischen Berührung und Reproduktion konstant. Zwischen zwei Versuchen einer Reihe verging stets annähernd die gleiche Zeit von 20"—30". Sobald die Versuchsperson Müdigkeit zeigte oder erklärte, wurde die Reihe abgebrochen und eine größere Pause von mehreren Minuten gemacht. Vor jeder neuen Reihe wurde eine Anzahl Versuche gemacht, um die Versuchsperson nach der Pause wieder an ihre Thätigkeit zu gewöhnen. Um die äußeren Versuchsbedingungen gleichmäßig zu gestalten, wurden fast stets die Nachmittagsstunden von 2—4 Uhr benutzt.

Ein einzelner Versuch hat folgenden Verlauf:

Auf der in der oben angegebenen Weise abgegrenzten Dorsalfläche des Unterarmes wird ein Punkt leicht mit dem Nadelkopfe berührt. Die Versuchsperson ist angewiesen, mit möglicher Anspannung der Aufmerksamkeit² die berührte Stelle im Gedächtnis zu fixieren. Nach Verlauf des bestimmten Intervalles ergeht das Kommando „Jetzt“ oder „Wo?“, die Versuchsperson bezeichnet mit der Bleistiftspitze den nach ihrer Meinung berührten Punkt; der dabei gemachte Fehler, d. h. die Entfernung des berührten von dem gedeuteten Punkte, wird gemessen und als „roher Fehler“ des einzelnen Versuches notiert. Da nun die Versuchsperson die erst angegebene Lokalisation ein- oder mehrmals korrigierte, bis sie den nach ihrer Meinung gereizten Punkt gefunden hatte, so lagen für die Messung des Lokalisationsfehlers, wie leicht ersichtlich, zwei Möglichkeiten vor, je nachdem ich als Fehler den Abstand des erst gedeuteten von dem Normalpunkte oder den Abstand des definitiv festgehaltenen von dem Normalpunkte registriere. Offenbar erhalte

¹ Der Meßfehler beträgt, wie Herr Prof. ZIEHEN bei anderer Gelegenheit einmal festgestellt hat, etwa 0,5 mm nach beiden Seiten.

² Wenn A. LEHMANN, gestützt auf die Aussagen seiner Versuchspersonen, zu der Meinung kommt, daß die Anspannung der Aufmerksamkeit für das Wiedererkennen keinen Wert habe, im Gegenteil dazu führe, daß das Wiedererkennen desto unsicherer wird, so kann ich ihm nur insoweit beipflichten, als ich meine, daß das Gefühl der Aufmerksamkeit in dieser Hinsicht täuscht und daß die sogenannte Anspannung der Aufmerksamkeit oft geradezu das Auftreten von störenden Zwischenvorstellungen fördert.

ich in jedem der beiden Fälle ein Maß für einen anderen psychischen Vorgang. Nehmen wir an, daß zu jedem Tastreiz an bestimmter Stelle der Körperoberfläche eine bestimmte Bewegungsvorstellung hinzuassoziiert wird, so wird mir die erste Methode ein Maß dafür geben, inwieweit die von dem irgendwie veränderten Gedächtnisbilde des Normalreizes nach einem verflossenen Intervall hinzuassoziierte Bewegung von der ersten Bewegungsvorstellung abweicht. Im zweiten Falle vergleicht die Versuchsperson einen zweiten von ihr selbst hervorgebrachten Tastreiz mit dem Erinnerungsbilde des Normalreizes und lokalisiert nun auf Grund dieses Vergleiches zum zweiten Male. Bei dieser zweiten Lokalisation schiebt sich ein ziemlich komplizierter psychischer Prozeß ein, dessen Analyse sich nur zusammen mit einer Erörterung des so außerordentlich schwierigen und viel umfachten Urteils über Gleichheit und Ungleichheit geben ließe. Dafür bietet diese experimentelle Untersuchung nicht Raum genug. Beide Fragestellungen haben ihre Berechtigung und damit beide Methoden. Wir haben teils nur die letztere, teils beide in Berücksichtigung gezogen. Wie weiter unten gezeigt werden wird, ist praktisch die resultierende Differenz beider Methoden eine außerordentlich geringe.

Es bleibt noch übrig, über die rechnerische Verwertung der gewonnenen Zahlen einige Worte zu sagen. Sie wurde nach der von FECHNER¹ für die Methode der mittleren Fehler angegebenen Berechnung angestellt. Bezeichne ich den einzelnen Fehler für das Zeitintervall t mit $f_1, f_2, f_3 \dots f_n$ und sei n die Anzahl der Versuche, so ist

$$F_t = \frac{f_1 + f_2 + f_n}{n},$$

gleich dem arithmetischen Mittel des gemachten Fehlers.

Bezeichnet dann $A_0 = F_t - f_0$ die Abweichung eines einzelnen Fehlers vom durchschnittlichen Fehler und

$$S = A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \dots A_n^2$$

die Summe der Quadrate der mittleren Abweichungen, so ergibt

$$A_t = \pm \sqrt{\frac{S}{n-1}}$$

¹ FECHNER, *Elemente der Psychophysik*, II.

den mittleren Fehler einer einzelnen Beobachtung,

$$A_i = \pm \sqrt{\frac{S}{n(n-1)}}$$

den mittleren Fehler von F_i . Die eingehende theoretische Rechtfertigung dieser Berechnungsweise wird an anderer Stelle erfolgen.

F_i giebt also die Distanz an, um welche bei einem bestimmten Zeitintervalle fehllokalisiert wird. Wären wir sicher, daß die Richtung des Fehlers gar nicht in Betracht käme, d. h. daß annähernd ebenso oft und annähernd um die gleichen Größen distal oder proximal (sowie radial und ulnar) fehlgedeutet würde, so enthielte F_i thatsächlich nur den einen Faktor, es gäbe rein die mittlere Fehllokalisation an. Eine Betrachtung der Versuche über Augenmaßsgedächtnis aber, mit ihrem konstanten Fehler, der bei wachsendem t seine Richtung nicht stets im gleichen Sinne beibehält, sowie die Berücksichtigung der von mir gefundenen und später näher zu erörternden Thatsache, daß schon bei t^0 und ebenso auch bei beliebigen Zeitintervallen die Tendenz zu distaler Fehllokalisation offenbar größer ist, als zu proximaler, lassen die Überlegung berechtigt erscheinen, ob nicht F_i noch durch ein anderes Element, nämlich das der Richtung, beeinflusst werde.

$F_{i,120}$ könnte vielleicht, verglichen mit $F_{i,0}$, ein unrichtiges Maß für die Treue des Lokalisationsgedächtnisses abgeben. Denn es wäre doch denkbar und nicht ohne weiteres auszuschließen, daß mit wachsendem t die Tendenz zu distaler Lokalisation z. B. abnähme, thatsächlich also der gemachte Fehler eine unkontrollierbare Veränderung seiner Größe erführe. Bis zu gewissem Grade würde ja die Verkleinerung der distalen Fehllokalisation durch die Vergrößerung der proximalen ausgeglichen werden, indem eine Verschiebung der Fehlerlage eintrete, aber nicht notwendig in äquivalenter Weise. Es wird also, um diesen eventuellen Faktor bezüglich der Größe seiner Einwirkung zu bestimmen, notwendig sein, einmal nur die distalen Fehler, sowohl bei t^0 , als bei $t^{20''}$ und $t^{120''}$ zu bestimmen, ob hier das Anwachsen der Fehlergröße ein von dem aus allen Fehllokalisationen, distalen und proximalen, berechneten wesentlich abweichendes ist.

Ich lasse nun die erhaltenen Resultate folgen, indem ich sie in Anlehnung an die zugehörigen Tabellen bespreche.

Tabelle I,

gewonnen aus 1440 Versuchen, jeder einzelne Wert aus 60 Versuchen.
Die Zahlen geben die Gröfse von F^t an.

	t^0	$t^{20''}$	$t^{30''}$	$t^{120''}$
Hie I	2,7	4,6	4,8	4,6
Hie II ¹	3,6	4,0	4,6	4,0
Hü.....	1,9	2,2	2,6	3,1
Gü.....	1,1	2,2	2,9	3,8
Po.....	1,9	2,9	2,2	3,8
Pi.....	2,8	2,9	2,7	3,3 ²

¹ Mit Hie I und Hie II werden zwei einander in der Zeit folgende Untersuchungsreihen an derselben Versuchsperson Hie bezeichnet.

² Kurze Bemerkungen über die Versuchspersonen. 1. Pi ist Dr. med. Pinkus, geistig normal, der die grofse Freundlichkeit hatte, sich mir für diese Versuchsreihe zur Verfügung zu stellen. Ich erlaube mir, ihm an dieser Stelle meinen herzlichen Dank für seine Bemühung auszusprechen.

Die anderen 4 Versuchspersonen sind Patienten aus der psychiatrischen Klinik zu Jena. Herrn Prof. BINSWANGER, dem Direktor der genannten Anstalt, sage ich für die mir gütigst gewährte Erlaubnis, Material und Räumlichkeiten der Klinik benützen zu dürfen, meinen ergebenen Dank. Zur Charakterisierung der vier Versuchspersonen Hie, Hü, Gü, Po diene ein kurzer Auszug aus den betreffenden Krankengeschichten.

1. Gü: Kaufmann, 41 Jahre alt, Aufgen. d. 4. V. 1893. Diagnose: Dementia paralytica. Geringe erbl. Belastung. Lernte rechtzeitig laufen und sprechen. Lernen fiel leicht. Seit 1886 verheiratet. 2 Kinder †, 2 leben. — Aus dem Stat. praes. 4. V. 93: Pupill. etwas weit, l. mehr, Lichtreakt. l. erlosch., r. direkt u. synerg. eben erhältl., nicht ganz prompt, wenig ausgiebig. Facialisinnervation symmetr., nur beim Sprechen und Lachen Zurückbleiben der r. Nasolabialfalte. Zunge atakt. schwankend, nach r. abweich. vorgestreckt. Händedruck r. 110, 109, l. 83, 80. Kein Tremor manuum. Keine Ataxie. Gang normal, kein Romberg. Anconaeus Sehn.-Phänom. l. etwas gesteigert. Knie-Achill.-Sehn. Phänom. gesteigert. Plantarrefl. im Tensor fasciae und Vast. lateral. gesteig. Kremasterrefl. normal. Grobe motor. Kraft d. Beine normal. I. M. E. etw. gesteig. (Querwulst.) Berührungsempfindlichkeit intakt. Lokalisationsfehler mittelgrofs. Schmerzempfindlichkeit stark herabgesetzt. Nirgends erhebliche Druckempfindlichkeit. Geldstücke meist richtig erkannt. Sprachinnervation: öfters

Aus dieser Tabelle ergibt sich also sicher die eine Tatsache, daß nach dem Verlaufe von 20" schlechter lokalisiert wird, als beim sofortigen Bestimmen der gereizten Stelle. Ferner, daß, im ganzen genommen, mit wachsendem Intervall die Größe des gemachten Fehlers zunimmt. Wenn in zwei Fällen, bei Po und Pi nach 30" besser lokalisiert wird, als nach 20", so glauben wir nicht, dies auf ein vielleicht periodisches Abnehmen der Treue der Reproduktion beziehen zu dürfen, ebensowenig, wie wir die Tatsache, daß für Hie in beiden

Hesitationen und Konsonantenversetzungen. Intellekt nicht erheblich vermindert.

10. V. Renommiert, er habe 2000 Schinken bestellt.

20. V. Behauptet immer, Schläge im Rücken zu spüren.

4. VI. Heftige Angstanfälle.

8. VI. Weinerlich: „Der Magen ist so leer.“

20. VI. Ruhe und Angst wechseln ganz unregelmäßig.

15. VII. Angst neuerdings seltener und schwächer.

29. VII. 2 typ. epilept. Anfälle.

Diente als Versuchsperson vom 16. VI. bis 26. VII.

2. Hü: Früherer Hoteldirektor, 33 J. alt. Aufgen. am 2. VI. 1893.

Diagnose: Lues cerebri.

Erblichkeit nichts bekannt; lernte sehr leicht. In Palermo d. 23. V. 92. Erster Schlaganfall: konnte plötzlich nicht mehr sprechen. Nach einigen Tagen konnte er wieder etwas sprechen. Sprache blieb langsam. Am 25. VI. 93 zweiter Schlaganfall: Plötzlich eintretende Steifheit im r. Bein und r. Arm. Auch das Gesicht war schief. Zunge streckte er „krumm“ heraus. — Im r. Arm und Bein fühlte er auch nicht viel. Das Gedächtnis nahm seit dem ersten Schlaganfall ab. Seit dem zweiten Anfall krankhafte Furchtsamkeit.

Aus dem Status:

Pup. etw eng, gleich, spurweise eingezogen. Reaktion prompt, ausgiebig. Sek. Einstellung des l. Auges sehr mangelhaft. L. Nasolabialfalte seichter, l. Mundwinkel tiefer stehend. — Kein Tremor manuum. Keine Ataxie. Händedruck r. 75, l. 76: r. 85, l. 81 (part. Linkshänder). Kniephänom. und Achill.-Sehn. Phän. gesteigert. Kein Fußklonus. Anconaeus-Sehnen-Phän. etw. gesteigert. Schmerzempfindlichkeit erhalten. Berührungsempfindlichkeit intakt. Lokalisationsfehler mittelgroß. Kein Romberg. Gang normal; Sprachartikul. verlangsamt, leichte Hesität.

Aus d. psych. Stat.: Giebt die Personalien richtig an. $7 \times 18?$ 136, nein 125. Kaiser? Wilhelm II, glaube ich.

Einzelheiten über Straßen in Rom giebt Pat. mit gutem Gedächtnis an.

15. VI. Schreibt sehr korrekte Briefe.

26. VI. Behält sehr gut, was er in der Zeit gelesen.

Versuche vom 15. VI. — 28. VI. 1893.

Versuchsreihen der Deutfehler für 120" den Fehler für t 30" unterschreitet, aus einem solchen Grunde erklären; wir glauben vielmehr, daß wahrscheinlich die zahlreichen Fehlerquellen, die weiter unten besprochen werden, schuld daran haben, daß in unseren Zahlen der, wenn auch deutlich zunehmende Einfluß des wachsenden Intervalles nicht ungetrübt in die Erscheinung tritt. Wenn wir die immerhin anfechtbare Reihenoperation ausführen, die für die einzelnen Versuchspersonen erhaltenen Werte zu addieren, so sehen wir, daß die Zahlen

3. Po: Schulknabe, geb. 8. XI. 1882. Aufgenommen den 10. VI. 93. Diagnose: Debilität. Erblich belastet. Lernte rechtzeitig sprechen und laufen. Im 3. Jahre Hirnhautentzündung. Danach fiel eine gewisse Schwerfälligkeit auf, die sich bis jetzt noch zeigte. In der Schule lernte er schwer. — Anamnese: Seit 14 Tagen ungezogen und grob, prügelt, demoliert, macht allerhand unnütze Dinge. Im Hemd davongelaufen. Vollkommen ruhelos. Halluzinationen des Tastsinnes: „Es fallen mir immer auf die r. Hand Tropfen.“ „Im Leibe platzen lauter Seifenblasen.“ „An der Seite läuft es immer herum.“ Was er sonst erzählte, dem konnte kein Glauben beigemessen werden; am nächsten Tage wußte er nicht, was er gesagt hatte. Aus dem Stat. praes. vom 10. VI. 93: Händedruck r. 25; l. 22. Kein Tremor; keine Ataxie, Leichter Romberg. Schulterlehnung l. etwas $>$. Anconaeus-Sehn.-Phän. normal. I. M. E. gesteigert. Achilles-Knie-Sehn.-Phän. normal. Plantarreflex normal. Kremaster-Refl., Epigastr.-Refl. unbedeutend gesteigert. Keine Druckpunkte. Berührungs- und Schmerzempfindlichkeit erhalten. Lokalisationsfehler allenthalben etwas vergrößert.

Über Personen und Aufenthalt orientiert.

7×8 ? — „15“, 7×8 ? — „42“. Kaiser? — „Friedrich“. Siehst Du oder fühlst Du die Tropfen auf der Hand? „Ich fühl sie bloß.“

12. VI. Schläft, ißt ausreichend. Kennt noch niemanden mit Namen. Weiß, daß er vorgestern hierher gekommen ist.

15. VI. Im ganzen still. Keine Halluzinationen und Illusionen. Intellekt gering.

27. VI. Artig. Täglich Rechenunterricht. Vergift sehr rasch. Weiß 7×8 nicht, nachdem er es Mittag oft wiederholt hat.

15. VII. Schreibt und rechnet regelmäßig; macht sichtlich Fortschritte.

4. Hie: Geb. d. 16. VII. 1877. Aufgenommen den 27. IV. 92; 22. IX. 92; 25. III. 93.

Diagnose: Akute Erregungszustände (maniakalische); Pubertätsirresein. — Erblichkeit nichts bekannt. Aus dem Stat. vom 16.V. 93: Kein Tremor d. gespreizten Finger. Anconaeus Sehnen-Ph. etwas gesteigert. Knie-Phänom. kaum gesteigert; Achilles-S.-Ph. etw. gesteigert. Plantarrefl. gesteigert. Kremaster-Refl. nicht erhältlich. Epigastr.-Refl. l. etwas gesteigert. Berührungsempfindlichkeit intakt; Lokalisationsfehler eher

t^0	$t^{20''}$	$t^{30''}$	$t^{120''}$
14,0	18,8	19,8	22,6

eine stetig fortschreitende Reihe darstellen. Doch glauben wir selbst, daß so künstlich zusammengeschweiften Zahlen ein hoher Wert nicht beizumessen ist. Bei der geringen Anzahl der untersuchten Intervalle hat es füglich keinen Zweck, ein mathematisches Gesetz aufzusuchen, nach welchem etwa bei den einzelnen Versuchspersonen die Gröfse des Fehlers, auf die

klein. Leichte allgemeine Hyperästhesie bei Stichen und Berührungen. I. M. E. gesteigert. — Aus d. Krankengeschichte:

17. V. 93. Schlaf gut. Nahrungsaufnahme ausreichend.

19. V. Hat in der Nacht sein Hemd zerrissen. „Aus Ärger über den Wärter, der hat mir nichts Richtiges zu essen gegeben.“ Spricht viel vor sich hin.

20. V. Etwas ruhiger.

21. V. Weigert sich, zu arbeiten, auch sonst ungezogen.

23. V. Hat die ganze Nacht vor sich hin gesprochen.

24. V. Viel außer Bett gewesen, hat herumgetanzt.

25. V. Hat seinen Bettüberzug zerrissen.

27. V. Hat viel grimassiert.

28. V. Ruhig und artig.

9. VI. Zeigt jetzt ganz korrektes Verhalten. Schläft tagsüber viel.

23. VI. Klagt über Angst am ganzen Körper und Unruhe.

24. VI. Gestern abend leise vor sich hin gesprochen.

25. VI. Hat heute morgen nichts zu sich genommen, die Stimme zittert. — Stirne zwischen den Augenbrauen gerunzelt, spricht nicht, antwortet auch auf Fragen nicht.

26. VI. Nachts 0,05 Opium; trotzdem außer Bett gegangen. Grimassiert, weint, schlägt nach der Wand, als ob er halluzinierte, schimpft auf die Ärzte.

28. VI. Giebt naseweise Antworten. Will Prof. Dr. Hiepe genannt werden. Druckpunkte etwas ausgesprochener. Hat die Matratze in die Höhe gehoben und Urin auf den Strohsack gelassen.

29. VI. „Ich sehe allerhand Fratzen, wenn ich an die Decke sehe; ich habe 50 Mk. gestohlen.“

30. VI. Verschmiert die Eckenleisten.

2. VII. Grimassiert viel, spricht im Dialekt „im Kopf is keen Gehirn mehr drinne“.

3. VII. R. Pupille weiter. „Ganz gesund fühle ich mich.“ Schläft gelegentlich.

4. VII. Ruhiger; Anfall scheint abzuklingen.

7. VII. Will nachts Stimmen hören, und zwar dieselben Worte, die am Tage jemand meist in grobem Tone zu ihm gesagt hat.

16. VII. Schläft viel. Keine Druckpunkte mehr.

27. VII. Steht mehrere Stunden tagsüber auf; beschäftigt sich etwas.

wachsenden Intervalle bezogen, zunimmt. Um eine etwaige Gesetzmäßigkeit in dieser Hinsicht aufzusuchen, müßte man mehr und einander näher liegende Zeiten untersuchen. Doch war es von vornherein beim Beginne dieser Versuchsreihen nicht unsere Absicht, eine experimentelle Untersuchung in dieser Richtung vorzunehmen.

Tabelle II.

Gewonnen aus 1440 Versuchen.
Jeder einzelne Wert aus 60 Versuchen.

$t =$	0"	20"	30"	120"
Hie I	5,5	5,6	6,0	5,3
Hie II	5,5	5,2	6,3	5,5
Hie III	2,8	4,0	3,8	4,0
Hü	1,5	2,5	2,5	2,3
Gü	2,0	1,8	2,6	3,5
Po	1,8	2,6	2,8	3,6
$S =$	5,3	6,9	7,9	9,4

Tabelle II bietet die Resultate der gleichen Untersuchungen wie Tabelle I, nur daß hier die Tastreize auf dem Dorsum des rechten Unterarmes appliziert wurden, während mit dem linken gedeutet wurde. Hie I und II dürfen wir bei der Beurteilung der Ergebnisse dieser Reihen füglich vernachlässigen. Der Lokalisationsfehler für t^0 ist hier an und für sich schon so groß (dreimal größer als der durchschnittliche Lokalisationsfehler der drei anderen Versuchspersonen für das gleiche Intervall), daß alle späteren Abweichungen, die etwa auf Rechnung des verflossenen Intervalles zu beziehen sind, in dieser Zahl verschwinden müssen. Dagegen verdient eine andere auffällige Erscheinung erwähnt zu werden. Die Reihen Hie I und II, aufgenommen vom 31. V. bis 6. VI., resp. 10. VI. bis 15. VI., fallen in eine Zeit, in der nach Aussage der Krankengeschichte, die auch mit dem Verhalten Hie's während der Versuche übereinstimmt, Patient „ein korrektes Benehmen zeigte, ruhig und artig war“. Hie III, aufgenommen vom 4. VII. bis 10. VII., fällt in eine Zeit, in der eine vom 23. VI. an konstatierte und bis zum 4. VII. anhaltende Exacerbation der Psychose wieder

im Abklingen begriffen war. Während dieser III. Reihe war Patient noch viel unruhig, sprach im Intervall halblaut vor sich hin, pffte und spuckte öfters. Vergleicht man mit diesen Daten die Ergebnisse der drei an Hie aufgenommenen Reihen, so zeigt sich, daß der Fehler für I und II erheblich (für t^0 um das Doppelte) größer ist als für III. Da nun der Status vom 31. V. ausdrücklich bemerkt, „Lokalisationsfehler eher klein“ und nicht anzunehmen ist, daß ein durchschnittlicher Lokalisationsfehler von 5,5 cm am Unterarm zu dieser Bemerkung Veranlassung gegeben hätte, so kann man die Erklärung nicht ohne weiteres von der Hand weisen, daß der ursprünglich kleine Lokalisationsfehler zu einer Zeit, da das sonstige Verhalten des Patienten ein völlig normales, die Exacerbation der Psychose aber offenbar schon im Anzuge war, erheblich vergrößert wurde. Dieser Schluß, daß die Vergrößerung des Lokalisationsfehlers im Zusammenhang mit der sich wieder neu vorbereitenden Psychose gestanden habe, wird um so wahrscheinlicher, als mit dem Abklingen derselben der Fehler wieder erheblich abnimmt, trotzdem in dieser Zeit das äußerliche Verhalten des Patienten noch nicht völlig wieder dem normalen entsprach.

Was die drei anderen Versuchspersonen betrifft, so ergibt sich aus Tabelle II, daß von den gefundenen 12 Werten nur 2 von der beim linken Arm (Tabelle I) festgestellten Gesetzmäßigkeit abweichen und daß im ganzen auch hier unverkennbar die Wirkung des wachsenden Intervalles in der Zunahme der Fehlergrößen zu erkennen ist. Die am Fusse der Tabelle ausgeführte Addition liefert auch hier eine stetig aufsteigende Reihe der Fehlerwerte.

Um einen Überblick zu gewinnen, wie sich die Größe der Lokalisationsfehler am rechten Arm, verglichen mit der am linken, verhalte, wurde die Tabelle III ausgeführt. Sie stellt für jede Versuchsperson und jedes Intervall das Verhältnis des rechtsseitigen zum linksseitigen Lokalisationsfehler dar, wie in der ersten Vertikalreihe angedeutet. Sehen wir wieder von der Versuchsreihe Hie I aus den oben angeführten Gründen ab, so ergibt sich, daß ein konstantes Verhältnis in dem Sinne des Überwiegens einer Seite über die andere nicht zu konstatieren ist. Für die 16 in Betracht kommenden Fälle ist der Fehler links 11 Mal größer als rechts, 3 Mal kleiner, 2 Mal

Tabelle III.

	t^0	t^{20}	t^{30}	t^{120}
$\frac{\text{Hie I R}}{\text{Hie I L}}$	2,04	1,24	1,25	1,15
$\frac{\text{Hie II R}}{\text{Hie II L}}$	0,78	1,0	0,83	1,0
$\frac{\text{Hü R}}{\text{Hü L}}$	0,79	1,14	0,96	0,74
$\frac{\text{Gü R}}{\text{Gü L}}$	1,82	0,64	0,9	0,92
$\frac{\text{Po R}}{\text{Po L}}$	0,95	0,9	1,27	0,95

gleich. Zieht man in Betracht, daßs unter den 11 Malen das Überwiegen des linksseitigen gegenüber dem rechtsseitigen Fehler nur ein sehr geringes ist und daßs bis zu einem gewissen Grade sich auch die Übung der Versuchspersonen bemerkbar machen mag, insofern in allen Fällen die Untersuchung am rechten Arme der am linken zeitlich nachfolgte, so kann man sagen, daßs im ganzen eine sehr merkliche Differenz in der Lokalisationsfähigkeit und dem Lokalisationsgedächtnisse beider Arme nicht zu konstatieren ist. Sicher aber ist das eine, daßs der Lokalisationsfehler links nicht kleiner ist, als rechts. Dies beweist uns, daßs bei der Lokalisation die Deutbewegung nicht der integrierende Bestandteil ist, denn sonst müßte sich das Übergewicht des im Deuten unstreitig mehr geschulten rechten Armes in den erhaltenen Werten ausdrücken. Es trat auch anfangs bei allen Versuchspersonen außer Hie eine gewisse Unsicherheit des deutenden linken Armes hervor, die sich besonders im öfteren Korrigieren bemerkbar machte; dieselbe wurde aber offenbar, wie meine Zahlen lehren, sehr bald überwunden. Für uns folgt aus diesen Zahlen, daßs in der That bei unseren Versuchen der Fehler in der Lokalisation auf der Abnahme des Erinnerungsbildes und nicht auf einer mangelhaften Ausführung einer ursprünglich richtig intendierten Bewegung beruht; denn wäre letzteres der Fall, so müßte $F_r^t > F_l^t$.

Tabelle IV.

	$t =$	0	20"	30"	120"	
Gü.....	Rechts	2,0	1,4	2,2	3,6	I. Serie
		2,1	2,2	3,0	3,4	II. "
	Links	1,3	2,5	3,2	4,1	I. "
		1,1	1,9	2,7	3,4	II. "
Hü.....	Rechts	1,5	2,6	2,2	2,3	I. Serie
		1,5	2,4	2,8	2,3	II. "
	Links	1,6	2,1	2,5	3,2	I. "
		2,1	2,0	2,6	2,9	II. "
Pi	Links	2,8	2,5	2,8	2,5	I. Serie
		2,8	3,2	2,7	4,0	II. "
Po.....	Rechts	1,7	2,7	3,6	3,7	I. Serie
		1,9	2,4	2,1	3,6	II. "
	Links	1,9	2,9	2,5	4,1	I. "
		1,9	2,9	1,9	3,5	II. "

Was im übrigen den Einfluß der Übung betrifft, so ist derselbe zwar, wie Tabelle IV beweist, zu bemerken, doch sind die Werte für unsere Versuchspersonen so schwankende, daß wir kein großes Gewicht auf diese Tabelle legen möchten. Die Tabelle ist so gewonnen, daß der durchschnittliche Fehler der ersten 30 Versuche für jede Zeit (I. Serie der Tabelle) dem der zweiten 30 Versuche (II. Serie der Tabelle) gegenübergestellt wurde.

Auch ob eine Reihe am Anfange oder gegen Ende einer Experimentierstunde aufgenommen wurde, ergiebt keine konstanten Differenzen des durchschnittlichen Fehlers. Wie weit im letzten Falle Übung und Ermüdung sich paralysieren, muß dahingestellt bleiben.

Die Inkonstanz der Differenzen aus den eben dargestellten Versuchen an den vier pathologischen und einer normalen Versuchsperson, das Schwanken des Fehlers bei weitergehender Fraktionierung der Reihen, die Größe der mittleren Abweichung, machten wahrscheinlich, was dem Experimentierenden bei der Anstellung der Versuche an verschiedenen Punkten bemerklich geworden war, daß offenbar die geübte Anordnung der Versuche noch

eine Reihe Fehlerquellen in sich berge, welche die Reinheit der Resultate trübten, aber infolge ungenügender Protokollierung für die einzelnen Versuche nicht hinreichend zu präzisieren waren. Als solche waren uns folgende vornehmlich aufgefallen: 1. Die Region des Unterarmes war, wie sich ergab, doch noch zu ausgedehnt gewählt, um der geforderten Bedingung zu entsprechen, daß der mittlere Lokalisationsfehler für alle Teile der Region als etwa gleich angesehen werden dürfte. Am distalen Abschnitte der Hautfläche wurde besser lokalisiert. Und wenn nun auch der Versuchsleiter im allgemeinen bemüht war, für jedes Intervall und für jede Reihe die Reize gleichmäßig zu verteilen, so liegt doch auf der Hand, daß, solange diese Bestrebung nicht systematisch geregelt wurde, eine Fehlerquelle aus der Differenz der distalen von den proximalen Örtern sich ergeben mußte. 2. Für die Reproduktion des Tasteindrucks erwies es sich als nicht gleichgültig, in welchem räumlichen Verhältnisse der in Frage kommende Berührungreiz zu dem eben vorangegangenen stand. Der Einfluß einer Berührung auf die Sensibilität der Umgebung ist ja an und für sich interessant und untersuchenswert, mußte aber auf unsere Resultate störend einwirken, insofern jede folgende Berührung von der vorausgehenden nicht stets in demselben Abstände ausgeführt wurde. 3. Wie schon oben erwähnt, gab die Verdunstung der Tinte oder Farbe einen nicht immer gleichmäßigen Kältereiz, der die Vergleichbarkeit der einzelnen Berührungen störend beeinflussen mußte. 4. war das Zimmer, in welchem die Versuche vorgenommen wurden, nicht immer gleichmäßig ruhig; aber erst, seitdem ich aus den an mir selbst angestellten Versuchen ersehen konnte, wie sehr ein auch verhältnismäßig geringer akustischer Eindruck im Intervall geeignet ist, die Aufmerksamkeit abzulenken, weiß ich, in welchem Grade auch in diesem Umstande sich eine Fehlerquelle birgt. 5. gaben die Versuchspersonen nicht genügend an, wenn sie bei einem Versuche aus irgendwelchem Grunde weniger aufmerksam gewesen waren, sondern deuteten, da ihnen doch an der Exaktheit der Werte nicht so außerordentlich viel lag, ohne genügende Aufmerksamkeit. 6. daß unter den 5 Versuchspersonen sich 4 Geisteskranke befinden und die physiologischen Vorgänge nicht hinreichend aufgeklärt sind, um Pathologisches und Physiologisches in diesen Fragen satzsaft voneinander trennen zu können.

Ich entschloß mich daher auf Anregung von Herrn Prof. ZIEHEN, unter Berücksichtigung dieser Fehlerquellen eine neue Versuchsreihe zu unternehmen; und da mir zugleich daran gelegen war, die mangelhaften Angaben der bisherigen Versuchspersonen über die psychischen Vorgänge bezüglich des Festhaltens der Berührungsempfindung im Gedächtnisse durch Selbstbeobachtung ergänzen zu können, so übernahm ich selbst die Rolle der Versuchsperson, während Herr Prof. ZIEHEN in dankenswerter Aufopferung von Zeit und Mühe als Versuchsleiter fungierte. Diese neue Serie von Versuchen wurde zuerst in der psychiatrischen Klinik, später in der Privatwohnung von Herrn Prof. ZIEHEN in den Abendstunden vom 20. VIII. 93. bis jetzt¹ (mit Unterbrechungen) geführt, und wies in der Anordnung einige bemerkenswerte Änderungen gegenüber den früheren Versuchen auf.

Auf der Dorsalfläche des Unterarmes wurde mittelst Stramin ein Netz von Punkten fixiert, dessen distale ulnare Ecke 12,5 cm vom Olekranon, 3,2 cm von der deutlich durchzufühlenden äußeren Kante der Ulna entfernt war und einen Flächenraum von 4,7 : 6,0 cm einnahm. Die 12 Felder dieses Netzes hatten je eine Seitenlänge von 1,5 cm. Die Reihenfolge der einzelnen Berührungen geschah nun nicht regellos, sondern in Springerzügen auf den geschilderten Feldern (s. Figur), so daß jede Berührungsstelle von der nächstfolgenden etwa 3—4 cm getrennt war.

radial					
distal	1	8	3	6	proximal
	11	5	12	9	
	10	2	7	4	
ulnar					

Während einer Versuchsreihe kamen alle Felder mindestens einmal zur Benutzung. Waren beim Rösselspringen nur noch zwei benachbarte Felder über, so wurden die Berührungsstellen an die entferntesten Punkte dieser beiden verlegt, so daß auch in diesem Falle etwa der gleiche Abstand für zwei aufeinanderfolgende Reize eingehalten wurde; und damit auch

¹ März 1894.

der erste Versuch einer Reihe unter den gleichen Bedingungen stände, traf der letzte der nicht protokollierten Versuche (s. u.) einen Ort, der etwa um 3—4 cm von dem ersten Orte der neuen Reihe entfernt war. Vor Beginn jeder Reihe und nach Ablauf jeder Pause, die wegen Ermüdung eingeschaltet wurde, erfolgten eine bestimmte Zahl (8) Tastreize, um wieder eine gewisse Gewöhnung an das Lokalisieren herbeizuführen. Statt des tintengeschwärzten Nadelkopfes wurde stumpf angespitzte Reifskohle zum Markieren verwendet. Der Arm wurde stets in gleicher Lage unterstützt, indem der Rand des Tisches 5 cm vom distalen Ende des Netzes entfernt war. Ferner war dafür gesorgt, daß die physiologischen Umstände für alle Versuchstage etwa die gleichen waren; insbesondere wurde der Genuß von Thee und Alkohol für die Versuchstage geregelt. Endlich wurde die Untersuchung bei völliger Stille in der Umgebung vorgenommen und jede etwaige Störung neben dem Versuche registriert, desgleichen jede subjektive Störung der Aufmerksamkeit, die von der Versuchsperson angegeben wurde, so daß die Möglichkeit geboten war, neben den Resultaten aller Versuche auch noch die Werte für die reinen Versuche gesondert zu berechnen. Um für jedes Intervall eine möglichst große Anzahl von Einzelversuchen zu erhalten, wurden nur die Intervalle $t = 0, 20'', 120''$ untersucht.

Ich lasse nun die erhaltenen Resultate folgen: Tabelle A, Tabelle B, Tabelle C sollen als Muster für die Rohtabellen¹ gelten, wie solche auch für die anderen Intervalle und die Variationen in der Zeitausfüllung sich ergaben. Die Vertikalkolumne 1 enthält die rohen Fehler (f), Kolumne 2 die Abweichungen der einzelnen Fehler von dem mittleren Fehler (A_1 bis A_n), Kolumne 3 die Quadrate derselben. Die Werte F_t und A_t sind nach der oben angegebenen Rechnung gefunden und nebenan vermerkt.

Tabelle A enthält alle an L. mit dem Intervalle $20''$ angestellten Versuche, Tabelle B nur die mit Straminnetz, Tabelle C nur die reinen Versuche, bei denen die durch irgend eine Störung oder ein Versehen in der Versuchsanordnung ausgezeichneten Fehler ausgeschieden sind.

¹ Auch für die übrigen Versuchspersonen wurden gleiche Tabellen ausgefertigt so daß im ganzen 75 derartige Rohtabellen vorliegen.

Tabelle A.

Versuchsperson L.

137 Versuche.

 $t = 20''$

f	A	A^2	f	A	A^2	f	A	A^2	f	A	A^2	
1,4	-- 0,1	0,01	3,7	+ 2,2	4,84	1,6	+ 0,1	0,01	0,6	-- 0,9	0,81	
2,5	+ 1,0	1,00	2,0	+ 0,5	0,25	1,5	+ 0,0	0,00	0,1	-- 1,4	1,96	
1,5	+ 0,0	0,00	1,2	-- 0,3	0,09	1,3	-- 0,2	0,04	0,3	-- 1,2	1,44	
1,5	+ 0,0	0,00	1,8	+ 0,3	0,09	0,9	-- 0,6	0,36	0,8	-- 0,7	0,49	
4,0	+ 2,5	6,25	1,4	-- 0,1	0,01	1,5	+ 0,0	0,00	1,7	+ 0,2	0,04	$F_t = 1,5$
3,4	+ 1,9	3,61	2,1	+ 0,6	0,36	0,6	-- 0,9	0,81	0,5	-- 1,0	1,00	
0,3	-- 1,2	1,44	0,3	-- 1,2	1,44	1,4	-- 0,1	0,01	1,0	-- 0,5	0,25	$A_t = 0,969$
1,1	-- 0,4	0,16	0,2	-- 1,3	1,69	1,1	-- 0,4	0,16	1,0	-- 0,5	0,25	
2,4	+ 0,9	0,81	0,4	-- 1,1	1,21	1,8	+ 0,3	0,09	0,8	-- 0,7	0,49	$A_t = 0,082$
1,2	-- 0,3	0,09	1,0	-- 0,5	0,25	2,1	+ 0,6	0,36	1,8	÷ 0,3	0,09	
0,3	-- 1,2	1,44	1,1	-- 0,4	0,16	0,9	-- 0,6	0,36	1,1	-- 0,4	0,16	
2,3	+ 0,8	0,64	1,2	-- 0,3	0,09	1,2	-- 0,3	0,09	0,7	-- 0,8	0,64	
0,4	-- 1,1	1,21	0,9	-- 0,6	0,36	1,2	-- 0,3	0,09	1,3	-- 0,2	0,04	
1,2	-- 0,3	0,09	1,1	-- 0,4	0,16	1,1	-- 0,4	0,16	1,0	-- 0,5	0,25	
2,6	+ 1,1	1,21	1,3	-- 0,2	0,04	1,0	-- 0,5	0,25	1,4	-- 0,1	0,01	
4,5	+ 3,0	9,00	1,9	+ 0,4	0,16	1,1	-- 0,4	0,16	1,0	-- 0,5	0,25	
2,4	+ 0,9	0,81	0,2	-- 1,3	1,69	0,8	-- 0,7	0,49	1,3	-- 0,2	0,04	
4,2	+ 2,7	7,29	1,6	+ 0,1	0,01	0,4	-- 1,1	1,21	3,2	+ 1,7	2,89	
0,9	-- 0,6	0,36	0,5	+ 1,0	1,00	0,7	-- 0,8	0,64	4,9	+ 3,4	11,56	
0,8	-- 0,7	0,49	2,9	+ 1,4	1,96	0,7	-- 0,8	0,64	4,3	+ 2,8	7,84	
3,1	+ 1,6	2,56	2,4	+ 0,9	0,81	0,5	-- 1,0	1,00	1,0	-- 0,5	0,25	
1,8	+ 0,3	0,09	2,3	+ 0,8	0,64	1,4	-- 0,1	0,01	1,0	-- 0,5	0,25	
1,2	-- 0,3	0,09	1,7	+ 0,2	0,04	0,9	-- 0,6	0,36	1,5	+ 0,0	0,00	
1,0	-- 0,5	0,25	0,9	-- 0,6	0,36	1,7	+ 0,2	0,04	2,9	+ 1,4	1,96	
0,1	-- 1,4	1,96	0,6	-- 0,9	0,81	0,6	-- 0,9	0,81	2,0	+ 0,5	0,25	
1,1	-- 0,4	0,16	1,3	0,2	0,04	1,3	-- 0,2	0,04	3,0	+ 1,5	2,25	
0,3	-- 1,2	1,44	1,1	-- 0,4	0,16	2,0	+ 0,5	0,25	1,6	+ 1,0	1,00	
4,0	+ 2,5	6,25	1,3	-- 0,2	0,04	0,4	-- 1,1	1,21	4,0	+ 2,5	6,25	
0,2	-- 1,3	1,69	0,9	-- 0,6	0,36	1,4	-- 0,1	0,01	2,5	+ 1,0	1,00	
1,4	-- 0,1	0,01	1,7	+ 0,2	0,04	1,3	-- 0,2	0,04	2,4	+ 0,9	0,81	
2,5	+ 1,0	1,00	1,3	-- 0,2	0,04	2,4	+ 0,9	0,81	1,2	-- 0,3	0,09	
1,8	+ 0,3	0,09	0,3	-- 1,2	1,44	1,9	+ 0,4	0,16	1,7	+ 0,2	0,04	
2,2	+ 0,7	0,49	1,4	-- 0,1	0,01	1,4	-- 0,1	0,01	2,3	+ 0,8	0,64	
0,9	-- 0,6	0,36	1,4	-- 0,1	0,01	1,1	-- 0,4	0,16	2,0	+ 0,5	0,25	
									1,4	-- 0,1	0,01	

Tabelle B. Versuche mit Netz.

Versuchsperson L.

106 Versuche.

$t = 20''$

<i>f</i>	<i>A</i>	<i>A</i> ²	<i>f</i>	<i>A</i>	<i>A</i> ²	<i>f</i>	<i>A</i>	<i>A</i> ²	<i>f</i>	<i>A</i>	<i>A</i> ²	
1,8	+ 0,4	0,16	0,6	− 0,8	0,64	0,4	− 1,0	1,00	1,1	− 0,3	0,09	
2,2	+ 0,8	0,64	1,3	− 0,1	0,01	0,7	− 0,7	0,49	0,7	− 0,7	0,49	
0,9	− 0,5	0,25	1,1	− 0,3	0,09	0,7	− 0,7	0,49	1,3	− 0,1	0,01	
3,7	+ 2,3	5,29	1,3	− 0,1	0,01	0,5	− 0,9	0,81	1,0	− 0,4	0,16	
2,0	+ 0,6	0,36	0,9	− 0,5	0,25	1,4	+ 0,0	0,00	1,4	+ 0,0	0,00	<i>F</i> _{<i>t</i>} = 1,4
1,2	− 0,2	0,04	1,7	+ 0,3	0,09	0,9	− 0,5	0,25	1,0	− 0,4	0,16	<i>A</i> _{<i>t</i>} = 0,853
1,8	+ 0,4	0,16	1,3	− 0,1	0,01	1,7	+ 0,3	0,09	1,3	− 0,1	0,01	<i>A</i> _{<i>t</i>} = 0,083
1,4	+ 0,0	0,00	0,3	− 1,1	1,21	0,6	− 0,8	0,64	3,2	+ 1,8	3,24	
2,1	+ 0,7	0,49	1,4	+ 0,0	0,00	1,3	− 0,1	0,01	4,9	+ 3,5	12,25	
0,3	− 1,1	1,21	1,4	+ 0,0	0,00	2,0	+ 0,6	0,36	4,3	+ 2,9	8,41	
0,2	− 1,2	1,44	1,6	+ 0,2	0,04	0,4	− 1,0	1,00	1,0	− 0,4	0,16	
0,4	− 1,0	1,00	1,5	+ 0,1	0,01	1,4	+ 0,0	0,00	1,0	− 0,4	0,16	
1,0	− 0,4	0,16	1,3	− 0,1	0,01	1,3	− 0,1	0,01	1,5	+ 0,1	0,01	
1,1	− 0,3	0,09	0,9	− 0,5	0,25	2,4	+ 1,0	1,00	2,9	+ 1,5	2,25	
1,2	− 0,2	0,04	1,5	+ 0,1	0,01	1,9	+ 0,5	0,25	2,0	+ 0,6	0,36	
0,9	− 0,5	0,25	0,6	− 0,8	0,64	1,4	+ 0,0	0,00	3,0	+ 1,6	2,56	
1,1	− 0,3	0,09	1,4	+ 0,0	0,00	1,1	− 0,3	0,09	1,6	+ 0,2	0,04	
1,3	− 0,1	0,01	1,1	− 0,3	0,09	0,6	− 0,8	0,64	4,0	+ 2,6	6,76	
1,9	+ 0,5	0,25	1,8	+ 0,4	0,16	0,1	− 1,3	1,69	2,5	+ 1,1	1,21	
0,2	− 1,2	1,44	2,1	+ 0,7	0,49	0,3	− 1,1	1,21	2,4	+ 1,0	1,00	
1,6	+ 0,2	0,04	0,9	− 0,5	0,25	0,8	− 0,6	0,36	1,2	− 0,2	0,04	
0,5	− 0,9	0,81	1,2	− 0,2	0,04	1,7	+ 0,3	0,09	1,7	+ 0,3	0,09	
2,9	+ 1,5	2,25	1,2	− 0,2	0,04	0,5	− 0,9	0,81	2,3	+ 0,9	0,81	
2,4	+ 1,0	1,00	1,1	− 0,3	0,09	1,0	− 0,4	0,16	2,0	+ 0,6	0,36	
2,3	+ 0,9	0,81	1,0	− 0,4	0,16	1,0	− 0,4	0,16	1,4	+ 0,0	0,00	
1,7	+ 0,3	0,09	1,1	− 0,3	0,09	0,8	− 0,6	0,36				
0,9	− 0,5	0,25	0,8	− 0,6	0,36	1,8	+ 0,4	0,16				

Tabelle C.

Versuchsperson L.

Reine Versuche.

 $t = 20''$

f	A	A^2	f	A	A^2	f	A	A^2	
1,8	+ 0,5	0,25	1,6	+ 0,3	0,09	0,6	— 0,7	0,49	
2,2	+ 0,9	0,81	1,5	+ 0,2	0,04	0,1	— 1,2	1,44	
0,9	— 0,4	0,16	1,3	+ 0,0	0,00	0,3	— 1,0	1,00	
2,0	+ 0,7	0,49	1,5	+ 0,2	0,04	0,8	— 0,5	0,25	
1,2	— 0,1	0,01	0,6	— 0,7	0,49	1,7	+ 0,4	0,16	
1,8	+ 0,5	0,25	1,4	+ 0,1	0,01	0,5	— 0,8	0,64	
1,4	+ 0,1	0,01	1,1	— 0,2	0,04	1,0	— 0,3	0,09	
2,1	+ 0,8	0,64	1,8	+ 0,5	0,25	0,8	— 0,5	0,25	
0,3	— 1,0	1,00	2,1	+ 0,8	0,64	1,8	+ 0,5	0,25	
0,2	— 1,1	1,21	0,9	— 0,4	0,16	1,1	— 0,2	0,04	$F_t = 1,3$
0,4	— 0,9	0,81	1,2	— 0,1	0,01	0,7	— 0,6	0,36	$A_t = 0,662$
1,0	— 0,3	0,09	1,2	— 0,1	0,01	1,3	+ 0,0	0,00	$A_t = 0,069$
1,1	— 0,2	0,04	1,1	— 0,2	0,04	1,0	— 0,3	0,09	
1,2	— 0,1	0,01	1,0	— 0,3	0,09	1,0	— 0,3	0,09	
0,9	— 0,4	0,16	1,1	— 0,2	0,04	1,3	+ 0,0	0,00	
1,1	— 0,2	0,04	0,8	— 0,5	0,25	1,0	— 0,3	0,09	
1,3	+ 0,0	0,00	0,4	— 0,9	0,81	1,0	— 0,3	0,09	
0,2	— 1,1	1,21	0,7	— 0,6	0,36	1,5	+ 0,2	0,04	
1,6	+ 0,3	0,09	0,7	— 0,6	0,36	2,9	+ 1,6	2,56	
0,5	— 0,8	0,64	0,5	— 0,8	0,64	2,0	+ 0,7	0,49	
0,9	— 0,4	0,16	1,4	+ 0,1	0,01	3,0	+ 1,7	2,89	
0,6	— 0,7	0,49	1,7	+ 0,4	0,16	1,6	+ 0,3	0,09	
1,3	+ 0,0	0,00	0,6	— 0,7	0,49	4,0	+ 2,7	7,29	
1,1	— 0,2	0,04	1,3	+ 0,0	0,00	2,5	+ 1,2	1,44	
1,3	+ 0,0	0,00	2,0	+ 0,7	0,49	2,4	+ 1,1	1,21	
0,9	— 0,4	0,16	0,4	— 0,9	0,81	1,7	+ 0,4	0,16	
1,7	+ 0,3	0,09	1,4	+ 0,1	0,01	2,3	+ 1,0	1,00	
1,3	+ 0,0	0,00	1,3	+ 0,0	0,00	2,0	+ 0,7	0,49	
0,3	— 1,0	1,00	2,4	+ 1,1	1,21	1,4	+ 0,1	0,01	
1,4	+ 0,1	0,01	1,9	+ 0,6	0,36	1,2	— 0,1	0,01	
1,4	+ 0,1	0,01	1,1	— 0,2	0,04				

Tabellen D, E und F enthalten in einer kurzen Zusammenstellung das wichtigste Ergebnis der Untersuchung. Sie zeigen, daß sowohl bei Berechnung sämtlicher, als bei ausschließlicher Verwertung der mit Netz angestellten, sowie der reinen Versuche mit der Größe des Intervalles die Größe des mittleren Lokalisationsfehlers ständig zunimmt, und zwar beim

Tabelle D. Alle Versuche.

Z = Anzahl der Versuche.
 S = Summe der Fehler.

t	Z	S	F_t
0"	165	186,4	1,1
20"	137	206,4	1,5
120"	127	283,8	2,2

Tabelle E. Versuche mit Straminnetz.

t	Z	S	F_t
0"	105	101,0	1,0
20"	106	150,8	1,4
120"	99	220,0	2,2

Tabelle F. Reine Versuche.

t	Z	S	F_t
0"	105	101,0	1,0
20"	92	117,9	1,3
120"	82	179,0	2,2

Aufsteigen von 0" zu 20" zu 120" etwa im Verhältnis von 10 : 14 : 22. Daß auch bei weitgehender Fraktionierung¹ der

¹ Berechnet man die Mittelwerte nicht, wie in Tabelle D, E, F geschehen, aus allen Versuchen, sondern sucht die Mittelwerte von F_t für die Versuchsreihen einzelner Tage (12—18 Versuche für jedes Intervall), so zeigt sich, daß das Verhältnis $F_{t0} : F_{t20} : F_{t120} = 10 : 14 : 22$ mit ziemlicher Konstanz erhalten bleibt.

Versuchsreihen dieses Verhältnis annähernd ständig erhalten bleibt, spricht dafür, daß das erhaltene Resultat von Zufälligkeiten unabhängig ist und eine noch größere Versuchsreihe wohl kaum wesentlich verschiedene Resultate ergeben hätte.

Ein Vergleich von Tabelle D und E zeigt, daß die Anordnung der Versuche mit Straminnetz die Werte für t^0 und t^{20} um ein Geringes verändert, und zwar herabgesetzt hat, ein Vergleich von D, E und F, daß der Einfluß der unreinen Versuche thatsächlich ein sehr geringer ist, obgleich sie doch an Zahl bei t^{120} etwa 17% betragen. Diese auffällig erscheinende Thatsache erklärt sich daraus, daß zu den unreinen Versuchen nicht nur solche gerechnet werden, bei denen eine äußere Störung eintrat, sondern auch solche, bei denen die Versuchsperson aus ihrer Selbstbeobachtung eine Störung, wie mangelnde Aufmerksamkeit, störende Zwischengedanken angab. In letzterem Falle stand nun das objektive Maß des Lokalisationsfehlers öfters im Widerspruche mit der subjektiven Beobachtung, indem gerade gute Lokalisation bei ausgesprochenem Gefühl der Unaufmerksamkeit u. s. w. konstatiert wurde. Im übrigen muß bemerkt werden, daß für unsere Untersuchung diese „unreinen“ Versuche doch nur in gewissem Sinne als solche bezeichnet werden dürfen; denn da wir den Einfluß des zwischen Empfindung und Reproduktion verfließenden Intervalles bestimmen wollen, so dürfen wir nicht ohne weiteres solche Versuche ausschließen, bei denen Unaufmerksamkeit oder Zwischengedanken im Intervall von der Versuchsperson selbst konstatiert werden, insofern es doch vielfach gerade diese Faktoren sind, die die Treue der Reproduktion beeinflussen.

Tabelle D behält also neben Tabelle F ihren Wert.

Tabelle G soll nachweisen, inwieweit die von uns am Unterarm benutzte Gegend der oben unter 2 formulierten Bedingung entspricht, daß alle Teile derselben annähernd den gleichen Lokalisationsfehler zeigen. Teile ich alle verwendeten Netze, wie in der Figur angedeutet, in zwei Hälften, so daß die eine die proximal, die andere die distal gelegenen Felder enthält, addiere dann die zugehörigen Lokalisationsfehler in entsprechender Weise und dividiere durch die Anzahl der Versuche, so geben die erhaltenen Mittelwerte ein Maß dafür, inwieweit distaler und proximaler Teil der benutzten Gegend bezüglich der Lokalisationsgenauigkeit übereinstimmen.

distal					proximal

Tabelle G.

		Z	S	F _t
t = 20"	{ distal	28	44,3	1,5
	{ proximal ...	29	40,4	1,4
t = 120" ...	{ distal	31	66,0	2,1
	{ proximal ...	32	71,1	2,2

Die Tabelle zeigt, dafs in dieser Beziehung die gestellte Bedingung so gut wie völlig erfüllt ist.

Tabelle H soll für L. den Einfluß der Übung feststellen. Die Tabelle ist so gewonnen, dafs die Versuche für jedes Intervall in zwei Serien geteilt sind, von denen die erste die zeitlich früheren, die zweite die späteren Versuche enthält. Nur die reinen Versuche haben hier Verwendung gefunden. Während der Einfluß der Übung bei den anderen Versuchspersonen nicht deutlich kenntlich war, offenbar, weil die erwähnten Fehlerquellen eine etwa vorhandene Veränderung der Lokalisationsfähigkeit überfluten, ist bei L. ein, wenn auch nicht sehr erheblicher, so doch deutlicher Einfluß der Übung für die Zeiten t^0 und t^{120} zu konstatieren. Jedoch nur insofern, als die Lokalisation an und für sich besser geworden, während das Verhältnis von F_{t^0} zu $F_{t^{120}}$ für die zweite Serie eher etwas gewachsen ist. Es beträgt für die erste Serie $\frac{2,3}{1,1} = 2,1$ gegen $\frac{2,0}{0,8} = 2,5$ der zweiten Serie. Eine Übung des Sensibilitäts-

gedächtnisses ist sonach nicht zu konstatieren. Die Vergrößerung der absoluten Fehlergröfse bei t^{20} in der zweiten Serie gegen die gleiche Gröfse der ersten weiß ich nicht sicher zu deuten. Dieselbe ist hier gering : 1 mm. Es kommt ferner

in Betracht, daß eine Versuchsreihe (vom 18. II.) speziell eingewirkt hat. Endlich wäre daran zu denken, daß nur die unmittelbare assoziative Deutbewegung mit einer Berührung von bestimmter Lokalisation Gegenstand der Übung ist. So würde es sich erklären, daß für t^0 der Einfluß der Übung unverkennbar ist, während er bei $t^{20''}$ und größeren Werten zurücktritt. Wenn er bei $t^{120''}$ wieder erscheint, so ist vielleicht anzunehmen, daß die Unterdrückung der Zwischenvorstellungen Gegenstand der Übung ist; diese spielen bei $t^{20''}$ noch keine, bei $t^{120''}$ hingegen eine große Rolle. Eine sichere Entscheidung ist, wie gesagt, nicht möglich. Bei meinen Augenmaßversuchen konnte ich eine Übung der Versuchspersonen nicht feststellen; allerdings sind auch dort die Versuchszahlen für diesen Zweck noch nicht ausreichend. LEHMANN¹ fand sogar eine Verminderung der Sicherheit des Wiedererkennens und führt dieselbe auf den Leichtsinne (?) der Versuchspersonen zurück, mit dem dieselben ihr Urteil abgaben.

Tabelle H.

	<i>Z</i>	<i>S</i>	<i>F_t</i>
$t=0$ { I. Serie	47	53,3	1,1
{ II. Serie	58	47,7	0,8
$t=20''$. . . { I. Serie	42	50,4	1,2
{ II. Serie	50	67,5	1,3
$t=120''$. . { I. Serie	38	89,3	2,3
{ II. Serie	44	80,7	2,0

Tabelle J beschäftigt sich mit der Richtung der Fehldistanz. Die Veranlassung, auch diese wenigstens nach ihren vier Hauptdimensionen zu untersuchen, gab die Bemerkung des Experimentierenden, daß bei L. in der Mehrzahl der Fälle der Fehler eine distale Richtung hatte, oder wenigstens eine Richtung, in der eine distale Komponente zu erkennen war. Da nun schon bei Hiepe aufgefallen war, daß derselbe in etwa 90% der Fälle distal lokalisiert hatte, so fühlten wir uns veranlaßt, eine bestimmte experimentelle Beantwortung der Frage,

¹ Cf. die oben zit. Arbeit.

ob der Fehler irgend eine Richtung bevorzuge, dadurch zu geben, daß wir dieselbe in jedem Falle bemerkten.

p = proximal, d = distal, r = radial, u = ulnar. Tabelle J giebt die Resultate.

Tabelle J.
Anzahl der Versuche: 86.
Fehlersumme: 148,7.

Richtung der Fehler	d	rd	ud	p	rp	up	r	u
Häufigkeit der Fehler	25	13	14	10	1	9	1	13
In % aller Fehler	29	15,1	16,2	11,6	1,2	10,4	1,2	15,1
Summe der Fehlergrößen für eine Richtung	60,0	23,2	26,3	12,5	1,0	11,1	1,0	13,6
Summe der Fehler für eine Richtung in % der Fehlersumme für alle Richtungen	40,3	15,6	17,6	8,4	0,7	7,4	0,7	9,1
Häufigkeit der Fehler in 2 Hauptrichtungen	52			20				
Dasselbe in % aller Fehler	60,3			23,2				
Summe der Fehler in 2 Hauptrichtungen	109,5			24,6				
Summe der Fehlergrößen für die 2 Hauptrichtungen in % der Fehlersumme für alle Richtungen	73,5			16,5				
Größe des durchschnittlichen Fehlers in distaler und proximaler Richtung	2,1			1,2				

Die erste Horizontalreihe giebt an die absolute Zahl für die Häufigkeit, mit der von 86 Versuchen in jeder Richtung lokalisiert wird, die zweite Reihe dasselbe in % der Anzahl aller Versuche; die nächsten beiden Horizontalen die Summen der gemachten Fehlergrößen $f_1 + f_2 + f_3 \dots$ für eine Richtung, absolut und in % der Fehlersumme für alle Richtungen. Die letzten vier Horizontalen führen dieselbe Rechnung für die zwei Hauptrichtungen durch. Die Tabelle bedarf einer weiteren Erklärung nicht. Wir sehen, daß 73,5% der Fehlergrößen distal, nur 16,5% proximal gesichtet sind. Ein noch viel auffälligeres Resultat ergab eine an Herrn Dr. Pincus zu diesem

Zwecke angestellte Untersuchungsreihe. Unter 120 Versuchen wird nur 1 Mal proximal, 1 Mal ulnar und 3 Mal radial lokalisiert, dagegen 116 Mal in distaler Richtung oder jedenfalls in einer Richtung mit distaler Komponente. Es hat unter diesen Umständen keinen Zweck, eine Tabelle wie für L. aufzustellen, da die anderen Richtungen gegenüber der distalen völlig verschwinden.

Wenn wir auch mit diesen wenigen Versuchen diese Frage nicht erschöpft haben, so ist es doch von Interesse, konstatieren zu können, daß mindestens in den von uns untersuchten Fällen der Fehler weitaus häufiger und größer in distaler Richtung gemacht wird, als in proximaler. In der Litteratur, soweit mir dieselbe zugänglich war, habe ich nur einmal, und auch dort nur eine ganz zufällige Bemerkung über die Richtung des Lokalisationsfehlers gefunden. Es ist dies in der Arbeit von Dr. BOLKO STERN¹: „Über die Anomalien der Empfindung und ihre Beziehungen zur Ataxie bei Tabes dorsalis“, nämlich: „Auffallend ist es uns gewesen, daß in vielen Fällen, in denen wir darauf geachtet haben, der Reizort zu weit peripher verlegt wurde“, und „.....wie weit diese Ungenauigkeit der Lokalisation gehen kann, lehrt die Untersuchung des Patienten v. Fr., welcher bei einem Stich in die Wade eine Empfindung in den Zehen hatte.“

Denselben Befund, den wir hier am Unterarm erhoben haben, hat Herr Professor ZIEHEN in allerdings nicht zahlenmäßig gemachten Beobachtungen auch am Unterschenkel konstatieren können.

Auch dort war es bereits aufgefallen, daß bei den üblichen Untersuchungen der Lokalisationsfähigkeit an den Geisteskranken (nicht nur Tabikern) der Lokalisationsfehler eine distale Tendenz hatte. Es würde sich verlohnen, dieses Thema noch einmal genauer experimentell zu untersuchen, weil es mir nicht ohne theoretisches Interesse zu sein scheint. Mindestens ist z. B. diese Thatsache nicht mit einer reinen Lokalzeichentheorie in Einklang zu bringen; denn, wenn es bei dieser auch vielleicht möglich wäre, daß öfters peripherwärts, als zentralwärts lokalisiert wird, so bliebe doch die weitere Thatsache unerklärlich, daß der distale Fehler erheblich größer ausfällt,

¹ Arch. f. Psychiatr. Bd. XVIII. S. 500.

als der proximale. Denn man sollte doch annehmen, daß die Lokalisation in distaler Richtung schärfer sei, als in proximaler, da die Tastreize im allgemeinen peripherwärts zunehmend dichter sich übereinanderzulegen scheinen. Es würde zu weit führen, wenn wir versuchen wollten, diese Thatsache mit den anderen Theorien von der Lokalisation der Tastempfindungen im Raume in Einklang zu bringen. Wir begnügen uns, auf das Faktum, das ein zufälliges Ergebnis unserer Untersuchung war, hingewiesen zu haben. Inwieweit es Bedeutung für die rechnerische Verwertung der von uns gewonnenen Zahlen bezüglich der Treue des Gedächtnisses hat, ist an der entsprechenden Stelle erörtert.¹

Tabelle K wurde in folgender Weise gewonnen: Wie bereits oben erwähnt, macht es theoretisch einen Unterschied, ob ich als Maß für die Treue der Reproduktion den Abstand des Normalpunktes von dem bei der Reproduktion zuerst berührten oder von dem nach Korrigieren endgültig festgehaltenen Punkte annehme. In einer Reihe von Versuchen wurde neben der korrigierten Distanz, die wir im allgemeinen unseren Rechnungen zu Grunde gelegt haben, auch noch die zuerst angegebene notiert, um auf diese Weise konstatieren zu können, ob die Wahl der Messungsmethode praktisch (d. h. für die wirkliche Größe von F_t und A_t) einen Unterschied mache. Aus der Tabelle J ergibt sich, daß thatsächlich, wenn auch um geringe Werte (bei 20" nur 3 mm, bei 120" nur 1 mm)

Tabelle K.

	Z	S	F_t	A_t	
Erst berührter Ort gültig	52	83,3	1,6	0,92	} $t = 20''$
Korrigierter Ort gültig	92	117,9	1,3	0,66	
Erst berührter Ort gültig	28	63,2	2,3	1,07	} $t = 120''$
Korrigierter Ort gültig	82	179,0	2,2	1,01	

¹ Es läßt sich darüber streiten, ob nicht vielleicht die ganze Untersuchung auch den Winkel mit in Rechnung ziehen mußte, um welchen die Verbindungslinie des berührten Punktes mit dem Deutpunkt von einer Normalen abweicht. Jedenfalls würde diese Methode erhebliche Schwierigkeiten der Ausführung und Berechnung mit sich bringen.

der durchschnittliche Fehler des erstmaligen Auftippens durch Korrigieren verkleinert wird. Offenbar läßt diese Verkleinerung des durchschnittlichen Fehlers sich in doppelter Weise deuten. Erstens kann ich nämlich annehmen, daß gewissermaßen lediglich eine motorische Ungenauigkeit vorliegt, d. h. daß die erstausgeführte Bewegung der mir vorschwebenden Bewegungsvorstellung nicht genau entspricht, noch schlechter ist, als die abgeblaßte Bewegungsvorstellung. Dann würde in der Korrektur bereits der Einfluß einer gewissen Übung im weiteren Sinne zu erkennen sein. Zweitens aber ist nicht ausgeschlossen, daß es bei der ersten Deutbewegung und Berührung zu einem Vergleiche der mit dieser Deutbewegung assoziierten Bewegungsvorstellung und der mit der ursprünglichen Berührung assoziierten Bewegungsvorstellung kommt, und daß mir hierdurch ein Anhaltspunkt für die Richtung der vorzunehmenden Korrektur gegeben wird. Ja, es hat den Anschein, als ob bei anderen Versuchspersonen, die öfter und mehr korrigieren, als L., bei denen aber Tabellen wie K nicht aufgenommen wurden, die Abweichungen des korrigierten von dem erst gefundenen Orte noch größere Werte annähmen.

Um, ebenso wie ich es bei den Augenmaßversuchen gethan hatte, die Wirkung kennen zu lernen, welche die Ablenkung der Aufmerksamkeit auf die Treue der Reproduktion hat, machte ich an Günther und Poppe eine Reihe von 204 Versuchen, deren Resultate die Tabelle L giebt.

Tabelle L.

	Gü				Po			
	Unausgefülltes Intervall		Tastreize im Intervall		Unausgefülltes Intervall		Tastreize im Intervall	
	F_t	A_t	F_t	A_t	F_t	A_t	F_t	A_t
$t = 30''$	2,9	1,4	3,5	1,8	2,2	1,5	4,2	2,3
$t = 120''$	3,8	2,0	3,7	2,4	3,8	2,2	4,3	2,6

Während der Intervalle von $30''$ und $120''$ wurden auf den linken Unterarm der Versuchsperson, den gleichen, den der Normalreiz getroffen hatte, eine größere Anzahl, 10 bis 40, weitere Tastreize appliziert; die Versuchsperson war gehalten,

sich einerseits den Ort des Normalreizes zu merken, andererseits mit der rechten Hand die jedesmaligen Zwischenberührungen zu lokalisieren. Auf diese Weise wurde sowohl die Aufmerksamkeit von dem ersten Reize abgelenkt, als auch der rechte Arm gezwungen, eine größere Anzahl Zielbewegungen auszuführen. Wie die Tabelle L zeigt, ist für Po der Lokalisationsfehler sowohl für $t = 30''$, als für $t = 120''$ erheblich gewachsen, von 2,2 zu 4,2 und von 3,8 zu 4,3; für Gü ist nur der Fehler $t^{30''}$ größer geworden, während er bei $t^{120''}$ gleichgeblieben ist, wenn man die unterdes noch bis zu einem gewissen Grade eingetretene Übung in Rücksicht zieht. Im ganzen also ergibt sich, daß durch diese Ablenkung die Treue der Reproduktion merklich leidet. Daß die Wirkung dieser Ablenkung für $30''$ erheblich größer ist, als für $120''$, ist wohl aus der noch weiter unten zu besprechenden Tatsache erklärlich, daß für $t^{120''}$ doch mehr sekundäre, den Ort des Berührungsreizes bestimmende Assoziationen angeknüpft werden, nicht nur für den Fall, daß die Aufmerksamkeit der Versuchsperson während der ganzen Dauer des Intervalles auf den berührten Ort gerichtet ist, sondern auch für den Fall der Ablenkung. In diesem Falle werden offenbar in der Erwartung des relativ langen Intervalles von vornherein derartige Assoziationen angeknüpft. Da aber dennoch die mangelnde Zunahme des Lokalisationsfehlers bei G. für $120''$ auffallen mußte, so glaubte ich, annehmen zu müssen, daß G. den Zwischenreizen nicht die genügende Aufmerksamkeit zuwende. Und eine einfache Versuchsreihe konnte diese Vermutung bestätigen. Ich maß nämlich den Lokalisationsfehler der Zwischenberührungen, und wie die kleine Tabelle M zeigt, hat derselbe im Vergleich zu dem in den Haupttabellen berechneten Lokalisationsfehler für t^0 fast um das Doppelte zugenommen; damit

Tabelle M.¹

		F_t	A_t
$t = 0$	Frühere Versuche	1,1	0,9
	Im Intervall von $120''$ aufgenommen	2,0	1,0

¹ Cfr. Tabelle I.

ist bewiesen, daß G. offenbar seine Aufmerksamkeit zwischen dem Normalreize und den Zwischenreizen teilte. Diese kleine Tabelle zeigt aber andererseits die interessante Thatsache, wie die Bemühung, den bestimmten Ort der ersten Empfindung festzuhalten, die Lokalisationsfähigkeit für sofortiges Lokalisieren verschlechtert. Bei dieser Gelegenheit machte ich auch an G. eine größere Anzahl Versuche t^0 , und zwar sofort, nachdem eine der in Tabelle K berechneten Reihen von 12 Versuchen zu Ende geführt war, d. h. nachdem G. etwa 400 Mal lokalisiert hatte. Der Fehler betrug dabei 1,4 im Durchschnitt; es scheint also, daß die Ermüdung sich in so hohem Grade bemerkbar macht, daß sie die Wirkung etwa eingetretener Übung völlig erdrückt.

Alle diese Versuchsreihen wurden aber gegen Ende Juli abgebrochen, zu der Zeit, da die weitaus exakteren Versuche an mir selbst begannen. Herr Professor ZIEHEN hatte die Güte, an mir im Februar und März 1894 eine größere Anzahl von Versuchen anzustellen, welche sich mit der Frage der Abwendung der Aufmerksamkeit im Intervalle beschäftigten. Da jedoch die oben angewandte Methode der Tastreize im Intervall schon einen starken Eingriff darstellte und es zweckmäßig erschien, mit den einfachsten Komplikationen zu beginnen, so wurde zunächst geprüft, welchen Einfluß eine einmalige, auf demselben Sinnesgebiete liegende Ablenkung auf die Größe des Lokalisationsfehlers und die Treue der Reproduktion auszuüben im stande wäre. Zu diesem Behufe wurde, während die sonstige Versuchsanordnung die gleiche blieb, wie oben für L. angegeben, im Beginne jedes Intervalles ein Thaler auf den distalen Abschnitt des linken Unterarmes gelegt. Derselbe wurde erst, nachdem lokalisiert war, wieder fortgenommen und stets auf der nämlichen Stelle aufgelegt, sein proximaler Rand 5 cm vom distalen Ende des Netzes entfernt in der Verlängerung der radialen Felderreihe. Auch war dafür gesorgt, daß die Münze vor jedem Versuche etwas Körperwärme hatte. Versuche, in denen der Thaler nach Angabe der Versuchsperson zu kalt war, wurden bei der Berechnung der reinen Fehler ausgeschieden. Untersucht wurden wieder die Intervalle 20" und 120". Tabelle N illustriert die Ergebnisse.

Die erste Horizontalreihe enthält von links nach rechts Zahl der Versuche, mittleren Lokalisationsfehler, mittlere Ab-

Tabelle N.

	<i>t</i> = 20"			<i>t</i> = 120"		
	<i>Z</i>	<i>F</i> _t	<i>A</i> _t	<i>Z</i>	<i>F</i> _t	<i>A</i> _t
Alle Versuche mit immer neu aufgelegtem Thaler	60	1,6	0,90	57	1,9	0,87
Dasselbe, aber nur reine Ver- suche	51	1,5	0,78	48	1,9	0,85
Vergleichswerte aus Tabelle H.	50	1,3		44	2,0	

weichung für 20" und weiter für 120", berechnet aus allen Versuchen dieser Reihe. Die zweite Horizontale enthält die gleichen Werte, bei Verwendung ausschließlich der reinen Versuche, die unterste Horizontale zum Vergleich die Lokalisationsfehler bei ungestörtem Intervalle. Und zwar sind füglich hier die Zahlen zum Vergleiche herangezogen worden, welche die Serie II der Tabelle H an die Hand giebt. Es erweist sich aus dieser Zusammenstellung, daß durch diese geringe Störung der Fehler nicht vergrößert worden ist; ein geringer Zuwachs für t^{20} und eine allerdings kaum beachtenswerte Abweichung bei t^{120} . Auch die Selbstbeobachtung hatte dieses Resultat erwarten lassen; während nämlich das Auflegen des Thalers als Stimulus der Aufmerksamkeit, ja geradezu als Signalreiz wirkte, indem man im Momente des Auflegens mit aller Anstrengung bemüht war, die Stelle des Normalreizes festzuhalten, wurde die einmal liegende Münze kaum noch als störend, oft sogar gar nicht empfunden, so daß es vorkam, daß erst das Wiederaufheben derselben nach beendetem Versuche daran erinnerte, daß dieselbe während des Intervalles auf dem Arme gelegen hatte. Vielleicht war der Einfluß dieser dauernden Berührungsempfindung im distalen Abschnitte des Unterarmes in dem Sinne zu bemerken, daß die proximal gerichteten Fehler ein wenig an Häufigkeit zunahmen. Doch war diese unter Umständen bemerkenswerte Erscheinung nicht konstant genug, um in irgendwelchem Sinne verwertet werden zu dürfen.

Parallel mit diesen Versuchsreihen wurde zu anderer Tageszeit eine weitere vorgenommen, die Herr Dr. Pincus die Freundlichkeit hatte, wieder an mir selbst vorzunehmen. Die

Versuche sind hier weniger zahlreich; zum Teil deswegen, weil Störungen häufiger eintraten und die Zahl der reinen Versuche infolgedessen zusammenschmolz. Sie bieten in der Anordnung eine kleine Variation der oben geschilderten, insofern hier der Thaler, im übrigen unter den gleichen Bedingungen, während einer ganzen Versuchsreihe einen Platz behielt und nicht im Beginne jedes einzelnen Versuches neu aufgelegt wurde.

Tabelle O zeigt, daßs auch hier nicht nur keine Verschlechterung der Reproduktion eintrat, im Gegenteil der Fehler für t^{120} um ein Bemerkenswertes sich verringerte.

Tabelle O.

	$t = 20''$			$t = 120''$		
	Z	F_t	A_t	Z	F_t	A_t
Thaler während der ganzen Reihe aufliegend	27	1,3	0,68	25	1,5	0,87
Zum Vergleich: Serie II aus Tabelle H	50	1,3		44	2,0	

Wenn es bei der geringen Versuchszahl erlaubt ist, einen Schluß zu ziehen, so könnte man vielleicht annehmen, daßs die stetige Berührungsempfindung dazu diene, dem Ablauf der Zwischengedanken in dem relativ langen Zeitraume von $120''$ immer ein Punctum fixum zu bieten, von dem sie nicht zu weit abschweifen dürfen, ohne wieder von neuem an ihren Ausgangspunkt zurückgeführt zu werden.

Leider wurden an dieser Stelle die weiteren Versuche für einige Zeit unterbrochen, indem sich infolge einer Morphinum-injektion eine entzündliche Schwellung an meinem Unterarme einstellte, die als Äquivalent nur gestattete, einmal vorübergehend die Lokalisationsfähigkeit der entzündlichen Partien gegenüber den gesunden zu prüfen, da etwa die Hälfte unseres Netzes von der Schwellung ergriffen war. Es ergab sich, daßs im Bereiche der Schwellung ein wenig schlechter lokalisiert wurde, als auf der normalen Hautfläche. Die Irritation der Haut verbot weitere Versuche. Es muß dahingestellt bleiben, ob dieser Effekt auf Rechnung der Schwellung und damit

Dehnung der Haut oder auf Irradiation der schmerzhaften Berührungsempfindung zu beziehen sei.¹

Tabelle P.

	<i>t</i> = 0		
	<i>Z</i>	<i>F_t</i>	<i>A_t</i>
Entzündete Partien.....	22	1,0	0,6
Normale Partien	23	0,8	0,54

In der letzten der an mir unternommenen Versuchsreihen wurde das Intervall mit einer Rechenoperation ausgefüllt. Die Versuchsanordnung dabei war folgende: Während im übrigen die Bedingungen die nämlichen, wie sonst für L. üblich, bleiben, wird sofort, nachdem die Berührung stattgefunden hat, durch den Mund des Experimentierenden (Herrn Professor ZIEHEN) eine Aufgabe aus dem Gebiete des grossen Einmaleins gestellt. Die Versuchsperson soll im Intervalle diese Aufgabe lösen, das Resultat laut angeben und nach Ablauf des Intervalles den berührten Punkt deuten. Beide Resultate, das der taktilen und das der arithmetischen Aufgabe, wurden protokolliert. Zunächst fällt auf, dafs von 50 Versuchen 8 Mal diese einfache Rechnung fehlerhaft ausgeführt worden ist; das Gefühl, falsch gerechnet zu haben, war noch viel häufiger und in den meisten Fällen so stark, dafs es mich veranlafste, das Resultat, nachdem es verkündigt war, durch nochmaliges Nachrechnen zu prüfen. In späteren Versuchen war ich auf Anordnung des Versuchsleiters bemüht, das Nachrechnen zu unterdrücken und mich nach verkündetem Resultate ausschliesslich mit dem Festhalten des berührten Punktes im Gedächtnis zu beschäftigen. Wenn also die rechnerische Sicherheit unter dieser doppelten Aufgabe erheblich gelitten hat, scheint die Sicherheit der Lokalisation nicht merklich geschädigt zu sein, wie Tabelle Q ergibt.

¹ An dieser Stelle mag auch erwähnt werden, dafs gelegentlich einer gröfseren Reihe *t*⁰ untersucht wurde, ob die Lokalisation in der nächsten Umgebung eines Härchens sich von der an unbehaarter Hautstelle unterscheide. Es ergab sich, dafs an den haarfreien Stellen ein wenig schlechter lokalisiert wurde.

Tabelle Q.

	$t = 20''$		
	Z	F_t	A_t
Rechnen im Intervall	50	1,3	0,71
Rechnen im Intervall, Serie II der Versuche	24	1,4	—
Zum Vergleiche die Werte aus Tabelle H.....	50	1,3	—

Es zeigt sich, daß bei Berechnung aller Versuche der Lokalisationsfehler gar nicht, bei Berechnung ausschließlich der II. Serie, welche die etwas schwierigen Rechenaufgaben enthielt, nur um ein sehr Geringes zugenommen hat. Vergleicht man dieses Ergebnis mit den Resultaten der entsprechenden Versuche¹ über das Augenmaßsgedächtnis, so zeigt sich eine bemerkenswerte Differenz. Denn bei diesen letzteren Versuchen war keine Ausfüllung des Intervalles so geeignet, die Unsicherheit der Reproduktion zu erhöhen, als Rechnen. Es weist dies offenbar darauf hin, welche bedeutende Rolle beim Kopfrechnen die optischen und besonders die Augenmuskulbewegungsvorstellungen spielen.

Eine besondere Beachtung verdient endlich noch die Tatsache, daß nicht nur F_t eine stete Zunahme mit wachsendem Intervalle aufweist, sondern auch A_t . Bei unseren heutigen psychologischen Anschauungen über die Relativität der psychischen Vorgänge ist es wohl verständlich, daß die Schwankungsbreite des Fehlers mit diesem zunimmt. Wieweit das Wachsen von A_t hiervon abhängig ist, läßt sich aus einer einfachen Gleichung leicht berechnen; es muß nämlich

$$\frac{A_{t^0}}{F_{t^0}} = \frac{A_{t^{120}}}{F_{t^{120}}} \text{ sein, wenn das Größerwerden}$$

von A_t nur auf diesem Faktor beruht. Dies trifft nun nach meinen Versuchen nicht zu. Vielmehr nimmt A_t mit wachsendem t absolut zu, aber langsamer, als F_t . Offenbar ist auch das Verhältnis von A_t zu F_t viel komplizierter, als es durch die obige oder eine ähnliche Proportion dargestellt wird.

¹ Cfr. Tabellen V und VI.

Tabelle R.

	<i>t</i>	<i>Z</i>	<i>F</i> _{<i>t</i>}	<i>A</i> _{<i>t</i>}	<i>A</i> _{<i>t</i>}
Alle Versuche an L.	0"	165	1,1	0,74	0,06
" " " "	20"	137	1,5	0,97	0,08
" " " "	120"	127	2,2	1,07	0,09
Versuche mit Straminnetz.....	0"	105	1,0	0,65	0,06
" " " "	20"	106	1,4	0,85	0,08
" " " "	120"	99	2,2	1,04	0,10
Reine Versuche	0"	105	1,0	0,65	0,06
" "	20"	92	1,3	0,66	0,07
" "	120"	82	2,2	1,01	0,11

Einer genauen mathematischen Fixierung entzieht sich dasselbe vorläufig noch. Wir können nur sagen, daß mit der Gröfse des Intervalles und daher mit der Gröfse des Lokalisationsfehlers der Einfluß zufälliger Momente noch wächst. Um dem naheliegenden Einwande zu begegnen, daß nur die +-Werte der *A*₁, *A*₂.....*A*_{*n*} das Wachsen von *A*_{*t*} bedingten, d. h. also daß es nur der Einfluß sehr großer, bei wachsendem Intervalle öfter vorkommender Fehler wäre, habe ich die Tabelle S angefertigt, in welcher nur die —-Werte von *A* zur Verwendung gekommen sind. Es zeigt sich, daß auch für diesen Fall, der also nur die Schwankungen < als *F* betrifft, mit wachsendem Intervalle ein Wachsen von *A*_{*t*} zu beobachten ist.

Tabelle S.
(Aus reinen Versuchen von L. gewonnen.)

<i>t</i>	<i>Z</i>	<i>F</i> _{<i>t</i>}	<i>A</i> _{<i>t</i>} <
0"	57	1,0	0,54
20"	46	1,3	0,63
120"	45	2,2	0,73

Für $A_t = \sqrt{\frac{s^2}{n(n-1)}}$ gilt noch mehr das, was schon von *A*_{*t*} zu sagen ist, daß alle diese Fehlerberechnungen, aus der physikalischen Betrachtung herübergenommen, für die psychologische Betrachtung nur von bedingtem Werte sein können. Indessen giebt *A*_{*t*}, das wir in der Tabelle R mit

angegeben haben, immerhin einen gewissen Anhalt für die wahrscheinliche Genauigkeit von F_t .

Zur Ergänzung der gefundenen Resultate wird es angebracht sein, einige Daten aus der Selbstbeobachtung hier beizufügen. Von den Versuchspersonen G, Hü, Hie und Po habe ich in dieser Beziehung wenig oder nichts erfahren können. Dr. P. giebt an, daß ihn beim Auffinden der berührten Stelle nach längerem Intervalle ein optisches Gedächtnisbild unterstütze. Er behauptet, in einer größeren Zahl von Versuchen das Bild des berührten Unterarmes mit dem aufgezeichneten Straminnetz vor Augen zu sehen und in diesem als Punkt die Stelle, die seiner Ansicht nach berührt worden ist. Dieses optische Erinnerungsbild ermögliche vielfach das Wiederauffinden des im Gedankenablaufe bereits vergessenen Punktes. Ein periodisches Deutlicherwerden hat P. weder an diesem, noch am taktilen Erinnerungsbilde beobachten können. — Ich selbst konnte an mir etwa folgendes wahrnehmen: Bei t^0 wird fast reflektorisch die zugehörige Bewegung des anderen Armes gemacht. Ich finde keine Zeit, über die Lage des berührten Punktes nachzudenken, oder mir ein irgendwie geartetes Bild desselben vorzustellen. Ich reagiere auf den Reiz mit einer bestimmten Deutbewegung und sehe mich fast nie veranlaßt, zu korrigieren. Anders, wenn zwischen Tastreiz und Reproduktion ein Zeitintervall eingeschoben wird. Eine Zeitlang hinterläßt noch der Reiz eine Art Nachbild; mit einiger Anstrengung gelingt es, auch dieses noch eine weitere Zeit durch eine Art von Suggestion festzuhalten, und wenn ich auch nicht, wie ein Autor von sich berichtet, im stande bin, durch die Stärke der Einbildungskraft mir an jeder Stelle der Körperoberfläche eine Berührung suggerieren zu können, so kann ich doch auf diese Weise den berührten Punkt eine Weile im Gedächtnis fixieren. Dann teilt sich meine Aufmerksamkeit zwiefach in einer Weise, die an die sensorielle und muskuläre Reaktion erinnert, indem ich einestheils versuche, die berührte Stelle gegenwärtig zu halten, andererseits durch Innervation des Deutarmes die Bewegungsvorstellung festzuhalten suche, die geeignet ist, die betreffende Lokalisationsbewegung auszuführen. Die Wirkung dieser intensiven Bewegungsvorstellung kann so mächtig werden, daß sie zu kleinen, teils mir selbst fühlbaren, teils von dem Experimentierenden bemerkten Be-

wegungen führt. Ein optisches Erinnerungsbild in dem Sinne, daß ich den Unterarm mit der berührten Stelle mir vorstellte, drängt sich verhältnismäßig selten in den Vordergrund des Bewußtseins. Vorstellungen und Vorstellungsverbindungen begrifflicher Art stellen sich besonders bei dem langen Intervalle von t^{120} ein. Ich erinnere mich, „der Ort war ziemlich weit proximal“ oder „das war in der Nähe der Volarfläche“ u. s. w., wenngleich diese Vorstellungen zu unbestimmter Natur sind, als daß auf ihre Wirkung allein die verhältnismäßig doch noch immer gute Lokalisation von 2 cm durchschnittlichen Fehlers zurückzuführen sei. Ihren Hauptwert für die Reproduktion sehe ich darin, daß sie geeignet sind, in den Fällen, in denen die Zwischengedanken weit von ihrem Ausgangspunkte abgeschweift sind, ein Mittel abzugeben, mit Hülfe dessen die berührte Stelle wieder ins Gedächtnis zurückgerufen wird. Von Interesse ist es, daß das Gefühl mangelnder Aufmerksamkeit im Intervall bei weitem nicht immer mit einem großen Lokalisationsfehler koinzidiert; im Gegenteil werden wie erwähnt relativ oft trotz des Gefühls der Unaufmerksamkeit und einer gewissen Unsicherheit beim Wiederauffinden des berührten Punktes sehr kleine Lokalisationsfehler gemessen. Das Gefühl der Ermüdung trat bei mir ziemlich früh ein; für das Intervall t^{120} meist schon nach 5—6 Versuchen. Ich bemerkte dann, daß es mir sehr schwer wurde, meine Gedanken auf die Aufgabe zu konzentrieren, und empfand unangenehme Spannungen in Kopf und Augen. Auch konnte an einem Abende über eine gewisse Zahl von Versuchen nicht hinausgegangen werden.
