

# Gedächtnisstudien.

## I.

Die Höhe unserer psychophysischen Entwicklung erreichen wir bekanntlich zum grossen Teil nur dadurch, dass willkürliche Verbindungen zwischen Empfindung und Bewegungsimpuls fortwährend in unwillkürliche übergehen, unser psychophysischer Mechanismus somit entlastet wird und die Aufmerksamkeit sich dadurch immer komplizierteren Aufgaben zuwenden kann. Wir gehen, schreiben, essen, musizieren u. s. w., ohne die einzelnen Teilbewegungen gesondert zu wollen, während wir ursprünglich jedem einzelnen Akt die Aufmerksamkeit zuwenden mussten. Der Vorgang besteht psychologisch also darin, dass bestimmte, durch äussere Reize hervorgerufene Empfindungskomplexe zunächst nur durch Mitwirkung anderer, associativ erzeugter Vorstellungen, speziell associativ reproduzierter Bewegungsempfindungen eine bestimmte Bewegung auslösen können, nach einer gewissen Uebung aber jene primären Empfindungen sich direkt in die Bewegung umsetzen, im Bewusstsein also auf die Reizempfindung ohne associatives Zwischenglied sofort die Wahrnehmung der eintretenden Bewegung folgt. Physiologisch betrachtet würde jede centripetale Erregung zunächst nur in der Hirnrinde sich in centrifugale Entladungen umsetzen, später aber sich eine Bahn geringsten Widerstandes zwischen denjenigen subkortikalen Centren herausbilden, welche in die

centripetale und in die centrifugale Bahn eingeschaltet sind; es würde dadurch die sensorische Erregung zur Hirnrinde gelangen, erst nachdem sie schon auf dem Wege dorthin den motorischen Impuls erweckt hat.

Es ist aus der täglichen Erfahrung bekannt, dass der Erfolg dieser Einübung auch dann nicht verschwindet, wenn die äusseren Reize längere Zeit hindurch fehlen; wir verlernen das Schlittschuhlaufen, Schwimmen, Tanzen, sogar das Sprechen einer fremden Sprache, das Ausführen einer komplizierten Technik und ähnliches auch dann nur wenig, wenn wir längere Zeit keine Gelegenheit zur Ausführung hatten. Psychologisch besitzen wir also ein gutes Gedächtnis für die einmal eingeübte Verbindung von Empfindung und Bewegungsimpuls, physiologisch bleibt durch lange Zeit eine molekulare Disposition der Verbindungswege zurück, die centripetale Erregung in die eingeübte centrifugale Erregung umzusetzen.

Es entsteht nun die theoretisch interessante Frage: wie verhält es sich mit dieser im Gedächtnis zurückbleibenden Disposition dann, wenn vermittelt neuer willkürlicher Einübung die betreffende Empfindung mit einem anderen Bewegungsimpuls verkoppelt wird und diese neue eingeübte Verbindung nun zur unwillkürlichen wird? Ist, sobald die neue, der ersten entgegengesetzte Verbindung soweit eingeübt ist, dass sie ausnahmslos richtig instinktiv ausgeführt wird, dadurch die frühere Verbindung aus dem Gedächtnis ausgelöscht? Kann sich die eine Leitungsbahn nur dadurch zur ausnahmslos fungierenden entwickeln, dass die andere verschwindet oder können zwei ganz verschiedene Bewegungsimpulse mit genau dem gleichen Empfindungskomplex im Gedächtnis verbunden sein und trotzdem nur der eine, für den die Disposition überwiegt, aktuell werden, ohne dass der andere sich irgendwie geltend macht? Dass ein Reiz ganz verschiedene Bewegungen auslösen kann, wenn er in verschiedenen Reizsystemen auftritt, ist selbstverständlich; derselbe optische Reiz der Notenpunkte ruft in den Händen des Klavierspielers verschiedene Bewe-

gungen hervor je nach dem Vorzeichen des Stückes, auch dann, wenn das Vorzeichen nicht mehr in seinem Blickfeld ist; der unmittelbar auslösende Reiz bedingt hier eben nur einen Teil aller der Vorstellungen, die sich in der Handbewegung entladen. Unsere Frage ist dagegen die, ob genau dieselben Vorstellungen gleichzeitig mit verschiedenen, sich wechselseitig ausschliessenden Bewegungsimpulsen verbunden sein können und trotzdem der schwächere nicht hindert, dass der stärkere ohne jede Hilfsassociation, ohne jeden Wahlvorgang vollkommen triebartig in Kraft tritt.

Die Versuche, von denen ich zu berichten habe, beweisen zwingend, dass dieser zweite Fall in der That zutrifft, dass also eine schwächere Disposition zu einer Bewegung sehr deutlich im psychophysischen Mechanismus vorhanden sein kann und trotzdem die entgegengesetzte Bewegung vollkommen automatisch von dem äusseren Reize hervorgerufen wird. Es ist dadurch wahrscheinlich gemacht, dass, wenn in unserem psychophysischen Apparat ein Centralteil in leichtleitender Verbindung zu mehreren anderen Zentralteilen steht, die Erregung durchaus nicht in alle diese verschiedenen Leitungsbahnen übergehen muss, sich also nicht etwa wie ein elektrischer Strom verhält, der in verzweigtem Leitungssystem sich in alle Bahnen dem Widerstand umgekehrt proportional verteilt, sondern dass die Bahn geringsten Widerstandes allein in Betracht kommt, die übrigen Bahnen unerregt bleiben. Wir gewinnen damit ein Schema, welches uns wenigstens einen gewissen Anhaltspunkt für die Auffassung der associativen Vorgänge in der Gehirnrinde gibt, über die wir direkt nicht das Geringste wissen. Die übliche Vorstellung, dass die Erregung einer Ganglienzelle sich auf allen disponiblen Leitungswegen verbreite, ist ja lediglich aus dem bequemen Bedürfnis einfachster Anschaulichkeit entstanden; sie ist weder durch bestimmte physiologische oder psychophysische Erfahrungen begründet, noch lässt sie sich mit den psychologischen Thatsachen anders als vermöge komplizierter Hilfskonstruk-

tionen in der Sphäre des Unbewussten in Einklang bringen. Es ist nicht wahr, dass jede Vorstellung eine Fülle von Associationen in uns erweckt und dann erst durch hinzutretende Faktoren die passende Association unter ihnen verstärkt und festgehalten wird. Dasjenige Schema dagegen, dessen Gültigkeit im Gebiet des Centralnervensystems durch die Bewegungsversuche wahrscheinlich gemacht wird, würde auch den psychologischen Thatsachen durchaus entsprechen.

Von allen theoretischen Folgerungen abgesehen war also die Frage: wenn eine bestimmte Bewegung mit einem bestimmten Empfindungskomplex durch Uebung so fest verbunden ist, dass die Bewegung ausnahmslos instinktiv ausgeführt wird, kann dann das Gedächtnis trotzdem daneben eine Disposition zurückbehalten, dieselbe Empfindung früherer Einübung gemäss mit einer anderen Bewegung zu verbinden, oder ist die automatische Ausführung der neuen Bewegung ein Beweis dafür, dass die Disposition für die frühere Bewegung völlig aus dem Gedächtnis ausgelöscht ist? Unter dem skizzierten Nebengesichtspunkt würde dieselbe Frage lauten: kann eine vorhandene Disposition, Empfindung und Bewegung zu verbinden, beim Eintritt der betreffenden Empfindung so vollkommen latent bleiben, dass eine andere, stärker eingeübte Bewegungsreaktion ohne Schwanken und Wahl regelmässig automatisch eintritt?

Um nachzuweisen, dass während der Zeit, in welcher die neue eingeübte Bewegung einzutreten pflegt, trotzdem die Disposition zu der früheren Bewegung nicht erloschen ist, gibt es einen einfachen Weg. Wir müssen jene frühere Bewegung zum zweitenmal von neuem willkürlich einüben. Stellt sich heraus, dass diese Einübung nun wesentlich rascher erfolgt als das erste Mal, so ist damit bewiesen, dass die Disposition zu dieser Verbindung inzwischen nicht völlig verschwunden war; ist für die Neugewöhnung überhaupt keine längere Uebung nötig, während sie früher nötig war, so werden

wir schliessen können, dass beinahe der gesamte frühere Übungserfolg im Gedächtnis bewahrt geblieben ist.

Die Auswahl von Versuchsbedingungen, welche den Anforderungen des Experimentes entsprechen, ist nicht ganz leicht, da mehrere Faktoren sich bei ihnen vereinigen müssen. Es müssen erstens Bewegungen gewählt werden, welche im gewöhnlichen Leben ohne Beteiligung der Aufmerksamkeit rein „mechanisch“ beim Eintreten gewisser Empfindungskomplexe ausgeübt zu werden pflegen. Es müssen zweitens diese Bewegungen leicht variierbar sein, so dass die eine wie die andere Bewegung willkürlich angeeignet ist und nicht etwa durch vitale Triebe gefordert wird. Drittens aber — und das ist das Schwierigste — die Bewegungen müssen so gewählt sein, dass sie zwar ohne Aufmerksamkeit ausgeführt werden, die Aufmerksamkeit sich dagegen ihnen sofort zuwendet, sobald sie falsch ausgeführt werden, sobald also die ältere Bewegung an Stelle der neueingefübten eintritt. Nur so kann die grössere oder geringere Leichtigkeit der Neueinübung exakt bestimmt werden, da offenbar die neue Bewegung um so leichter eingeübt worden ist, je seltener unabsichtlich die ältere Bewegung eintrat.

Im Laboratorium lassen sich solche Experimente natürlich überhaupt nicht anstellen, da sie eben eine vollkommene Ablenkung der Aufmerksamkeit vom Zweck des Experimentes verlangen; das kann nur dadurch erreicht werden, dass die Versuche sich in das tägliche Leben durch möglichst lange Zeit hindurch einweben. Ich habe die Versuche an mir selbst seit sechs Jahren mit den verschiedensten Bewegungskomplexen angestellt; ich will die drei Versuchsreihen mitteilen, welche ich ohne Unterbrechung zu Ende führen konnte. Andere Reihen wurden entweder irgendwie gestört oder erwiesen sich als nicht hinlänglich exakt, vor allem dadurch, dass ich beim Eintritt der Reize zu häufig die Vorstellung vom Zweck des Versuches associierte und somit die Bewegung nicht unwillkürlich ausgeführt wurde. Die drei Reihen, welche ich in

verschiedenen Jahren jede vier bis sechs Monate hindurch ausführte, beziehen sich auf die Benutzung des Tintenfassers, der Taschenuhr und der Zimmerthür.

Den Tintenfasserversuch machte ich in einem Sommer, in dem ich von Anfang März bis Ende Juli täglich mindestens fünf Stunden an einem Stehpult zu schreiben hatte. Ich war mit einer historischen Arbeit beschäftigt, die meine Gedanken beim Schreiben so völlig in Anspruch nahm, dass ich die alle paar Minuten erfolgende Bewegung des Federeintauchens vollkommen unwillkürlich vollzog. Die Wahrnehmung, dass die Tinte nicht mehr hinreichend aus der Feder floss, löste ohne psychisches Zwischenglied triebmässig die Bewegung der Hand zum Tintenfass aus. Dasselbe stand links vom oberen Rand der Schreibmappe, ein grosses Metallschreibzeug, dem man von aussen nicht ansehen konnte, ob es mit Tinte gefüllt sei oder nicht. Ich stellte nun eine Woche vor Beginn der Versuche ein zweites, genau gleiches Schreibzeug auf den entsprechenden Platz an der rechten Seite der Schreibmappe, zunächst ohne es zu benutzen, nur um mich an den Anblick zu gewöhnen, so dass der Gesichtseindruck der beiden Tintenfassers mir beim Beginn der Versuche in keiner Weise mehr auffiel und mich durchaus nicht besonders an irgendwelche Experimente gemahnte; die Eintauchbewegung erfolgte natürlich ausnahmslos in der jahrelang eingeübten Weise nach der linken Seite.

Am 1. März wurde das linke Tintenfass geleert und das rechte gefüllt. Alle notwendigen Versuchsbedingungen sind damit gegeben, denn die Eintauchbewegung muss bei der Arbeit nach wie vor gedankenlos erfolgen, sie muss aber sofort die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, sobald sie in der früher gewohnten statt in der neu gewollten Weise ausgeführt wird, da bei einem Eintauchen in das leere Tintenfass die Feder versagen muss. Jeden solchen Fall einer falsch ausgeführten oder falsch angefangenen Bewegung konnte ich somit kontrollieren und im Protokoll verzeichnen. Das Ergebnis war

folgendes: am 1. März wird bei siebenstündiger Schreibarbeit die Bewegung 8mal falsch zu Ende geführt, d. h. die Feder wirklich in das leere Fass eingetaucht, und 17mal falsch angefangen, d. h. die Bewegung nach der linken Seite hin begonnen, aber noch vor dem wirklichen Eintauchen durch eine mehr oder weniger deutliche Association auf halbem Wege gehemmt und in die geeignete Bewegung übergeführt. Am 2. März war das Ergebnis 2 falsche Ausführungen und 12 falsche Ansätze. Am 3. März keine falsche Ausführung, 9 falsche Ansätze; am 4. März 6 falsche Impulse, am 5. März auch 6, am 6. März 2, am 7. März gar keine falschen Fälle; am 8. März kamen wieder 2 falsche Fälle vor; von da an war das linke Tintenfass vergessen, und vollkommen automatisch trat beim Versagen der Tinte die Bewegung nach der rechten Seite ein. Im ganzen kamen also 64 falsche Innervationen vor, ehe die neue Verbindung von Empfindung und Bewegung vollkommen eingespielt war. Ich übte diese Verbindung nun noch drei Wochen lang.

Am 1. April wurde wieder die alte Anordnung hergestellt: das rechte Tintenfass geleert, das linke gefüllt. Das Ergebnis war, dass am 1. April die inzwischen eingeübte Rechtsbewegung 4mal ungeeigneterweise ausgeführt, 10mal angefangen wurde, am 2. April keinmal ausgeführt, 7mal angefangen, am 3. April 3mal, am 4. April 1mal angefangen wurde. Vom 5. April an war nach insgesamt 25 falschen Innervationen die Bewegung nach rechts vollkommen ausgeschaltet; die Bewegung nach links wurde wieder den ganzen Monat hindurch geübt. Am 1. Mai neuer Tausch: die Bewegung muss also wieder nach rechts eingeübt werden. Das Ergebnis ist: am 1. Mai 5 falsch ausgeführte, 6 falsch angefangene Fälle, am 2. Mai 3 falsch ausgeführte, 2 falsch angefangene, am 3. Mai 4, am 4. Mai 2 falsch angefangene Fälle und ein Nachzügler noch am 7. Mai, zusammen 23 Fälle.

Am 20. Mai neue Verwandlung: das linke Tintenfass ist gefüllt. Am ersten Tage 1 falsch ausgeführter, 7 falsch be-

gonnene Fälle, am zweiten Tage wieder 1 und 3, am dritten Tage nur ein falsch angefangener Fall, im ganzen 13. — Am 15. Juni das volle Tintenfass rechts. Am ersten Tage 2 und 5 falsche Fälle, am zweiten und am dritten Tage je ein falsch begonnener Fall, im ganzen also 9. Am 1. Juli die Tinte links; es kommen nur 4 falsch begonnene, gar keine falsch ausgeführten Bewegungen. Am 15. Juli Tinte zum letztenmal rechts; die falsche Bewegung wird 3mal falsch begonnen und dann ausnahmslos richtig ausgeführt. Am 25. Juli wieder links; kein falscher Fall. Am 1. August schloss ich die Arbeit.

Das Gesamtergebnis ist also, dass ich bei der Einübung der Rechtsbewegung, nachdem ich jedesmal vorher wochenlang hindurch in gleicher Weise vollkommen automatisch die Linksbewegung ausgeführt hatte, das erste Mal 64, das zweite Mal 23, das dritte Mal 9, das vierte Mal nur 3 falsche Bewegungen ausführte; bei der Neueinübung der Linksbewegung waren die entsprechenden Zahlen 25, 13, 4, 0. Jener grosse Unterschied zwischen 64 und 3 kann offenbar nur dadurch erklärt werden, dass bei der vierten Neueinübung schon eine sehr bedeutende Disposition für die betreffende Verbindung von Empfindung und Bewegung vorhanden war; diese Disposition war mithin in voller Stärke fast bestehen geblieben, obgleich die entgegengesetzte Bewegung in der Zwischenzeit vollkommen automatisch ablief. In den letzten Wochen hat die eine Disposition über die andere also nur ein minimales, durch die Kenntnis der Versuchsbedingungen hergestelltes Uebergewicht, und trotzdem kann die eine Bewegung ausnahmslos triebartig eintreten, die andere völlig latent sein. Auffallend scheint dabei nur, dass dennoch die erste Neueinübung der Linksbewegung nach einmonatlicher Pause 25 falsche Fälle aufwies, während jene Bewegung doch vorher so lange eingeübt war, dass die betreffende Disposition in voller Stärke die andere Bewegung hätte überdauern müssen, so wie sie es bei dem dritten und vollständig beim vierten Wechsel

that. Sie hat ja allerdings bei der ersten Neueinübung nur 25 Fehler gegenüber 64 der anderen Seite; diese 25 stehen aber den 23 Fällen der anderen Seite bei der zweiten Einübung gegenüber; die seit Jahren ausgeführte Bewegung hatte also das erste Mal keine stärkere Disposition zurückgelassen, als es die vierwöchentliche Gegenübung gethan; erst als sie später von neuem an die Reihe kam, hinterliess sie stärkere Spuren. Wir werden genau dasselbe auch am Uhr- und am Thürversuch sehen. Es scheint mir daraus die interessante Thatsache hervorzugehen, dass die psychophysische Disposition zu einer Bewegung auch dann, wenn die Bewegung vollkommen automatisch und triebartig einsetzt, doch nur einen mittleren Grad von Stärke erreicht, solange niemals entgegengesetzte Bewegungen bei demselben Reiz willkürlich hervorgerufen werden. Erst sobald ein solcher Wechsel in der Bewegungswahl eingetreten ist, entwickelt sich die Disposition zur bevorzugten Bewegung nach erneuter Einübung zu grösserer Stärke, und dieselbe nimmt stetig zu, je häufiger Gegenbewegungen erzwungen werden. Unser psychophysischer Apparat leistet also auch hierin seine Arbeit mit der möglichst geringen Anstrengung, und die stärkste, d. h. widerstandsfähigste Einübung wird auch durch die grösste Zahl von Wiederholungen nicht erreicht, wenn eine Ablenkung von der gewohnten Bahn überhaupt nicht in Frage kommt. Dass die Abnahme der falschen Fälle von Tag zu Tag nicht ganz gleichmässig erfolgt, hängt in erster Linie von der verschiedenen Tagesdisposition ab; sobald ich müde war, traten leichter falsche Fälle ein. Ob aber die falsche Bewegung zu Ende geführt oder auf halbem Wege inhibiert wurde, hing wohl in erster Linie von der Intensität der geistigen Arbeit ab.

Ganz ähnlichen Verlauf nahm das Experiment mit der Taschenuhr, das in gleicher Weise die Bedingungen des Versuches erfüllte. Ich gewöhnte mich zunächst vor Beginn der Versuche, wochenlang meine Taschenuhr in der linken Westen-

tasche ohne Uhrkette zu tragen, so dass ich die Uhr direkt fassen musste, um sie herauszuziehen. Da ich die Versuche zu einer Zeit machte, welche mir sehr mannigfaltige Tages-einteilung bot, habe ich täglich etwa 15- bis 20mal die Uhr benutzen müssen. Ich begann die Versuche am 1. Dezember, und zwar damit, dass ich die Uhr statt in die linke Westentasche in die rechte Tasche der Beinkleider that. Es ist sicher, dass ich auch die Bewegung zur Uhr in den weitaus meisten Fällen ohne Ueberlegung, völlig automatisch auszuführen gewohnt war; die innere Frage, wie spät es sei, setzte sich direkt in die Handbewegung um. Ebenso sicher ist, dass mir bei einer veränderten Unterbringung der Uhr eine falsche Bewegung, da sie resultatlos sein musste, niemals entgehen konnte. Da ich das Protokoll bei mir trug, konnte ich jeden falschen Fall sofort notieren. Auch hier liessen sich solche Fehlbewegungen unterscheiden, bei denen die falsche Bewegung ganz ausgeführt wurde, die Hand also in die leere Tasche griff, und solche, bei denen die Bewegungsempfindung noch rechtzeitig genug die Gegenvorstellung hervorrief, durch welche die falsch begonnene Bewegung gehemmt werden konnte. Daneben traten nun hier aber auch noch eigentümliche Mischbewegungen ein, welche einen interessanten Einblick in den Mechanismus der Handlungen gestatten. Da ich nämlich die Uhr, als sie in der linken Westentasche war, zuweilen nicht mit der rechten, sondern mit der linken Hand hervorzog, so traten auch jetzt, als die Uhr in der rechten Hosentasche war, im Laufe der Versuche zweimal Bewegungen der linken Hand nach der linken Beinkleidtasche auf und dreimal Bewegungen der rechten Hand zur rechten Westentasche, in beiden Fällen also Teile der alten und der neuen Bewegung gemischt und zwar traten solche Fälle ausnahmslos am Anfang ein, als eben noch keine Bewegung entschieden bevorzugt wurde. Sehe ich von diesen gemischten Bewegungen ab, so ergibt sich: am 1. Dezember 7mal falsch ausgeführt und 2mal falsch angefangen, am

2. Dezember 4mal und 3mal, am 3. Dezember 5mal falsch angefangen, am 6. einmal ausgeführt und einmal angefangen, am 7. war schon völlige Gewöhnung eingetreten, nach also 22 Fehlbewegungen. Am 1. Januar kam die Uhr wieder in die linke Westentasche; auch hier wieder die nicht unbeträchtliche Zahl von 11 Fehlern, die sich auf die ersten drei Tage verteilen. Am 1. Februar rechte Hosentasche: im ganzen 14 Fehler. Am 1. März linke Westentasche: 5 Fehler. Am 1. April rechte Hosentasche: 3 Fehler; am 1. Mai linke Westentasche: kein Fehler. Ich griff also auch hier den ganzen April hindurch vielleicht 500mal ausnahmslos richtig, vollkommen überlegungslos nach der Uhr in die rechte Beinkleidtasche, und doch existierte während dieser Zeit in meinem Bewusstsein eine so ausgeprägte Disposition, denselben Reiz mit dem Griff in die linke Weste zu beantworten, dass sofort nach der neuen Vertauschung auch diese Bewegung zu einer automatischen wurde. Beide Bewegungsdispositionen hatten also fast maximale Stärke erreicht und doch genügte das kleinste Uebergewicht der einen über die andere, um diese vollkommen auszuschalten und die andere automatisch funktionieren zu lassen.

Als dritte Versuchsreihe gebe ich meinen Thürversuch. Mein Arbeitszimmer stand durch zwei Thüren mit dem Korridor meiner Wohnung in Verbindung. Durch die eine Thüre A, die ich fast immer zu benutzen pflegte, kam ich direkt auf denselben, durch die rechtwinklig dazu liegende Thüre B kam ich in ein Vorzimmer, welches auch auf den Korridor führte. Es wurde nun abwechselnd je einen Monat hindurch erst die Thüre A, dann die Thüre B verschlossen, so dass ich beim Hinein- wie beim Herausgehen stets auf eine Thüre angewiesen war. Wenn ich als falsch ausgeführte Bewegungen diejenigen bezeichne, bei denen ich schon die Hand an die Klinke der verschlossenen Thüre gelegt, als falsch begonnene diejenigen, bei denen ich kommend oder gehend ein paar Schritte zur falschen Thür gemacht, so ist das Ergebnis

folgendes. Am 1. März — diese Versuchsreihe stammt schon aus dem Jahre 1886 — mache ich 5 ausgeführte, 2 begonnene, am 2. März 1 ausgeführte und 4 begonnene, am 3. und 4. März je 3 begonnene, am 6., 10. und 14. März je 1 begonnene, im ganzen also 21 Fehlbewegungen. Am 1. April wird B verschlossen; im ganzen 19 Fehlbewegungen. Wenn hier die Zahl der Fehler beim Rückgehen auf das ursprünglich Gewohnte fast ebenso gross wie bei der ersten Umgewöhnung, so lag es wohl daran, dass ich die Wohnung noch nicht lange hatte und die Gewohnheit, A zu benutzen, vorher durchaus nicht so ausnahmslos bestand, wie etwa das Uhrvorziehen und das Federeintauchen. Die 19 Fehlbewegungen verteilen sich auf die ersten sechs Tage. Am 1. Mai wird wieder B geöffnet; es treten jetzt nur im ganzen 3 falsch ausgeführte und 7 falsch begonnene Bewegungen ein. Am 1. Juni A geöffnet und B verschlossen: 6 Fehlbewegungen. Am 1. Juli B geöffnet: 1 Fehlbewegung; am 1. August A geöffnet: 2 Fehlbewegungen. Auch bei dem Thürversuch also ein Abfall von 21, 10, 1 Fehler, so dass wir das Ueberdauern der Gedächtnisdisposition auch dort, wo die andere Bewegung vollkommen „mechanisch“ eingeübt ist, mit Sicherheit annehmen dürfen. Unser Gedächtnis verliert die Spuren des einmal Eingeübten auch dann nicht, wenn die entgegengesetzte Bewegung durch neue Einübung schon längst zum Reflex geworden ist; die molekulare Disposition zu Nebenleitungen kann in hoher Stärke bestehen bleiben und trotzdem vollkommen wirkungslos sein, solange eine noch stärkere Disposition vorhanden ist. Die Fortpflanzung der Erregung im psychophysischen Apparat hat mithin, soweit die geschilderten Versuche ein Urteil gestatten, mit der Fortleitung des elektrischen Stromes in einem verzweigten Leitungssystem gar keine Aehnlichkeit; die Erregung pflanzt sich nur auf der Bahn des momentan geringsten Widerstandes fort, die anderen Bahnen bleiben ganz unbeteiligt.

## II.

Die Versuche, über die ich im folgenden zu berichten habe, untersuchen den Einfluss, den das Zeitintervall auf unser Gedächtnis für Sinnesempfindungen hat. Das Problem kann einer Lösung nur dann nähergeführt werden, wenn zunächst möglichst reichhaltiges Material aus den verschiedensten Sinnesgebieten gesammelt wird. Für Licht-, Schall- und Druckempfindungen liegt einiges Material vor, dagegen sind die bezüglichen Untersuchungen über Bewegungsempfindungen, sowohl bei Augenbewegungen als auch bei Gliederbewegungen noch durchaus unzureichend. Auf beiden Gebieten wurden in meinem Laboratorium eingehende Prüfungen angestellt. Die Untersuchung über den Einfluss des Zeitintervalls auf Armbewegungsempfindungen erfolgte unter der Leitung des Herrn stud. phil. Slatopolski, den Einfluss auf das Augenmass untersuchte Herr cand. med. Waldemar Lewy. Die betreffende Arbeit ist wesentlich eingehender als die über Armbewegungen; sie untersuchte die Zeitintervalle von 2 Sekunden bis 24 Stunden und führte die verschiedensten Variationen bezüglich Ausfüllung des Intervalls u. s. w. ein. Herr Lewy wird diese Untersuchung an anderem Ort selbständig ausführlich mitteilen, dort zugleich das gesamte in der Literatur vorliegende Material aus den verschiedenen Sinnesgebieten kritisch zusammenstellen und die Möglichkeit einer theoretischen Erklärung für die betreffenden Erscheinungen erörtern. Ich kann an dieser Stelle daher auf jede Kritik und theoretische Diskussion verzichten und mich darauf beschränken, die Ergebnisse unserer Armbewegungsversuche mitzuteilen. Das gewonnene Material dürfte besonders deshalb ein gewisses Interesse beanspruchen, weil die Ergebnisse bei allen vier Versuchspersonen in überraschendem Masse übereinstimmen.

Die Untersuchung wurde an demselben Apparat ausgeführt, den Herr Delabarre in seiner Dissertation über „Bewegungsempfindungen“ beschrieben und abgebildet hat, und auf den ich

unten gelegentlich der Versuche über „Grössenschätzung“ zurückkommen muss. Auch Herr Delabarre hatte in der erwähnten Arbeit (S. 105) die Frage nach dem Einfluss des Zeitintervalls schon berührt; da die grösste Zahl seiner auf ganz andere Fragen gerichteten Versuche aber mit dem konstanten Intervall von 4 Sekunden ausgeführt war, so betont er mit Recht, dass seine wenigen Fälle mit anderem Intervall ein allgemeingültiges Urteil über den Einfluss desselben nicht zulassen. Es war deshalb notwendig, die Untersuchung auf diese spezielle Frage zuzuspitzen und somit, wie es Herr Slatopolski gethan, Versuchsreihen anzustellen, bei denen alle übrigen Bedingungen konstant und nur das Intervall wechselnd war.

Die Schienen des Apparates waren vertikal fixiert. Der Wagen, welcher das horizontale Lager für den Zeigefinger der rechten Hand trägt, war in seinem Gewicht durch Belastung der über Rollen laufenden Schnur vollkommen kompensiert und durch das unter die Mittelschiene greifende fünfte Rad auf den Schienen festgehalten. Der Wagen folgte somit fast ohne Widerstand der Auf- und Abwärtsbewegung des Armes, und die Grösse dieser Bewegung konnte an der Skala abgelesen werden, über die der seitliche Zeiger des Wagens glitt. Als Nullpunkt galt für jede Versuchsperson diejenige Wagenstellung, bei der sie, vor dem Apparat stehend, den Oberarm vertikal an den Körper anlegen und den Unterarm rechtwinklig halten konnte, also die Ellbogenhöhe. Die Versuche wurden nun folgendermassen angestellt. Die Versuchsperson bewegt mit geschlossenen Augen den Wagen mit möglichst gleichmässiger Geschwindigkeit solange vom Nullpunkt aufwärts, bis der Wagen durch eine an den Schienen vom Experimentator an gewünschter Stelle festgeschraubte Arretur gegen Widerstand stösst und dadurch anhält; ebensolche Arretur war konstant am Nullpunkt angebracht, so dass der Weg des Wagens genau begrenzt ist. Sobald der Wagen oben durch den Querriegel angehalten wird, zieht die Versuchsperson den Finger heraus und lässt den Arm

frei heruntersinken. Der Experimentator löst so schnell wie möglich mit der einen Hand die Arretur, und mit der anderen Hand führt er den Wagen zum Nullpunkt zurück. Ein Assistent liest auf der Fünftelsekundenuhr die Zeit ab von dem Moment, in dem der Wagen gegen den Querriegel stösst, bis zu dem Ende des gewünschten Intervalls; ist dieses abgelaufen, so ruft er ein Signalwort, und auf dieses Signal steckt die Versuchsperson mit Unterstützung des Experimentators den Zeigefinger in den auf dem Nullpunkt stehenden Wagen und reproduziert mit möglichst gleichmässiger Geschwindigkeit aus dem Gedächtnis die vorher durchmessene Strecke. Der Experimentator liest ab und protokolliert, welchen höchsten Punkt der Wagen dabei erreicht; die Methode entspricht also der Methode der mittleren Fehler. Aus den für jede bestimmte Normalstrecke nach bestimmtem Intervall gewonnenen Vergleichsstrecken lässt sich dann der durchschnittliche konstante Fehler berechnen, dessen Abhängigkeit von der Grösse des Intervalls wir suchten.

Die zehn Raumstrecken, welche wir untersuchten, waren 5, 10, 15 . . . bis 50 cm, die Zeitintervalle, die in Betracht kamen, 2, 5, 10, 20, 60 Sekunden. Die Versuche mit Wiederholung der Strecke nach 2 und nach 24 Stunden sind zu wenig zahlreich, als dass ich sie hier berücksichtigen dürfte. Von den genannten Zeiten innerhalb einer Minute haben wir dagegen ausreichendes Material gewonnen, insofern wir für jedes Intervall von jeder Versuchsperson fünf Reihen aufnahmen, in deren jeder alle zehn Strecken vorkamen. Nur bei dem Intervall von 60 Sek. begnügten wir uns mit drei Reihen von jeder Person, weil diese Versuche sich als äusserst anstrengend und ermüdend erwiesen; die Minute, während welcher mit geschlossenen Augen die Vorstellung der Tastraumstrecke festgehalten werden sollte, schien subjektiv so beängstigend lang, dass die meisten stets nur wenige Einzelversuche hintereinander ausführen konnten. Um den Einfluss von Uebung und Ermüdung auszugleichen, wurden nicht etwa

erst alle Versuche mit 2 Sek., dann alle mit 5 Sek. u. s. w. angestellt, sondern von jedem Intervall wurde immer nur eine Reihe ausgeführt, in der die 10 Strecken natürlich vollkommen unregelmässig wechselten, und dann zu einem neuen Intervall übergegangen, so dass die fünf Werte für jedes Intervall und jede Strecke in fünf verschiedenen, über den ganzen Sommer 1891 verteilten Zeiten gewonnen wurden. An den Versuchen haben zwar sieben Herren ursprünglich teilgenommen, aber nur von vier Personen, den Herren Clemens, Gill, Lewy und Zermelo, liegen wirklich vollständige Reihen vor. Bei den drei anderen sind zum Teil beträchtliche Lücken; die beharrliche Ausführung von Gedächtnisversuchen verlangt ja eine beträchtliche Dosis Geduld, die schliesslich nicht jedermanns Sache ist. Ich gebe also nur die Ergebnisse der Versuchspersonen Cl., G., L. und Z., und zwar zunächst die aus dem fast 1000 Versuchen gewonnenen Durchschnittswerte der Vergleichsstrecken. Die vorderste Vertikalreihe gibt die Normalstrecken in Centimetern an, die oberste Horizontalreihe die Sekundenzahl des verwerteten Intervalls; jede Durchschnittszahl ist aus fünf Versuchen berechnet:

<b>Cl.</b>						
<i>cm</i>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<i>sec</i>
<b>5</b>	10,0	8,9	8,5	9,8	9,9	
<b>10</b>	16,7	14,6	12,8	13,6	14,8	
<b>15</b>	19,3	17,1	16,7	17,8	20,5	
<b>20</b>	25,1	21,2	20,7	21,5	23,5	
<b>25</b>	29,5	26,8	23,6	25,9	27,2	
<b>30</b>	37,0	32,9	30,9	33,2	36,7	
<b>35</b>	41,3	37,6	36,3	36,9	41,8	
<b>40</b>	45,0	41,8	40,0	42,0	46,2	
<b>45</b>	49,2	48,4	44,8	48,7	50,0	
<b>50</b>	56,0	52,7	52,6	54,1	54,5	

<b>G.</b>					
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>
5	8,5	8,0	7,6	7,2	9,1
<b>10</b>	13,0	11,3	10,6	11,4	16,0
<b>15</b>	19,7	18,8	16,9	16,5	19,6
<b>20</b>	26,5	23,2	22,3	22,5	26,2

	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>
<b>25</b>	29,5	29,3	24,7	27,2	31,3
<b>30</b>	34,1	34,1	29,2	31,2	34,4
<b>35</b>	38,9	38,0	36,2	36,8	38,0
<b>40</b>	44,2	43,9	42,6	45,9	46,2
<b>45</b>	49,0	49,4	46,6	50,9	51,5
<b>50</b>	53,0	53,1	51,9	55,0	54,8

**L.**

	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	9,2	8,4	7,8	9,2	9,0
<b>10</b>	15,1	15,5	13,3	17,7	17,3
<b>15</b>	20,6	19,3	18,6	24,1	25,6
<b>20</b>	26,2	25,4	22,5	30,7	31,2
<b>25</b>	32,2	29,8	28,6	34,0	35,6
<b>30</b>	37,1	36,9	36,2	40,0	39,3
<b>35</b>	42,7	40,5	39,3	44,7	46,5
<b>40</b>	46,8	45,5	44,6	49,2	49,5
<b>45</b>	50,8	50,6	50,5	51,7	53,6
<b>50</b>	55,2	54,8	52,5	55,0	57,1

**Z.**

	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	8,8	8,5	7,8	8,2	8,9
<b>10</b>	12,5	11,8	11,1	11,0	13,7
<b>15</b>	16,8	14,9	14,2	15,0	17,8
<b>20</b>	20,3	19,8	20,1	22,6	22,4
<b>25</b>	24,7	24,0	24,0	25,3	27,9
<b>30</b>	28,5	28,6	28,0	32,8	33,0
<b>35</b>	33,3	33,0	32,9	37,2	36,8
<b>40</b>	38,9	37,2	35,9	40,2	40,7
<b>45</b>	42,4	42,1	40,4	44,6	46,3
<b>50</b>	47,6	47,1	44,7	48,7	49,0

Wir können einen schnellen Ueberblick über den Einfluss des Zeitintervalls, wie er sich in den vorstehenden Tabellen ausspricht, am einfachsten dadurch gewinnen, dass wir die zehn Werte je einer Vertikalreihe addieren. Die Summe der zehn Normalstrecken ist 275 cm, die Summe der zehn als Durchschnittswerte gewonnenen Vergleichsstrecken ist:

	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>60</b>
<b>Cl.</b>	329,1	302,0	286,9	303,5	325,1
<b>G.</b>	316,4	309,1	288,6	304,6	327,1
<b>L.</b>	335,9	326,7	313,9	356,3	364,7
<b>Z.</b>	273,8	267,0	259,1	285,6	296,5

Berechnen wir hieraus den prozentischen Fehler, der im Verhältnis zu der Normalsumme von 275 begangen, so erhalten wir:

	2	5	10	20	60
<b>Cl.</b>	+ 19,7	+ 9,8	+ 4,3	+ 10,4	+ 18,2
<b>G.</b>	+ 15,0	+ 12,4	+ 4,9	+ 10,7	+ 18,9
<b>L.</b>	+ 22,1	+ 18,8	+ 14,1	+ 29,5	+ 32,6
<b>Z.</b>	— 0,4	— 2,8	— 5,8	+ 3,9	+ 7,8

Das bei allen vier Versuchspersonen ausnahmslos übereinstimmende Resultat geht also dahin, dass die Vergleichsstrecke nach 2 Sekunden grösser gemacht wird als nach 5, nach 5 Sekunden grösser als nach 10, dagegen nach 10 Sekunden kleiner als nach 20 und nach 20 kleiner als nach 60. Diesem Resultat ordnen sich auch die hier nicht mitgeteilten lückenhaften Versuchsreihen der drei anderen Versuchspersonen unter, und vor allem zeigen die oben angeführten Tabellen, dass dieses Verhältnis nicht etwa erst bei der Summierung der zehn Einzelstrecken hervortritt, sondern dass es für jede Strecke von 5 bis 50 cm fast ausnahmslos gilt; die vereinzelt Ausnahmen betreffen nur Differenzen von wenigen Millimetern, Differenzen, die offenbar verschwunden wären, sobald durch eine noch grössere Zahl von Versuchen die Reihe der Durchschnittswerte an Regelmässigkeit gewonnen hätte.

Nicht so völlig übereinstimmend ist die im allgemeinen stark hervortretende Ueberschätzung der Normalstrecke; bei Z. werden die Normalstrecken nach kleinen Zeitintervallen unterschätzt. Deshalb können wir auch das obige Resultat nicht in die Form bringen, dass die Strecken nach 10 Sek. am getreuesten reproduziert werden; das gilt für diejenigen, welche regelmässig überschätzen, bei Z. dagegen kommt die grössere Vergleichsstrecke nach 2 Sek. der Normalstrecke wesentlich näher als die kleinere nach 10 Sek. Es bleibt hierbei freilich zu berücksichtigen, dass die Versuchsperson Z. einen Kopf kleiner als die drei anderen war, die Durchmesser

der grösseren Strecken für sie daher mit Unbequemlichkeit verknüpft war. Wenn wir mit Rücksicht darauf bei Z. die vier grössten Strecken bei der Berechnung weglassen, so erhalten wir als Summe der Normalgrössen 105 cm, als Summe der Vergleichsgrössen

111,6      107,6      105,2      114,9      123,7:

der Prozentwert des konstanten Fehlers beträgt mithin:

+ 6,3 %      + 2,5      + 0,2      + 9,4      + 17,8.

Es würde mithin dann auch für Z. die durchschnittliche Ueberschätzung ausnahmslos gelten und somit auch bei ihm die Reproduktion nach 10 Sek. die genaueste sein. Individuelle Verschiedenheit besteht auch in der Stärke der Veränderung; so ist bei 5 und bei 20 Sek. die Vergrösserung der Vergleichsstrecke gegenüber 10 Sek. für Cl. und G. ungefähr gleich, bei L. und Z. aber für 20 Sek. erheblich stärker als für 5 Sek. Ebenso macht Cl. die Strecken nach 2 Sek. grösser als nach 60, während bei den anderen das umgekehrte Verhalten sehr ausgeprägt ist. Was schliesslich die Unterschiede der einzelnen Strecken anbetrifft, so ist es klar, dass für alle Intervalle gleichmässig die kleinen Strecken im Verhältnis sehr viel mehr überschätzt werden als die grossen. Es muss dabei offenbar berücksichtigt werden, dass ein ungleiches Verhältnis der äusseren Bewegungseffekte noch nicht ein ungleiches Verhältnis der subjektiven Bewegungsempfindungen voraussetzt, und nur auf diese kann die Reproduktion der Strecke sich stützen. Eine Bewegung von 50 cm näherte sich schon den Grenzen der Armbewegung; bei den grösseren Strecken wächst die Stärke der Sensationen also sehr viel schneller als die durchmessene Strecke, und eine Vergrösserung der 50cm-Strecke in dem Verhältnis, in dem die 5cm-Strecke vergrössert wurde, war physisch unmöglich. Da die Verschiedenheit in der Ueberschätzung der verschieden langen Strecken augenscheinlich unabhängig vom Zeitintervall ist, so hat diese Frage übrigens uns hier nicht zu beschäftigen. Das,

worauf es uns hier allein ankommt, ist lediglich, dass bei allen Versuchspersonen das Gedächtnisbild der Bewegungsvorstellung sich in der ersten Minute nach ausgeführter Bewegung derart verändert, dass von der ersten Sekunde an die Bewegung in der Erinnerung immer kleiner zu werden scheint, nach 10 Sekunden den kleinsten Wert erreicht und von nun an stetig wieder wächst, so dass sie nach 60 Sek. im allgemeinen wieder grösser ist als nach 2 Sek. Dabei wird die Normalgrösse so stetig überschätzt, dass im allgemeinen selbst der nach 10 Sek. erreichte Minimalwert doch noch grösser ist als die objektiv gegebene Strecke.

---