

(Aus dem psychologischen Laboratorium der Universität Breslau.)

Beiträge zur Lehre von den Lage- und Bewegungsempfindungen.

Von

F. KRAMER und G. MOSKIEWICZ.

Die folgenden Versuche, die auf Anregung von Herrn Prof. EBBINGHAUS angestellt sind, beschäftigen sich mit der Reproduction von Lagen und Bewegungen unserer Hände. Der gemeinsame Gesichtspunkt aller dieser Untersuchungen liegt darin, die Genauigkeit dieser Reproduction unter möglicher Veränderung der beim Zustandekommen der Lage- und Bewegungsvorstellungen beteiligten Factoren festzustellen und so einigen Aufschluss über die Bedeutung dieser Factoren zu erhalten. Gleichzeitig konnten wir dabei auch der Frage nach der Unterschiedsschwelle bei Bewegungsempfindungen näher treten.

1. Versuche über Lageempfindungen.

Es soll die Genauigkeit bestimmt werden, mit der eine von uns fixirte Lage reproducirt werden kann. Hierbei ist zu untersuchen, in wie weit sich die Genauigkeit ändert, je nachdem die fixirte Lage von derselben oder von der anderen Hand reproducirt wird; ferner je nachdem die Versuchsperson passiv in die zu reproducirende Lage gebracht wird oder sie activ einnimmt. Schließlich wenn der Ort, in dem die Reproduction stattfindet, und die Spannung der bei der Bewegung beteiligten Muskeln variirt werden. Aehnliche Versuche sind bereits von M. A. BLOCH¹ gemacht worden. Unsere Versuchsanordnung ist der seinigen nachgebildet und besteht in Folgendem:

¹ *Revue scientifique* (10). 1890.

Die Versuchsperson saß mit verbundenen Augen vor einer horizontal ausgespannten Papierfläche in ihrer Lage durch eine Kinnklammer fixirt. Auf der rechten Seite der Papierfläche wurden 9 Punkte ausgewählt, welche in Reihen zu je 3 in verschiedenen Abständen vom Körper lagen. Die 3 Reihen waren vom Körper 20, 32 und 44 cm entfernt. Die Abstände der einzelnen Punkte einer Reihe von der Medianlinie betragen 8, 20 und 32 cm. Alle diese Punkte lagen also in dem der Hand bequem zugänglichen Bereiche. Es wurde nun der Zeigefinger der Versuchsperson vom Versuchsleiter auf je einen dieser 9 Punkte gebracht, einige Augenblicke dort liegen gelassen und dann von der Versuchsperson selbst wieder vom Tisch entfernt. Nach einer kurzen durch das Metronom festgesetzten Zeit (ca. 4 Sec.) versuchte nun die Versuchsperson diesen Punkt mit derselben Hand wieder zu finden. Eine 2. Versuchsreihe bestand darin, daß die Hand der Versuchsperson vom Versuchsleiter nicht auf den betreffenden Punkt gebracht wurde, sondern dieselbe sich von vornherein den zu reproducirenden Punkt von selbst wählte. Damit jedoch diese Punkte in ihrer Lage nicht zu sehr von den Punkten der ersten Versuchsreihe abwichen, wodurch eine directe Vergleichung beider Reihen unmöglich wäre, wurde die Versuchsperson angehalten, sich in der Wahl der 9 Punkte möglichst an die 9 Punkte der ersten Versuchsreihe zu halten. So wurde es erreicht, daß die Lage der 9 selbstgewählten Punkte von der der gegebenen nicht wesentlich abwich und dadurch eine Vergleichung beider Reihen ermöglicht. Diese Versuche sind längere Zeit an einer und derselben Person fortgesetzt worden. Es wurden je sieben Versuchsreihen verwerthet; die ersten noch ziemlich unzuverlässigen Resultate sind hierbei nicht berücksichtigt.

Die Resultate dieser Versuchsreihen sind folgende: Zunächst zeigte sich eine deutliche stetig mit der Uebung wachsende Genauigkeit. Diese wurde durch wochenlang fortgesetzte Uebung schliesslich so groß, daß, während bei der ersten verwertheten Versuchsreihe (Durchschnittswerth aus 54 Einzelversuchen) die Abweichung des reproducirten Punktes vom ursprünglichen 3,6 cm war, sie nach der dritten Woche bei der letzten (7.) Versuchsreihe nur 1,1 cm betrug. Ja diese einmal erlangte Uebung war so fest erworben, daß sie sich bei derselben Versuchsperson noch nach 1 Jahre, während dessen keinerlei Ver-

suche gemacht worden waren, nachweisen liefs, indem bei einer einmaligen Wiederholung der Versuche der durchschnittliche Fehler aus 36 Einzelversuchen 1,6 cm betrug, im Gegensatz zu einem Fehler von 3,6 cm bei den ersten Versuchen des Jahres vorher.

Die Resultate weisen ferner einen deutlichen Unterschied in der Genauigkeit der Reproduktionen auf, je nachdem der zu reproducirende Punkt der Versuchsperson gegeben, oder von ihr frei gewählt wurde. Es seien zunächst einige Einzelversuche angeführt, und zwar sind die Resultate der ersten Versuchsreihe mit gegebenem Punkte den der zweiten mit frei gewähltem Punkte gegenübergestellt.

Versuchsperson Herr cand. med. WALTHER H.

(Die Zahlen bedeuten die Entfernung des reproducirten Punktes vom gegebenen in mm ausgedrückt.)

Versuchsreihe	Der Punkt ist gegeben	Der Punkt wird frei gewählt
1.	4,0	2,8
2.	5,5	2,7
3.	3,8	2,8
4.	2,2	1,5
5.	3,4	2,7
6.	2,7	2,1
7.	1,6	1,5
8.	2,6	1,4
9.	2,2	1,3
10.	1,1	0,8

Nehmen wir den Durchschnittswerth aus sämtlichen 189 Einzelversuchen, so beträgt im ersten Falle die Abweichung 2,6 cm im zweiten Falle 1,9 cm. Bei frei gewähltem Punkte wurde also dieser um 27 % genauer reproducirt als bei gegebenem. Die Ursache dieser Erscheinung ist folgende:

Im zweiten Falle bei frei gewähltem Punkte war die zweite Bewegung, durch welche der Punkt wiedergefunden wurde, eine genaue Wiederholung der ersten Bewegung, mit der die Versuchsperson die Lage des Punktes bestimmte. Die Bewegungsempfindungen waren daher in beiden Fällen genau dieselben, deshalb mit einander gut vergleichbar, weshalb Fehler leicht gemerkt und vermieden werden konnten. Im ersten Falle, wo sich die Hand das erste Mal passiv, das zweite Mal activ be-

wegte, lagen die Bedingungen für eine Vergleichung viel ungünstiger. Da nämlich die einer activen Bewegung entstammenden Empfindungen den aus derselben aber passiven Bewegung hervorgehenden zwar ähnlich aber durchaus nicht gleich sind, da ja bei ersterem noch ein ganz anderer Factor, nämlich das Bewußtsein des willkürlichen Handelns hinzukommt, so sind beide Empfindungscomplexe nicht unmittelbar mit einander vergleichbar. Fehler können also hier leicht entstehen, ohne gemerkt zu werden. Ein Unterschied in der Gröfse der Abweichung bei den einzelnen Punkten, die wie gesagt alle dem Zeigefinger der Hand bequem erreichbar waren, liefs sich nicht nachweisen.

Um den Einflufs festzustellen, den etwa die Muskelspannung auf die Lageempfindung ausübt, wurde untersucht, in wie weit sich durch künstliche Beeinflussung derselben die Genauigkeit der Reproduction ändert. Diese Veränderung wurde dadurch erreicht, dafs die Bewegung bei der Reproduction gegen einen Widerstand erfolgte, zu dessen Ueberwindung eine vermehrte Spannung der beteiligten Muskeln erforderlich war. Dieser Widerstand wurde erreicht durch ein Gummiband oder durch ein Gewicht, die beide von dem Zeigefinger der rechten Hand in einer der Bewegung entgegengesetzten Richtung zogen. Das Gewicht war an einem Faden befestigt, der über eine hinter der Versuchsperson angebrachte Rolle lief. Bei der Belastung mit dem Gewichte war die Muskelspannung bei der Reproduction gegen die erste Bewegung erhöht, blieb aber während der ganzen Bewegung constant. Unter dem elastischen Zuge des Gummibandes jedoch, dessen Spannung während der Bewegung stets gröfser wird, mußte dementsprechend auch die Muskelspannung stetig zunehmen. Hierbei ergab sich, dafs durch Einschaltung dieser Widerstände die Genauigkeit nicht wesentlich beeinflusst wurde.

Die Abweichung vom gegebenen Punkte betrug (Versuchsperson Herr cand. med. WALTHER H.):

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| 1. bei frei sich bewegender Hand | = 2,05 cm |
| 2. bei mit Gewicht belasteter Hand | = 2,50 cm |
| 3. bei mit Gummiband belasteter Hand | = 2,25 cm. |

Die Differenzen der einzelnen Resultate sind hierbei so gering, dafs sich aus ihnen keine weiteren Schlüsse ziehen lassen.

Diese Resultate zeigen also, daß trotz der veränderten äußeren Bedingungen die Genauigkeit der Reproduction fast die gleiche geblieben ist. Eine Aenderung in der Spannung der Muskeln muß nun auch auf die aus diesen stammenden Empfindungen verändernd einwirken. Da wir nun trotz dieser Veränderungen keine wesentliche Beeinträchtigung der Genauigkeit finden, so giebt uns dies wohl einen Hinweis darauf, daß die aus den Muskeln stammenden, uns über ihren Spannungszustand benachrichtigenden Empfindungen zur Beurtheilung einer Lage bzw. der zu ihrer Erreichung nothwendigen Bewegung verhältnißmäßig unwesentlich sind. Vielmehr geben uns die übrigen Empfindungen genügend Anhalt für die Beurtheilung und ermöglichen es uns, dem störenden Einfluß der veränderten Muskelspannung auszuweichen.

Gegenüber dieser Beobachtung, daß die Beeinflussung des Muskels, eines bei der Bewegung doch wesentlich beteiligten Factors, die Genauigkeit der Reproduction nicht beeinträchtigt, ist das Resultat der jetzt zu erwähnenden Versuchsreihe doch immerhin recht auffallend.

Von wesentlicher Bedeutung für die Genauigkeit erwies sich nämlich die Lage des zu reproducirenden Punktes zum Körper. Einer wirklich genauen Reproduction sind wir überhaupt nur fähig im Bereich eines Feldes, in dem unsere Hand sich vorwiegend zu bewegen gewohnt und daher genauer abgemessene Bewegungen auszuführen im Stande ist. In einer Lage außerhalb dieses Bereiches, die auch die Versuchsperson als unbequem wahrnimmt, verringert sich sofort die Genauigkeit, und es macht sich deutlich die Neigung geltend, bei der Reproduction in das Feld der bequemerer Lage zurückzukehren.

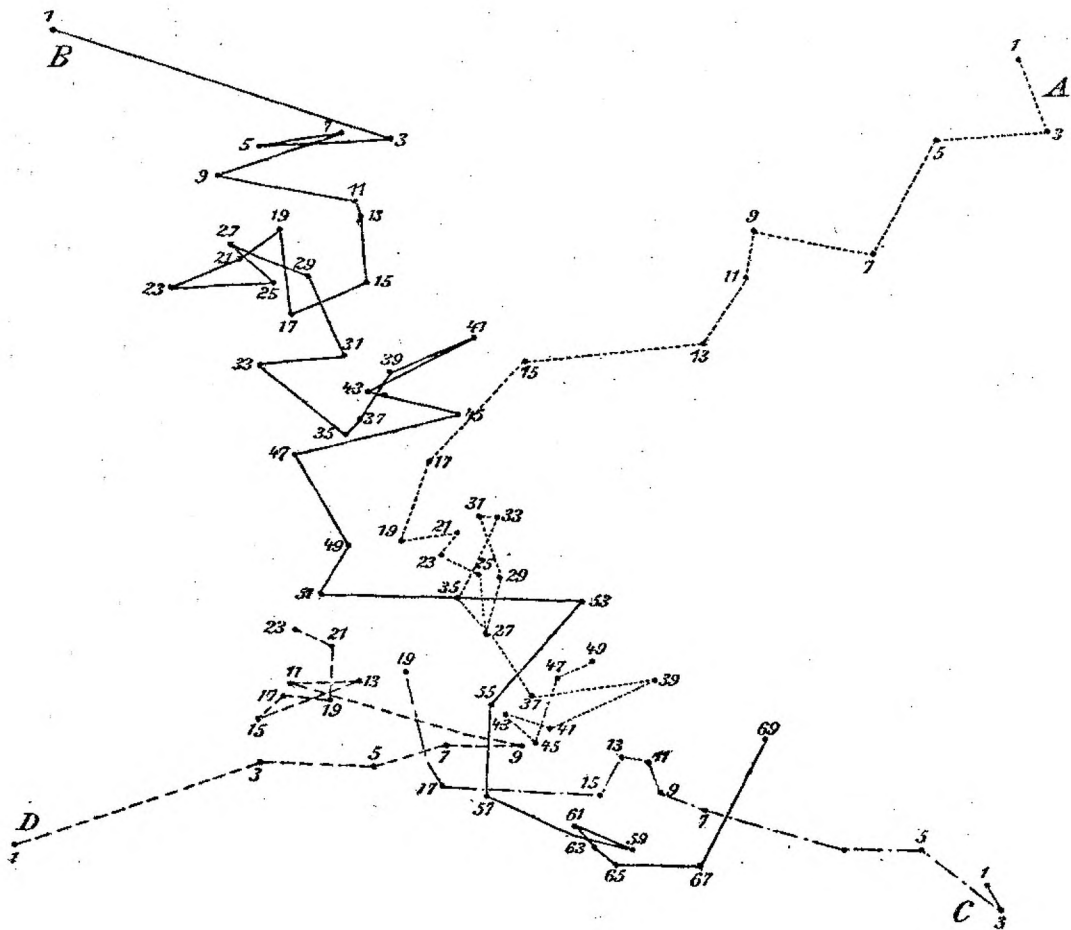
Das von uns untersuchte Feld entsprach, wie oben erwähnt, ungefähr diesem Bereich der bequemen Lage. Es lag zwischen 8 und 32 cm von der Mittellinie und zwischen 20 und 44 cm vom Körper entfernt. Daher war in diesem Felde bei den einzelnen Punkten eine Abnahme der Genauigkeit nicht zu finden, doch bestand schon die Neigung, die am meisten lateral oder oben gelegenen Punkte bei der Reproduction nach der Mitte zu verlegen. Auch BLOCH hat bei seinen an einem vertical aufgespannten Schirme gemachten Versuchen gefunden, daß die größte Genauigkeit in einer mittleren Lage vorhanden war, während die Fehler wuchsen, je weiter das Feld nach außen zu

liegen kam. Weit deutlicher und ins Auge fallend kann der Einfluß der bequemen Lage durch folgende Versuchsanordnung gezeigt werden.

Der Zeigefinger der einen Hand wurde auf einen Punkt der horizontalen Papierfläche gelegt, der nicht mehr im Bereich der bequemsten Lage, aber doch von den Grenzen der Bewegungsfähigkeit noch einigermaßen entfernt war. Die Versuchsperson wurde nun aufgefordert, natürlich immer mit verbundenen Augen, den Zeigefinger der anderen Hand auf den entsprechenden (symmetrischen) Punkt der anderen Seite zu bringen und dort liegen zu lassen. Sodann wurde die erste Hand vom Tische heruntergenommen, und die Versuchsperson hatte nun die Aufgabe diese wiederum in eine zur zweiten Hand symmetrische Lage zu bringen, und so abwechselnd zwischen beiden Händen in immer gleichen Zwischenpausen. Jeder reproducirte Punkt diente somit einer neuen Reproduction

Fig.

Linke Hand.

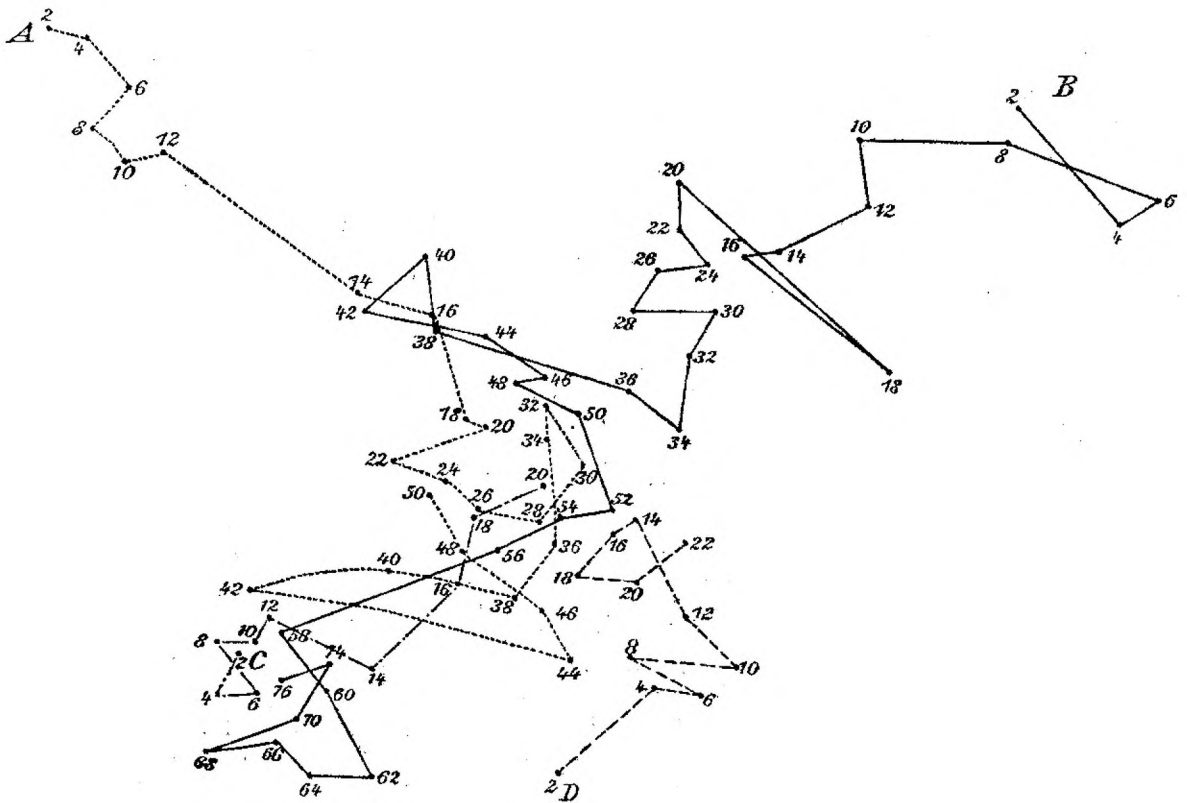


Die beiderseits mit gleichen Buchstaben bezeichneten Curven wurden von beiden Händen gleichzeitig nach dem im Texte angegebenen Ver-

zum Ausgangspunkt. Es wäre nun bei dieser Versuchsanordnung zu erwarten, daß die Abweichungen auf beiden Seiten in entgegengesetzter Richtung erfolgten. Wenn z. B. die linke Hand bei der Reproduction des rechts gelegenen Punktes dabei etwa um eine gewisse Größe vom symmetrisch gelegenen Punkte abweicht, so müßte dann die rechte Hand bei der Reproduction dieses links gelegenen Punktes ungefähr dieselbe Abweichung nach der entgegengesetzten Richtung zeigen, also ungefähr wieder zu dem Ausgangspunkte zurückkehren. Es würden sich dann bei fortlaufender Reproduction die angegebenen Punkte regellos beiderseits um die Anfangspunkte gruppieren. Dies war jedoch durchaus nicht der Fall, vielmehr erfolgten die Abweichungen beiderseits nach derselben Richtung, so daß ein stetiges Fortschreiten zu constatiren war. In beifolgender Figur sind die einzelnen Punkte, wie sie aufeinander folgten, mit fortlaufenden Ziffern bezeichnet, so daß also immer die ungeraden

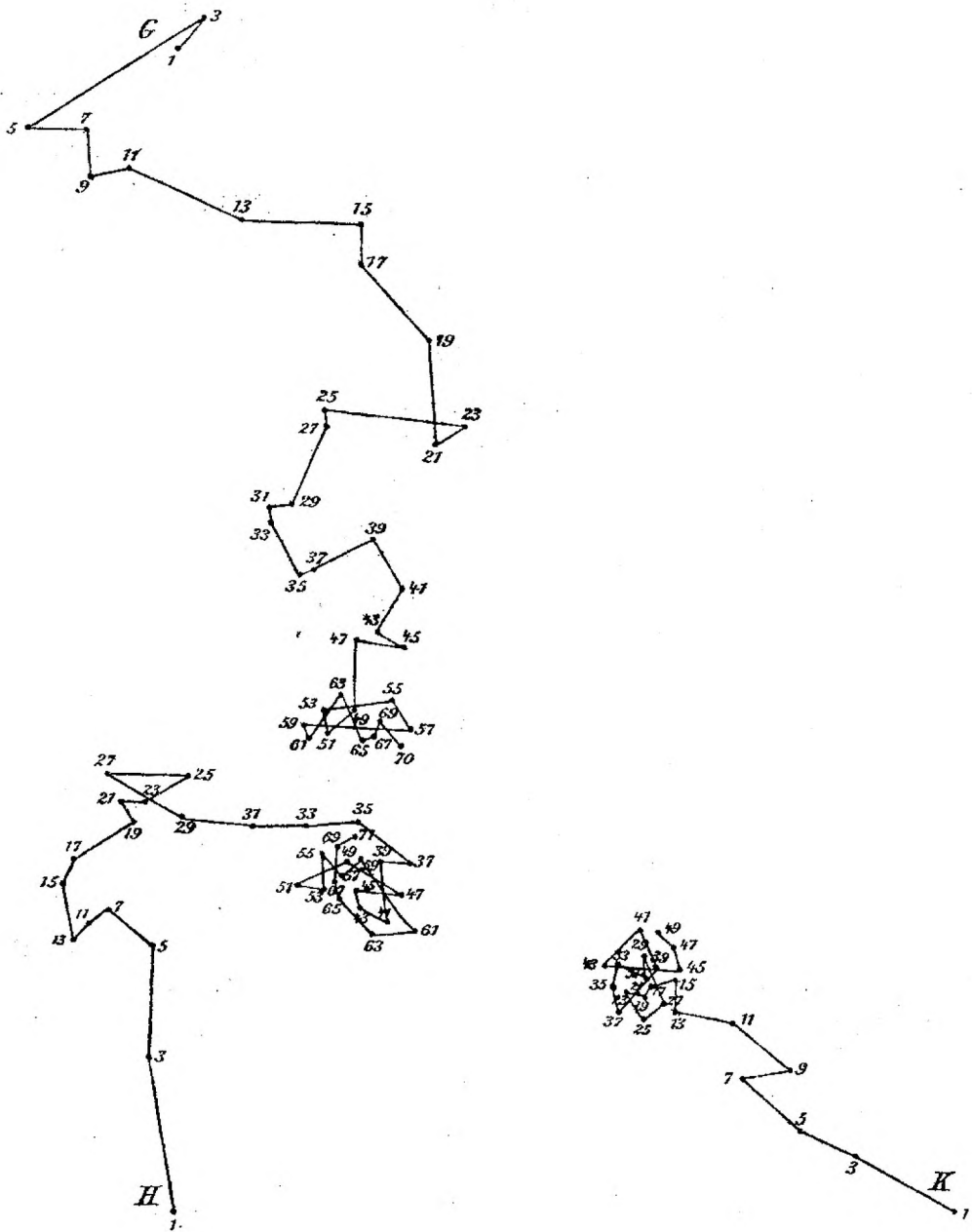
I.

Rechte Hand.



fahren beschrieben. (Versuchsperson Herr cand. med. LUDWIG O.) (3fache Verkleinerung der Originalcurven.)

Linke Hand.



Die Curven G , H , K sind auf dieselbe Weise, wie die in

Zahlen der einen (nämlich der anfangenden) Hand, die geraden der anderen zugehören. Hat z. B. die rechte Hand begonnen, so ist Punkt 6 die von der linken Hand ausgeführte symmetrische Reproduction des von der rechten Hand gegebenen Punktes 5 und andererseits ist Punkt 7, den die linke Hand angiebt, die symmetrische Reproduction zu Punkt 6. So schritten beide Hände stufenweise fort, und wenn man die einzelnen Punkte jeder Seite mit einander verbindet, so geben die so erhaltenen Curven ein anschauliches Bild von dem Wege, den

II.

Rechte Hand.

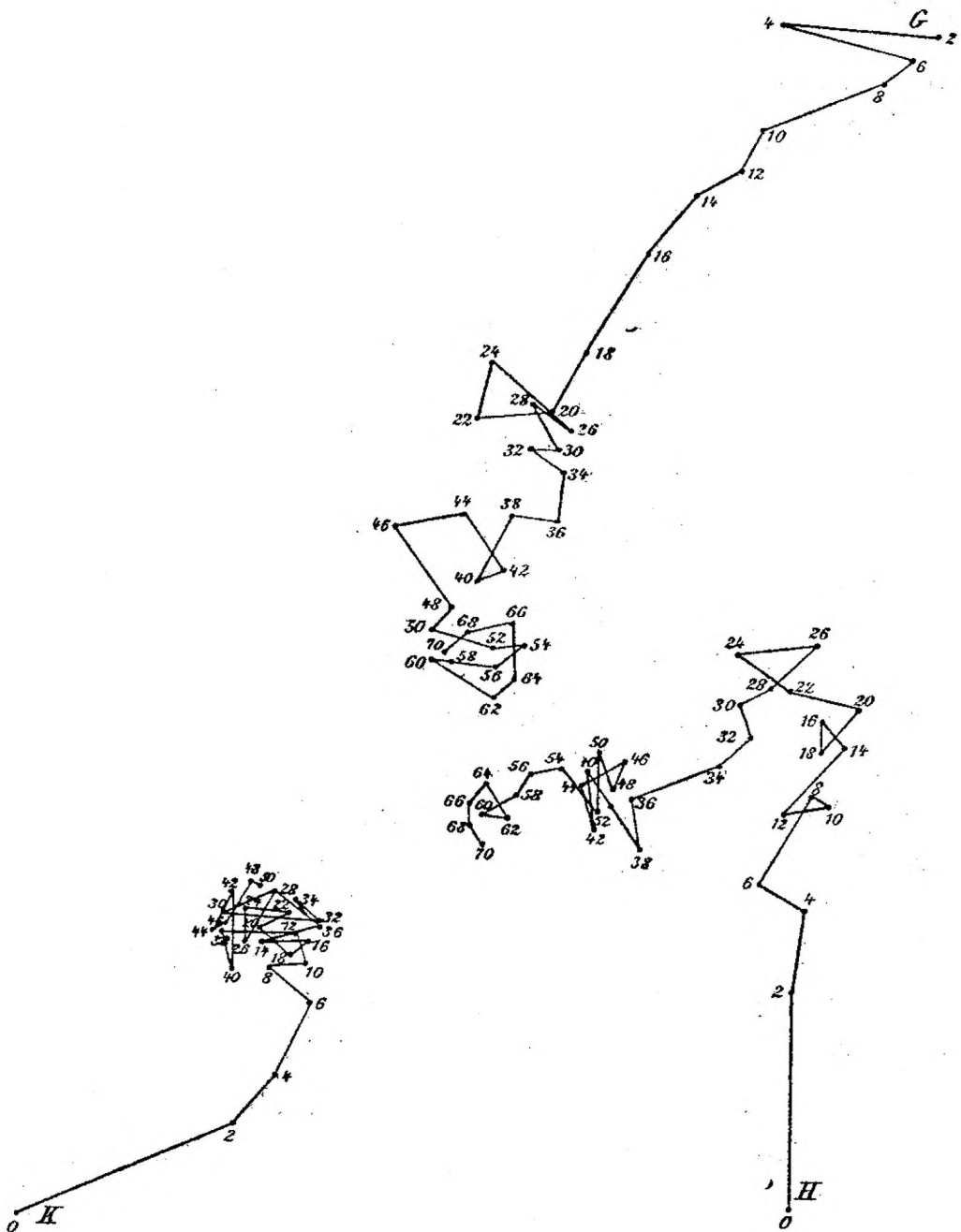


Fig. I entstanden. (Versuchsperson Herr stud. phil. Otto S.)

beide Hände auf diese Weise zurücklegten. Die Anfangspunkte dieser Curven liegen, wie bereits erwähnt, in verhältnißmäßig unbequemer Lage, entweder zu nahe oder zu entfernt vom Körper, sowohl medial als auch lateral vom Körper. Von allen diesen Punkten aus zeigte sich die deutliche Neigung den reproducirten Punkt in der Richtung nach einem mittleren Felde, das der bequemen Lage der Hand entsprach, zu verlegen, so daß, wenn die Reproduction eine gewisse Zeit lang fortgesetzt wurde, die Wege von allen Punkten aus sich in derselben

Gegend trafen. Das Fortschreiten der Hände war zuerst ein so großes, daß sie sich schon nach wenigen Wiederholungen vom Anfangspunkte um mehrere Centimeter entfernt hatten. Allmählich nahm das Fortschreiten ab. Auch die Constanz der Richtung wurde nicht mehr scharf inne gehalten, bis die Hand, in der ihr bequemsten Lage angekommen, nur noch geringe unregelmäßige Abweichungen nach den verschiedensten Richtungen zeigte. Individuelle Unterschiede waren natürlich bei den einzelnen Personen deutlich zu bemerken.

Wir sehen also, daß wenn wir symmetrische Punkte angeben sollen, die Lage von großem Einflusse ist, in der sich die Punkte befinden. Bei nur ziemlich unbequemen Lagen sind wir nicht im Stande, symmetrische Punkte genau anzugeben und können uns der Neigung den zweiten Punkt in die bequemere Lage zu verlegen, nicht entziehen, trotz der dauernden Controle, die uns der jedesmalige Vergleich mit der anderen ruhenden Hand bietet. Dies wiederholt sich immer von Neuem, bis das Feld der bequemsten Lage erreicht ist, wo die Reproduction entsprechend viel genauer wird. Dabei war sich aber die Versuchsperson nach eigener Angabe schon nach einigen Wiederholungen deutlich bewußt, sich vom Anfangspunkte merklich entfernt zu haben. Da aber für die Wahl des symmetrischen Punktes einzig und allein die Lage der anderen Hand maßgebend war, und die Versuchsperson im einzelnen Falle die Abweichungen nicht merkte, sondern vielmehr die beiden Punkte für durchaus symmetrisch hielt, so vermochte sie nicht der ihr bewußt werdenden Abweichung entgegen zu arbeiten.

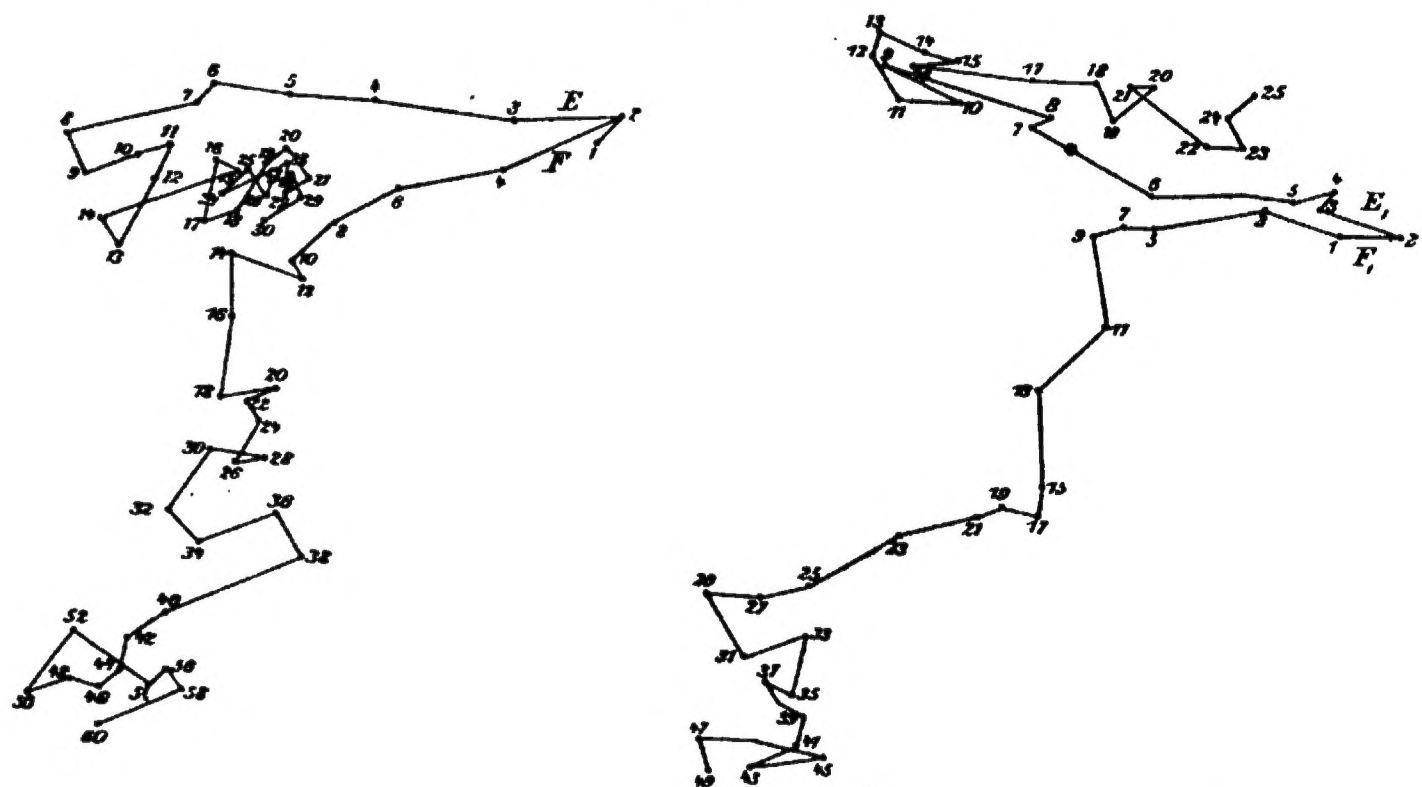
Fällt dagegen der stetige Anhaltspunkt fort, den die eine Hand der anderen bietet, so ist es der Versuchsperson möglich, sobald sie die Abweichung merkt, diese zu corrigiren.

Folgende Versuche zeigen das:

Es sollten nicht mit beiden Händen symmetrische Punkte festgestellt werden, sondern die eine Hand sollte in sich immer gleich bleibenden Zwischenräumen denselben Punkt wiederholt hinter einander aufsuchen. Auch hier trat deutlich die Neigung hervor nach einer bequemeren Lage fortzuschreiten. Sobald sich jedoch die Versuchsperson dieser Abweichung bewußt wurde, kehrte sie um und schlug eine ungefähr nach dem Ausgangspunkte zurückführende Richtung ein, was nach dem oben

Gesagten völlig verständlich ist (siehe die beiden Curven E E_1 in Fig. III.)

Fig. III.



Die Curven E und E_1 wurden von der linken resp. rechten Hand gesondert nach der oben angegebenen Methode beschrieben. Die Curven F und F_1 sind auf dieselbe Weise wie die Curven in Fig. I u. II ausgeführt und vergleichsweise den Curven E und E_1 beigefügt, um den Unterschied beider Methoden zu demonstrieren. Die den Curven F u. F_1 entsprechenden Curven der anderen Hand sind weggelassen.

(Versuchsperson Herr stud. phil. Otto S.)

Der jedesmaligen Abweichung wurde sich also die Versuchsperson trotz der recht beträchtlichen Distanz nicht bewußt. Erst wenn durch Summirung der Fehler immer größer wurde, trat mit einem Male der Augenblick ein, wo die Versuchsperson ihre Abweichung vom Anfangspunkte merkte und sofort die nöthige Correction eintreten lassen konnte. Indem man ihre Aufmerksamkeit durch die Frage erhöhte, ob die Reproduction auch recht genau sei, wurde das Eintreten der Correction beschleunigt, und die Umkehr trat um so deutlicher hervor. Diese Versuchsreihen demonstrieren deutlich die Thatsache, daß eine einigermaßen genaue Reproduction und ein deutliches Bewußtsein von schon geringer Abweichung nur im Felde bequemer Lage möglich ist, und daß in unbequemer Lage die Abweichungen größer werden und eine deutliche Neigung besteht, beim Reproduciren in die bequemere Lage zurückzukehren.

Die Erklärung dieser Erscheinung ist wohl folgende: da die Bewegungsvorstellungen durch Association einer Reihe von Empfindungen zu Stande kommen, so wird die Beurtheilung von Lagen und Bewegungen dem Grade entsprechen, in welchem wir Gelegenheit haben, diese Associationen mehr oder weniger einzuüben. Sie wird also dort am genauesten sein, wo unsere Hand feinere Bewegungen auszuführen gewohnt ist. Außerhalb dieses Bereiches muß die Schätzung entsprechend ungenau werden.

2. Bewegungsempfindungen.

Der zweite Theil der Versuche beschäftigt sich mit der Frage, mit welcher Genauigkeit wir im Stande sind, Bewegungen ihrer Größe nach zu vergleichen und zu reproduciren. Hierbei wurde einmal untersucht, wie diese Vergleichung ausfällt bei verschiedener Länge der zurückzulegenden Strecken, d. h. also die Unterschiedsempfindlichkeit für verschiedene Bewegungsgrößen. Ferner, wie die Vergleichung zweier Bewegungen ausfällt, die sich in ihrer Lage zum Körper sowie in ihren Richtungen von einander unterscheiden. Diese letzten Versuche stehen in einer gewissen Beziehung zu unseren Lageversuchen mit wechselnder Lage des zu reproducirenden Punktes, insofern als auch hier Abänderungen von Factoren, die von vornherein mit den Bewegungsvorstellungen nichts zu thun zu haben scheinen, die Vergleichung und Reproduction wesentlich beeinflussen.

a) Einfluss der Größe der zu reproducirenden Strecke auf die Genauigkeit der Reproduction.

Eine Untersuchung über die Unterschiedsempfindlichkeit bei Bewegungen erwähnt WUNDT¹; sie wurde von SEGSWORTH an- gestellt und bestand, soweit sich aus den kurzen Bemerkungen ersehen läßt, in Folgendem: Die Versuchsperson vollführte an einem vertical aufgestellten Brette durch Drehung im Oberarm- gelenk 2 Bewegungen von demselben Anfangspunkte aus. Während die erste dieser Bewegungen constant blieb, wurde die zweite variirt und die Versuchsperson aufgefordert die zurück- gelegten Strecken der Größe nach zu vergleichen. Daraus wurde vermittels der Methode der eben merklichen Unterschiede die

¹ WUNDT, *Physiol. Psychol.*, IV. Aufl., Bd. I, S. 429.

Unterschiedsschwelle festgestellt. Es ergab sich dabei das Resultat, daß bei Bewegungen verschiedener Größe bis zu einem Bewegungsumfange von 60° die absolute Unterschiedsschwelle (Δr) bei gleichbleibender Geschwindigkeit annähernd constant blieb. Dieses Resultat erscheint schon deshalb von vornherein ziemlich unwahrscheinlich, weil es den Beobachtungen auf fast allen Sinnesgebieten direct widerspricht, wo nicht die absolute, sondern die relative Unterschiedsschwelle constant ist. Vor Allem läßt sich gegen die ganze Versuchsanordnung der Einwand erheben, daß es sich hierbei anscheinend gar nicht um eine Vergleichung von Bewegungsgrößen gehandelt hat; denn da die Bewegungen, so viel sich nach der Beschreibung des Verfahrens urtheilen läßt, stets von demselben Anfangspunkte aus erfolgten und bei den verschieden großen Strecken nur die Endlagen um Geringes variierten, so mußte die Versuchsperson in ihrem Urtheil über die Größe beider Strecken sich hauptsächlich darnach richten, ob sie dieselbe Endlage erreicht hatte oder nicht, und für diese Beurtheilung ist natürlich die Größe der Strecke ziemlich belanglos, so daß also hier die Bewegungsgrößen an sich gar nicht verglichen wurden. Diese Fehlerquelle wird vermieden, wenn die beiden zu vergleichenden Bewegungen nicht von demselben Anfangspunkte ausgehen, sondern die zweite, am Endpunkte der ersten beginnend, sich unmittelbar an diese anschließt. Hierbei werden sicher nur Bewegungen ihrer Größe nach mit einander verglichen, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Betheiligung der Muskeln bei den beiden Vergleichsstrecken eine etwas andere ist, worauf wir später noch zurückkommen werden.

Nach diesem Plane untersuchten wir die Unterschiedsempfindlichkeit für Bewegungsempfindungen nach der Methode der mittleren Fehler und der richtigen und falschen Fälle. Verwandt wurden hierbei reine Bewegungen im Ellbogen und Schultergelenk.

Die Versuchsanordnung war folgende:

Die Versuchsperson saß mit verbundenen Augen vor einer horizontal ausgespannten Papierfläche, in ihrer Stellung durch eine Kinnklammer fixirt. Das Ellbogengelenk lag auf dem Tische an bezeichneter Stelle, und der Bogen, den der Zeigefinger in dieser Stellung bei reiner Winkelbewegung im Ellbogengelenk zurücklegt, war auf der Papierfläche aufgezeichnet. Auf

diesem Bogen legte die Versuchsperson Strecken von bestimmter Länge zurück, deren Anfangs- und Endpunkte durch senkrecht zur Bewegungsrichtung straff ausgespannte dünne Drähte bezeichnet waren.

Bei der Methode der mittleren Fehler wurde die Versuchsperson nun angewiesen, bei der Marke, die das Ende der ersten Strecke bezeichnet, einen Augenblick anzuhalten und sodann, in der Bewegung fortschreitend, eine zweite Strecke von möglichst gleicher Länge zurückzulegen. Die Endlagen wurden alsdann bezeichnet, die erste (Normal-) Strecke betrug abwechselnd 40, 80, 120, 160 mm (dies entspricht ungefähr einer Winkelgröße von 6, 12, 18, 24°). Jede von diesen Strecken wurde in einer Versuchsreihe je 30 Mal reproducirt, jedoch so, daß dieselbe Normalstrecke immer nur 3 Mal hinter einander der Reproduction zu Grunde gelegt wurde. Dadurch wurde vermieden, daß die Versuchsperson die jeweilig erreichten Endlagen in Erinnerung behalten und sich darnach richten konnte. Um zu vermeiden, daß die Tasteindrücke an der Papierfläche irgend welche Anhaltspunkte geben konnten, war die Hand mit einem dünnen Handschuh bekleidet.

Die zweite (reproducirte) Strecke fiel dabei constant kürzer aus als die Normalstrecke; eine Thatsache, deren Begründung wir weiterhin ausführlich behandeln werden. Der mittlere Fehler mußte natürlich dementsprechend auf den Mittelwerth der reproducirten Strecke bezogen werden.

Resultate.

Die Versuche wurden bei verschiedenen Personen mit demselben Ergebniss angestellt. Es seien hier die zuverlässigsten an einer Person angestellten wiedergegeben. (S. nebenstehende Tabelle.)

Hier betragen die relativen Unterschiedsschwellen

$\frac{3,15}{30,3}$	$\frac{5,43}{59,9}$	$\frac{8,0}{91,1}$	$\frac{11,73}{130,1}$
= $\frac{1}{9,6}$	$\frac{1}{11,0}$	$\frac{1}{11,4}$	$\frac{1}{11,4}$

Bei der Methode der richtigen und falschen Fälle wurde folgende Versuchsanordnung angewandt:

Anstatt daß die Versuchsperson, wie bei der Methode der mittleren Fehler, die zweite Strecke der ersten gleich lang zu

Versuchsperson Herr stud. phil. Otto S.

a bezeichnet die mittlere reproducirte Strecke,
b den mittleren Fehler aus 30 Einzelversuchen.

Versuchsreihe	Normalstrecke =							
	40		80		120		160	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
1	31	2,7	67	6,4	101	7,7	148	8,1
2	25	2,7	50	4,0	79	5,9	124	11,0
3	30	3,0	58	5,1	87	8,0	131	15,4
4	34	3,2	61	6,4	94	6,9	130	11,3
5	31	3,9	60	5,2	90	8,5	133	12,5
6	31	3,4	63	5,5	96	11,0	115	12,2
Summe:	182	18,9	359	32,6	547	48,0	781	70
Mittel:	30,3	3,15	59,9	5,43	91,1	8,0	130,1	11,73

machen suchte, durchlief sie hier mit dem Zeigefinger der Hand zwei abgegrenzte Strecken von verschiedener Gröfse in derselben Weise nach einander, und hatte anzugeben, ob sie die zweite für kleiner, gleich oder gröfser als die erste hielt. Die Endpunkte der beiden Strecken wurden durch dünne quer ausgespannte Drähte markirt. Während die erste Strecke constant blieb, wurde die zweite in Abständen von je 5 mm variirt. Die Reihenfolge, in der die verschiedenen Vergleichsstrecken vorgelegt wurden, wurde durch das Loos bestimmt. Die Grenzen der Vergleichsstrecken nach oben und unten wurden so bemessen, daß die größten und kleinsten von ihnen stets und mit voller Sicherheit für gröfser bzw. kleiner als die Normalstrecke erklärt wurden. Als Normalstrecken wurden Strecken von 40, 80, 160 mm angewandt (also ungefähr 6, 12, 24 °). Als Vergleichsstrecken dienten nach dem oben angegebenen Principe Strecken zwischen 30 und 50 mm, 60 und 95 mm und 115 und 170 mm. Aus den abgegebenen Urtheilen wurden die Gleichheitsurtheile herausgesucht und aus den Vergleichsstrecken, bei denen diese Urtheile gefällt worden waren, die Mittelwerthe gezogen, wobei jede Vergleichsstrecke so oft in Anrechnung gebracht wurde, als bei ihr Gleichheitsurtheile abgegeben wurden. Indem wir die Differenzen der von Gleichheitsurtheilen begleiteten Vergleichsstrecken gegenüber der zugehörigen Normalstrecke berechneten, und aus diesem Werthe den Mittelwerth

nahmen, erhielten wir den mittleren Fehler. Diese Art der Berechnung entsprach vollständig dem bei der vorigen Methode angewandten Verfahren.

Resultate.

1. Versuchsperson Herr cand. med. WALTHER H.

Normalstrecke	80		160	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
	77,3	3,65	155,1	6,65

also die relative Unterschiedsschwelle

$$\frac{3,65}{77,3} \quad \frac{6,65}{155,1} \quad = \quad \frac{1}{21,2} \quad \frac{1}{23,3}$$

2. Versuchsperson Herr cand. med. ERNST F.

Normalstrecke	40		80		160	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
	39	2,7	75,3	5,2	136,9	7,85

also die relativen Unterschiedsschwellen

$$= \quad \frac{2,7}{39} \quad \frac{5,2}{75,3} \quad \frac{7,85}{136,9}$$

$$= \quad \frac{1}{14,4} \quad \frac{1}{14,5} \quad \frac{1}{17,4}$$

Die relativen Unterschiedsschwellen sind also bei ein und derselben Versuchsperson nicht wesentlich von einander verschieden.

Entsprechende Versuche wurden nun auch angestellt mittels reiner Bewegung im Schultergelenk an einer verticalen Fläche. Die Normalstrecken waren 150 und 300 mm (ungefähr 13 und 26 Grad); die Vergleichsstrecken bewegten sich zwischen 110 und 160 resp. 200 und 265 mm.

Versuchsperson Herr cand. med. ERNST F.

Normalstrecke	150		300	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
	132	7,75	232	13,4

also die relativen Unterschiedsschwellen

$$= \quad \frac{7,75}{132} \quad \frac{13,4}{232}$$

$$= \quad \frac{1}{17} \quad \frac{1}{17,3}$$

. Auch hier sind die Abweichungen der Einzelwerthe von einander nicht bedeutend und können wohl, wie auch bei den übrigen Versuchsreihen, als im Bereiche zufälliger Variationen liegend, betrachtet werden.

Aus allen diesen Versuchen geht hervor, daß in den untersuchten Grenzen die absolute Unterschiedschwelle durchaus nicht constant bleibt, wie dies SEGSWORTH angegeben hatte, sondern den entsprechenden Normalstrecken proportional zunimmt. Es ist vielmehr die relative Unterschiedschwelle in diesen Grenzen annähernd constant. Also haben wir auch hier auf dem Gebiete der Bewegungsempfindungen die Thatsache vor uns, daß die Unterschiedsempfindlichkeit in directem Abhängigkeitsverhältniß steht zur GröÙe der Bewegung, eine Thatsache ganz in Uebereinstimmung mit der Gültigkeit des WEBERschen Gesetzes z. B. beim Augenmaafs.

b) Einfluss der Lage und Richtung der zu reproducirenden Strecke auf die Genauigkeit der Reproduction.

Unsere Versuche über die Reproduction von Punkten hatten die Thatsache ergeben, daß das Verhältniß der Lage des betreffenden Punktes zu unserem Körper von wesentlichem Einflusse auf die Genauigkeit ist. Eine ganz analoge Erscheinung begegnet uns bei der Vergleichung und Reproduction von Strecken. Eine hierher gehörige Beobachtung ist bereits von I. LOEB¹ gemacht worden. Er ließ beide Hände an einem horizontal ausgespannten Faden gleiche Strecken in gradliniger Richtung zurücklegen. Befanden sich dabei die Anfangspunkte in gleicher Entfernung vom Körper und bewegten sich die Hände nach derselben Richtung, so wurden von beiden Händen annähernd gleiche Strecken zurückgelegt. Lag jedoch der Anfangspunkt der einen Hand vom Körper weiter ab als der der anderen, so legte sie, wenn beide Hände sich vom Körper wegbewegten, constant kürzere Strecken zurück, obwohl die Versuchsperson stets der Ansicht war, gleiche Strecken zurückgelegt zu haben. Erfolgte die Bewegung in umgekehrter Richtung, so legte die dem Körper nähere Hand die kürzere Strecke zurück. Allgemein gesprochen,

¹ J. LOEB. PFLÜGER'S *Archiv* Bd. 41 u. 46.

es legte diejenige Hand die kürzere Strecke zurück, deren Anfangspunkt bereits vor Beginn der Bewegung gegenüber dem der anderen Hand im Sinne der Bewegung verschoben war. Diese Erscheinung wurde von ihm unter den verschiedensten Variationen beobachtet. Gegen diese Versuchsanordnung erhebt WUNDT¹ den principiellen Einwand, daß es sich bei diesen gradlinigen Bewegungen entweder um eine complicirte Bewegung in zwei Gelenken oder um die Projection der Bewegung eines Gelenkes auf eine gerade Linie handelt; dadurch könne die Verkürzung hervorgerufen werden. Einwandsfrei seien hierbei nur Versuche mit einer einfachen Winkelbewegung in einem Gelenk.

Bei der Widerlegung der Einwände WUNDT's haben wir zunächst die Resultate der LOEB'schen Versuche in ähnlicher Weise nachgeprüft und dann festzustellen gesucht, ob sich dieselbe Verkürzung ergibt, wenn die Bewegungen nur in einem Gelenke, also kreisförmig ausgeführt werden.

Unsere Versuchsanordnung war folgende:

Die Versuchsperson saß mit verbundenen Augen in ihrer Stellung fixirt vor einer auf einem Tische gewöhnlicher Höhe horizontal ausgespannten Papierfläche, auf der beiderseits, 18 cm von der Medianlinie entfernt, in sagittaler Richtung zwei dünne Drähte ausgespannt waren. Die Zeigefinger beider Hände wurden passiv auf die Anfangspunkte gebracht, und die Versuchsperson wurde angewiesen, auf ein gegebenes Zeichen die Zeigefinger längs der Drähte vom Körper weg mit gleicher Geschwindigkeit so lange zu bewegen, bis das Zeichen zum Anhalten gegeben wurde. Dies fand statt, sobald die eine Hand (Normalhand, bald rechts, bald links) eine Strecke von 20 cm zurückgelegt hatte. Dann wurde die Länge der von der anderen Hand zurückgelegten Strecke gemessen. Bei dem ersten Theil der Versuche waren die Anfangspunkte der Hände vom Körper gleich weit entfernt, gleich 12 cm. Beim zweiten war die Normalstrecke ebenfalls 12 cm, die anderen hingegen 36 cm vom Körper entfernt. Die Versuchsperson erklärte bei allen diesen Versuchen mit Bestimmtheit, stets die deutliche Empfindung gehabt zu haben, gleiche Strecken zurückzulegen.

¹ WUNDT. *Physiol. Psychol.*, 4. Aufl., Bd. I, S. 427.

Resultate:

(Die einzelnen Zahlen sind Durchschnittswerthe aus je 25 Einzelversuchen.
Versuchsperson Herr cand. jur. GEORG H.)

I. Die Anfangspunkte liegen vom Körper gleich weit = 12 cm entfernt.

	Normalhand	Vergleichsstrecke
r.	20,0	18,36
l.	20,0	20,68

II. Der Anfangspunkt der Normalhand liegt 20 cm, der der anderen 36 cm vom Körper entfernt.

	Normalhand	Vergleichsstrecke
r.	20,0	15,24
l.	20,0	15,80

Vereinigt man die Resultate beider Hände so erhält man:

Normal- strecke	gleicher Abstand vom Körper	ungleicher Abstand
20	19,5	15,5

Diese an einer Versuchsperson ausführlich angeführten Versuche wurden an anderen kurz wiederholt und ergaben dieselben Resultate. Wurden die beiden Strecken nicht gleichzeitig, sondern von beiden Händen nach einander zurückgelegt oder legte dieselbe Hand beide Strecken, sie auf einander aufbauend, zurück, so ergaben sich dieselben Resultate. Es finden sich also die LOEB'schen Resultate völlig bestätigt.

Um den Einwand WUNDT's zu entkräften, wurden dieselben Versuche mit reinen Winkelbewegungen ausgeführt und zwar so, daß beide Hände, deren Ellenbogen an fixirten Punkten festlagen, auf dem Tische Kreisbögen zurücklegten. Einmal begannen die Bewegungen von symmetrischen Anfangspunkten aus, das zweite Mal begann die eine Hand wieder an demselben Punkte, der Anfangspunkt der anderen lag aber 20 cm Bogenlänge vom symmetrischen entfernt. Auch hier zeigte sich die entsprechende Verkürzung. Dieselbe Erscheinung der Verkürzung zeigte sich auch, wenn nicht beide Hände die Bewegungen aus-

führten, sondern wenn eine Hand zwei Strecken, sie an einander anschliessend in derselben Richtung zurücklegte, mit der Aufforderung dieselben gleich zu machen. Es befand sich dann die Hand beim Beginn der zweiten Strecke unter denselben Bedingungen, wie bei unseren ersten Versuchen die vom Körper entferntere Hand schon beim Anfang ihrer Bewegung gewesen. Daher mußte die zweite Strecke auch hier constant kürzer ausfallen als die erste. Dies haben wir sowohl bei geradlinigen Bewegungen auf horizontaler und verticale Ebene beobachtet als auch bei Kreisbewegungen, wie die oben angeführten Versuche über die Unterschiedsempfindlichkeit zeigen. Dies Alles bestätigt die Resultate LOEB's und entkräftigt die Einwände WUNDT's. LOEB erklärt diese Erscheinung folgendermaassen:

Bei der vom Körper entfernteren Hand befinden sich die bei der Bewegung beteiligten Muskeln in contrahirterem Zustande als die der anderen. Die Muskeln sind daher weniger reizbar, werden also auf die gleiche Innervation mit einer geringeren Verkürzung reagiren. Die Hand wird also eine kleinere Strecke zurücklegen.

Daraus, das trotzdem beide Strecken für gleich gehalten werden, schliesst LOEB, das bei der Beurtheilung nicht die peripheren Empfindungen, sondern nur die in beiden Fällen gleiche Innervation maassgebend ist, woraus er das Vorhandensein der Innervationsempfindungen folgert. Diese Erklärung erscheint von vornherein unwahrscheinlich, weil sie Innervationsempfindungen zu Hülfe nimmt, gegen deren Bestehen berechnigte Zweifel erhoben werden. Wir wollen darum versuchen, die von LOEB beobachteten Erscheinungen auch ohne diese zu erklären.

Zunächst ist zu erwähnen, das die Verkürzung der einen Strecke durchaus nicht nur unter den von LOEB angeführten Bedingungen vorkommt, sondern eine viel allgemeinere Erscheinung ist. Sie wird auch dann beobachtet, wenn von einer stärkeren Contraction der Muskeln einer Hand keine Rede ist. Legt z. B. von demselben Anfangspunkte aus die eine Hand eine Strecke in sagittaler, die andere in darauf senkrechter Richtung zurück, so fällt die erste stets kürzer aus und zwar ist es dabei gleichgültig, ob die Bewegungen gleichzeitig oder nach einander stattfinden. Oder folgender Versuch:

Beide Hände legen von entsprechenden Anfangspunkten aus Strecken zurück, die zur Sagittalen der Versuchsperson Winkel

von 45° bilden. Hier lassen sich zwei Fälle unterscheiden. Entweder die Hände bewegen sich beide nach entgegengesetzten Richtungen (die rechte nach rechts, die linke nach links), wobei beide Bewegungen an beiden Händen in völlig analoger Weise vor sich gehen, oder beide Hände bewegen sich in der angegebenen schrägen Richtung parallel mit einander nach einer Seite (entweder nach rechts oder nach links), wobei die Bewegungen einander nicht analog, die Muskelapparate verschieden, die Gelenkexcursionen ganz andere sind. Im ersten Falle sind die zurückgelegten Strecken annähernd gleich, im zweiten legt diejenige Hand stetig kürzere Strecken zurück, die sich nach der entgegengesetzten Seite des Körpers bewegt, also die rechte kürzere Strecken bei der Bewegung nach links und umgekehrt.

Das Gemeinsame aller Bedingungen, unter denen eine Verschiedenheit in der Länge beider Strecken eintritt, ist nach alledem die Thatsache, daß die Bewegungen beider Hände nicht gleichartig, sondern daß die Muskel- und Gelenkexcursionen bei beiden verschiedene sind. Die von LOEB angegebenen Bedingungen fallen unter diesen Gesichtspunkt, da ja bei der verschiedenen Entfernung des Anfangspunktes vom Körper der ganze Muskel- und Gelenkapparat bei beiden verschieden ist. Und zwar ist diejenige Strecke die kürzere, die nach dem Urtheil aller Versuchspersonen die unbequemere ist, wovon man sich durch eigene Versuche leicht überzeugen kann. Die Ursachen für die Unbequemlichkeit sind wahrscheinlich ganz verschiedene, z. B. die Ungewohntheit der Bewegung, eine ungünstige Wirkungsweise der Muskeln; die von LOEB angegebene Abnahme der Reizbarkeit mag in den einzelnen Fällen eine mehr oder weniger große Rolle spielen.

Es liegt nun auf der Hand, daß wir stets die Neigung haben, eine unbequemere Bewegung langsamer auszuführen, darum eine kürzere Strecke zurückzulegen. Bemerkenswerth und der Erklärung bedürftig ist nur die Thatsache, daß man den Unterschied der Länge nicht merkt, sondern die beiden Strecken für gleich hält. Es liegt nun nahe, daraus, daß uns die peripheren Bewegungsempfindungen diesen Unterschied nicht zum Bewußtsein bringen, zu folgern, daß diese bei der Beurtheilung von Bewegungsgrößen auch sonst keine Rolle spielen, sondern daß, wie LOEB behauptet, die centralen Innervationsempfindungen das Maafsgebende sind. Dieser Schluß ist jedoch

nicht berechtigt. Denn wenn uns die peripheren Empfindungen auch nicht Alles leisten, so ist dies noch kein Beweis dafür, daß sie gar nicht in Betracht kommen. Ferner dürfen wir auch den Einfluß anderer, mehr äußerer Factoren zur Beurtheilung von Bewegungen nicht unterschätzen. Unter diesen wäre wohl die Zeit, die zur Bewegung nöthig ist, als besonders maßgebend zu erwähnen. Zwei Empfindungen können wir nur dann quantitativ genügend genau mit einander vergleichen, wenn sie qualitativ keine oder nur geringe Unterschiede zeigen. Wie wir z. B. Farben ihrer Helligkeit nach nur dann genau vergleichen können, wenn sie in ihrer Nuance einigermaßen übereinstimmen, bei der Vergleichung von Helligkeiten verschiedener Farben uns sehr leicht täuschen, so können uns Bewegungsempfindungen nur dann zur quantitativen Vergleichung von Bewegungen dienen, wenn sie sich qualitativ einigermaßen entsprechen, d. h. aus den gleichen Bewegungsapparaten stammen. Dies ist offenbar nur dann der Fall, wenn entweder eine Hand von dem gleichen Anfangspunkte aus zweimal hinter einander sich in derselben Richtung bewegt, oder sich beide Hände von entsprechenden Anfangspunkten aus in einer zur Medianebene des Körpers symmetrischen Weise bewegen. Unter diesen Bedingungen fallen auch, wie wir gesehen haben, die Strecken annähernd gleich aus. Entsprechen die Bewegungsmechanismen einander nicht, sind also auch die zugehörigen Empfindungen nicht analog, so ist auch ihre Vergleichung dementsprechend erschwert. Wir sind daher in der Beurtheilung der Größe beider Strecken störenden Einflüssen mehr ausgesetzt und erhalten somit von den dadurch entstandenen Abweichungen durch die peripheren Empfindungen keine genügende Nachricht. Wer selbst einmal derartige Versuche ausgeführt hat, weiß, wie schwer unter solchen Umständen Beurtheilung und Vergleichung von Bewegungsgrößen ist, und wie wenig wir uns dabei auf die Bewegungsempfindungen selbst verlassen können.

Wir haben uns nun den Vorgang bei unseren Bewegungsempfindungen etwa folgendermaßen zu denken:

Die Versuchsperson soll mit beiden Händen gleiche Strecken zurücklegen, giebt daher von vornherein beiden Händen den gleichen Impuls. Unter den oben angegebenen Umständen bewegt sich jedoch die eine Hand langsamer als die andere. Die Empfindungen, die uns aus den Bewegungen beider Hände zu-

kommen, sind nicht gleichartig genug, um mit einander verglichen werden zu können; die Unterschiede in der Bewegung beider Hände können daher nicht deutlich zum Bewußtsein kommen. Nun hat aber die Versuchsperson die Aufgabe, gleiche Strecken zurückzulegen, hat daher beiden Händen den gleichen Impuls gegeben und sich mit beiden Händen gleich lange Zeit bewegt. Da sie nun von der Differenz der Bewegungen keine Kenntniss erhält, so liegt für sie kein Grund vor anzunehmen, daß sie die gestellte Aufgabe und die gewollte Leistung nicht richtig ausgeführt hat. Sie hält daher die Strecken für gleich. Das Vertrauen zu der Gleichheit der Strecken ist auch, wie sie selbst angiebt, kein allzu großes; doch so gut sie konnte, habe sie gleiche Strecken zurückgelegt.

Die bisherige Darstellung bezieht sich im Wesentlichen auf die Versuche, bei denen sich beide Hände gleichzeitig bewegten. Bewegen sich die Hände nach einander, so ist der Vorgang ein ganz analoger. Nach der ersten Bewegung behält die Versuchsperson den zuerst gegebenen Impuls und die Zeit der Bewegung noch in der Erinnerung, so daß sie bei Beginn der zweiten Bewegung denselben Impuls giebt und sich vornimmt, auch die zweite Bewegung in derselben Zeit auszuführen.

Einer näheren Erklärung bedürfen noch die Versuche, die nach der Methode der richtigen und falschen Fälle gemacht sind. Hier handelt es sich darum, daß die Versuchsperson zwei gegebene Strecken, die sie nach einander durchläuft, mit einander vergleichen und ihr Urtheil darüber abgeben soll, ob die zweite Strecke kleiner oder größer als die erste ist. Wir haben uns die Vergleichung etwa so zu denken:

Auch hier dient im Wesentlichen nur der gegebene Impuls und die zur Bewegung nothwendige Zeit zur Vergleichung. Nachdem die Versuchsperson die erste Strecke mit einem gewissen Impulse und in einer bestimmten Zeit zurückgelegt hat, überträgt sie diese Größen auch auf die Zurücklegung der zweiten Strecke, um dadurch einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Größe beider zu haben. Sie will nun unter demselben Impulse eine Strecke von gleicher Zeitdauer zurücklegen. Entspricht diesem nun die zweite Strecke, so wird sie der ersten für gleich gehalten, wird die Hand jedoch vorher in der Bewegung gehemmt, so wird die Strecke für kürzer gehalten. Da nun aus den oben angegebenen Gründen die zweite Strecke bei

gleichem Impuls und in der gleichen Zeit kürzer als die erste ausfällt, so muß auch diese Methode zu denselben Resultaten wie die frühere führen.

Die Einstellung der Aufmerksamkeit ist also der wesentliche Factor bei der Vergleichung zweier Strecken, die nach einander zurückgelegt werden. Ganz analoge Verhältnisse finden wir bei der Schätzung kleiner Zeitgrößen wie dies von SCHUMANN¹ angegeben worden ist. Wird hier eine constante Zeit mit einer unmittelbar darauf folgenden variablen verglichen, so stellt sich die Aufmerksamkeit bald auf die Normalzeit so ein, daß das zweite Signal gerade dann, wenn es ertönt, und das dritte nach einem der Normalzeit gleichem Intervall erwartet wird. Tritt dieses früher ein, so sind wir überrascht und halten die Vergleichszeit für kürzer. Tritt es später ein, so haben wir ein Gefühl der Spannung und halten die Vergleichszeit für länger.

Um Mißverständnisse zu vermeiden, soll noch hervorgehoben werden, daß der von uns zur Erklärung herangezogene Impuls etwas durchaus Verschiedenes von den Innervationsempfindungen ist. Während wir unter diesen Empfindungen zu verstehen haben, die uns über den jeweiligen Innervationszustand der motorischen Ganglienzellen benachrichtigen, verstehen wir unter dem Impuls nichts weiter als die sicherlich jeder Bewegung vorausgehende Vorstellung der zu ihr nothwendigen Energie.

Zum Schlusse sei noch eine Erscheinung erwähnt, die uns bei allen Versuchen begegnet ist und die auch LOEB kurz anführt, die auch wieder beweist, daß eine, wenn auch noch so geringe Incongruenz der Bewegungsapparate die Vergleichung in einem ganz bestimmten Sinne beeinflusst. Wir haben oben immer gesagt, daß, wenn beide Hände von entsprechenden Anfangspunkten aus und nach entsprechenden Richtungen sich bewegten, die Strecken annähernd gleich ausfielen (s. S. 121). Dies ist jedoch nicht ganz richtig. Thatsächlich legten fast alle Versuchspersonen unter diesen Bedingungen mit der linken Hand größere Strecken zurück als mit der rechten. Nur die linkshändigen Versuchspersonen machten davon eine Ausnahme, indem bei ihnen das Umgekehrte der Fall war.

¹ F. SCHUMANN. Ueber Schätzung kleiner Zeitgrößen. *Zeitschrift für Psychologie* 4, 5.

Dies ist wohl so zu erklären:

Die geschicktere Hand, gewöhnlich die rechte, ist im Stande feinere Bewegungen auszuführen als die andere, besitzt darum auch feinere Bewegungsempfindungen; d. h. es wird von dieser Hand eine Bewegung schon wahrgenommen, die von der anderen als solche noch nicht empfunden wird. Denken wir nun zwei gleiche Strecken in die beiden Händen zugehörigen Schwellenwerthe zerlegt, so erhalten wir offenbar bei der rechten Hand eine gröfsere Anzahl solcher Theile als bei der linken. Wir werden also geneigt sein, Bewegungen der rechten Hand im Vergleich zu denen der linken zu überschätzen, mit ersterer also kleinere Strecken zurücklegen als mit der anderen, sie aber doch für gleich halten.

Bei Linkshändern wird das Verhältnifs natürlich umgekehrt sein.

(Eingegangen am 29. October 1900.)
