

Ueber die Gleichzeitigkeit und Ungleichzeitigkeit von Bewegungen.

Von

Oswald Külpe.

(Fortsetzung.)

III. Veränderungen der psychophysischen Disposition.

Im letzten Abschnitt habe ich versucht, die Erklärung der zufälligen Abweichungen von der Gleichzeitigkeit auf Grund einer Erkenntniss der in den gewählten Reactionen wirksamen Gesetzmäßigkeit zu entwickeln. Die offene Frage, die uns blieb, betrifft die constanten Abweichungen, die in unseren ersten Resultaten mehr oder weniger hervortretende regelmäßige Bevorzugung der einen oder andern Hand bei gleichzeitiger Hebung beider. Die nächsten Experimente, welche wir im Interesse einer Ergründung der diese Thatsache hervorrufenden Bedingungen anstellten, bezweckten eine möglichst vollständige Variirung der in den bisherigen Versuchen vorgekommenen psychophysischen Erscheinungen. So konnten wir hoffen, per exclusionem schließlich das Gesuchte zu finden. Da die auf diesem etwas umständlichen Wege gewonnenen Erfahrungen und Beobachtungen, auch abgesehen von ihrer mittelbaren Bedeutung, ein selbständiges Interesse beanspruchen dürfen, so mag deren ausführliche Mittheilung die Aufgabe dieses Abschnittes werden. Nun sind der Sinneseindruck,

die Empfindungen aus den Bewegungsorganen und die vorbereitende Aufmerksamkeit die wesentlichen Factoren bei der Ausführung unserer Reactionen gewesen. Meine Darstellung wird daher an dieser Dreiheit variirbarer Momente ihre natürliche Eintheilung erhalten.

a. Die Veränderung des Sinneseindrucks.

Bei den früheren Experimenten bildeten Signal und Reiz zwei Klingelschläge. Wir verwandten nun statt dieses Reizes theils den Schall eines elektromagnetischen Hammers, theils einen momentanen Lichteindruck, theils einen im Nacken zwischen den Schultern applicirten Inductionsschlag. In allen diesen Fällen musste der Experimentator 2 Sec. nach der Ertheilung des Signals eine elektrische Schließung herstellen oder aufheben und dadurch den entsprechenden Sinnesreiz gleichzeitig mit der zur Registrirung erforderlichen Bewegung des Schlittens an die rotirende Trommel eintreten lassen.

Die folgende Tab. VI gibt eine Uebersicht der bei Anwendung des Hammers erzielten Resultate. Hier wie auch in den anderen Beobachtungen sind Vergleichsversuche nach der früheren Methode eingeschaltet worden. Da wir diese häufig in derselben Reihe nach verabredeten Zeichen unmittelbar den neuen Experimenten vorausgehen oder folgen ließen, so ist dies in den Tabellen unter der Rubrik *N* (= Reihenummer) durch ein der hier eingetragenen Ziffer angefügtes a, b oder c kenntlich gemacht, deren alphabetische Ordnung die zeitliche der Versuche andeutet. Unter *R* ist Reaction, unter *Kl* Klingel, unter *H* Hammer zu verstehen.

Tabelle VI.

	Datum	Reiz	M	mV	\mathfrak{M}	$m\mathfrak{B}$	n	N	R
Reagent V	29. X. 87	Kl	— 23,3	4,7	23,3	4,7	7	1 a	Sensor.
	3. XI. 87		— 27,6	13,5	27,6	13,5	5	1 a	„
	29. X. 87	H	— 35,3	8,1	35,3	8,1	11	1 b	Sensor.
	3. XI. 87		— 32,2	6,4	32,2	6,4	11	1 b	„
Reagent M	7. XI. 87	Kl	— 0,9	1,0	1,5	0,5	6	1 a	Musc.
	„		— 5,6	0,6	5,6	0,6	4	2 a	Sensor.
	„		— 3,2	1,9	3,2	1,9	4	3 a	Musc.
	„		— 9,9	3,5	9,9	3,5	6	3 c	„
	„		— 3,7	4,8	5,0	3,8	7	4 a	Sensor.
	„		— 3,8	1,6	3,8	1,6	4	4 c	„
	7. XI. 87	H	— 5,4	2,6	5,4	2,6	8	1 b	Musc.
	„		— 15,2	5,1	15,2	5,1	15	2 b	Sensor.
	„		— 7,0	2,5	7,0	2,5	12	3 b	Musc.
	„		— 7,0	5,1	7,5	4,8	8	4 b	Sensor.

In den Zahlen dieser Tabelle sehen wir sofort eine Zunahme der constanten Abweichung von der Gleichzeitigkeit bei der Hammerreaction gegenüber der Klingelreaction auftreten. Aber diese Thatsache erklärt uns jene Abweichung nicht. Denn erstlich handelt es sich um Werthe, welche fast alle (in den Einzelversuchen alle) auch in den früheren Reactionen vorgekommen sind. Sodann ist die Zunahme keine entscheidende: die Unterschiede der beiden mit einander zu vergleichenden Zahlenklassen übersteigen nicht die früher gefundenen innerhalb der nämlichen Reactionsform, ja 3 c unter den Versuchen von M weist einen größeren Betrag auf, als 3 b. Endlich aber wäre nicht recht zu verstehen, wie die Wahl eines anderen Schallreizes den erwähnten Einfluss üben könnte, falls wir nicht eine causale Beziehung zwischen demselben und der Bevorzugung der linken Hand, die unsere Tabelle durchweg angibt, zu erkennen vermöchten. Diese müsste aber nach den vorliegenden Resultaten (namentlich bei V) nur eine graduelle Steigerung der

gleichen Einflüsse darstellen, die auch bei der Reaction auf Klingelreize wirksam werden. Damit aber sind wir unserem Problem um keinen Schritt näher gekommen.

Immerhin gibt uns die Tabelle VI Einiges zu bedenken. Man könnte nämlich geneigt sein, der Richtung des Schalles einen gewissen Einfluss beizumessen. Der Klingelreiz erfolgte oben rechts vom Beobachter, der Hammer stand auf dem Fensterbrett wenig rechts von demselben. Eine Tendenz zu reflectorischen Kopfbewegungen nach der Richtung, aus welcher uns Schalleindrücke zuzugehen scheinen, besteht zweifellos. Denkt man sich diese Bewegungen bei unseren Versuchen ausgeführt, so würde eine gewisse Belastung des linken Oberkörpers eintreten, welche die Bewegung des diesseitigen Armes eher erschwerte als erleichterte. Wie dies also zu einer Bevorzugung des letzteren führen soll, ist nicht recht ersichtlich, noch weniger scheint eine Steigerung derselben durch den zu geringerer Seitenbewegung Anlass gebenden Hammerschlag hieraus erklärlich zu werden. Ebenso unzureichend ist wohl eine Betrachtung, die sich auf eine der Schallquelle zugewandte Kopfstellung zum Behuf genaueren Hinhörens stützte. Denn auch hier würde die Linksdrehung des Kopfes eine Erschwerung der Armbewegungen der entsprechenden Seite zur natürlichen Folge haben. Es fehlen mir leider eingehendere Beobachtungen und Versuche über den Einfluss dieser Umstände.

Wichtiger scheint eine andere Ueberlegung zu sein. Ich habe gefunden, dass die vorbereitende sensorielle Aufmerksamkeit besser functionirt, wenn Signal und Reiz durch verschiedene Eindrücke gebildet werden, dass also in diesem Falle die Reizvorstellung leichter erzeugt und festgehalten werden kann, als wenn sie ein bloßer Abdruck des Signals sein soll. Ferner war der durch den Hammer erzeugte Schall, z. Th. wegen größerer Nähe, kürzer und kräftiger, als der ein wenig gedämpfte Klang der Glocke. Denken wir uns nun die vorläufig unbekante Ursache der constanten Abweichungen irgendwie in associativer Verbindung stehend mit dem Sinneseindruck, der die Reaction einleitet, so würde nach dem Gesetz, dass die stärkere reproducirende Vorstellung die stärkere reproducirte nach sich zieht, der intensivere und dazu ungewohnte, sowie besser vorgestellte Schall des Hammers auch eine größere Wirkung jener

Ursache einzuleiten im Stande sein. Diese Vorstellung erhält eine Unterstützung in der Thatsache, dass gerade der erste Versuch vielfach eine relativ große Abweichung aufweist: so $-42,7$ in der 1. Reihe 1 b bei V ; $-25,8$ in der Reihe 2 b bei M u. a. Beim ersten Versuch muss ja der Intensitätsunterschied besonders merklich werden. Diese Ueberlegung würde es zugleich verständlich machen, warum der Betrag der constanten Abweichung für die sensorielle Reaction, bei der die Reizvorstellung eine größere Rolle spielt, im allgemeinen einen größeren Wert annimmt, als für die musculäre, und warum der Unterschied der bei Klingel und Hammer erhaltenen Zahlen für die sensorialen Reactionen durchschnittlich größer ist, als für die musculäre.

In einer zweiten Serie von Versuchen ersetzen wir den Klingelreiz durch einen momentanen Lichteindruck. Derselbe wurde uns geliefert durch ein für Lichtreactionen von L. Lange benutzbar gemachtes Pendelmyographion ¹⁾, welches beim Durchgang durch die Ruhelage den durch eine Metallglasscheibe gedämpften und zerstreuten Schein einer Petroleumflamme in das Auge des etwa 2 m entfernten, vor einem Fernrohr sitzenden Beobachters sandte und in einer gewissen Schwingungsweite elektromagnetisch arretirbar war. Die Reactionsschlüssel wurden in gleicher Disposition wie früher vor dem Reagenten angebracht, die Klingel befand sich jetzt im Rücken desselben ein wenig nach links. Die folgenden Tabellen VII und VIII enthalten die Durchschnittswerthe der so ausgeführten Versuchsreihen. In der ersten dieser Tabellen findet sich eine Reihe, in welcher das linke Auge durch das Fernrohr sah, daher habe ich die Rubrik: Auge eingefügt. In Tab. VIII sind die Versuche sämmtlich mit dem rechten Auge angestellt worden.

1) Vgl. den im Princip ähnlichen Apparat von Vierordt (Pflüger's Arch. II, S. 121).

Tabelle VII.

Reagent *G. L.*

	Reiz	Datum	<i>M</i>	<i>mV</i>	\mathfrak{M}	<i>mS</i>	<i>n</i>	<i>N</i>	Auge
Muscul. R.	Licht	15.VII.87	+ 1,3	5,7	5,5	4,3	10	1	r
	"	"	+ 9,9	3,0	9,9	3,0	7	2	r
	"	"	+ 4,4	4,7	6,4	3,2	8	2	l
	"	26.VII.87	- 7,4	2,2	7,4	2,2	13	1	r
	"	"	- 7,6	2,5	7,6	2,5	14	2	r
	"	"	- 7,2	3,7	7,4	3,5	14	3	r
Sensor. R.	Licht	29.VII.87	- 4,2	3,9	5,5	2,7	13	1	r
	"	"	- 6,9	6,5	9,8	4,2	12	2	r
	"	"	- 14,5	6,3	14,5	6,3	13	3	r

Tabelle VIII.

	Reiz	Datum	<i>M</i>	<i>mV</i>	\mathfrak{M}	<i>mS</i>	<i>n</i>	<i>N</i>	Reag.
Muscul. R.	Licht	30.VII.87	+ 1,8	2,0	2,9	1,2	10	1	<i>M</i>
	"	"	- 4,0	3,0	4,6	2,4	12	2	"
	"	"	- 4,1	3,0	4,5	2,6	12	3	"
	"	"	- 6,4	3,6	6,4	3,6	15	4	"
	Kl	"	- 1,4	4,0	4,3	2,3	16	5	"
Sensor. R.	Licht	1.VIII.87	+ 3,6	9,4	9,8	5,1	10	1	<i>M</i>
	"	"	- 4,0	9,2	9,8	5,5	10	2	"
	"	"	- 12,8	8,8	13,9	7,7	14	3	"
	"	"	- 5,0	3,0	5,9	2,1	13	4	"
	"	24.XI.87	- 24,3	8,4	24,3	8,4	14	1	<i>V</i>

Dass wir durch diese Versuche einen Beitrag zur Lösung des uns in erster Linie hier beschäftigenden Problems geliefert hätten, wird man nicht behaupten können. Weder ist die Beziehung der bei den Lichtreactionen erhaltenen Abweichungen zu den früher festgestellten eine so eindeutige, wie im vorigen Falle, noch zeigen die Zahlen selbst unter sich eine irgend deutliche Gesetzmäßigkeit. Das Einzige, was sich aussagen lässt, betrifft das Vorwiegen der negativen Vorzeichen und die Tendenz, von einer Bevorzugung der rechten zu einer solchen der linken Hand überzugehen. Dieser Uebergang wird in bemerkenswerther Weise illustriert durch die Mittheilung des Reagenten *M*, dass er während der ersten in Tab. VIII aufgeführten Reihe durchweg, während der zweiten einige (näher bezeichnete) Male das Bewusstsein der Ungleichzeitigkeit der vollbrachten Reactionen gehabt habe. In den späteren Reihen ist dies überhaupt nicht mehr vorgekommen. Es handelt sich hierbei offenbar nicht um eine objectiv merkbare Ungleichzeitigkeit der Bewegungen — dazu ist die thatsächliche Differenz viel zu gering —, sondern um ein auf besondere Umstände des Versuchs sich stützendes Urtheil, dessen Grundlagen erst in der nächsten Abhandlung uns ausführlicher beschäftigen werden.

Aus dieser Tendenz zu negativen Werthen scheint aber hervorzugehen, dass die Stellung des Beobachters von Einfluss auf die constanten Abweichungen sein kann. Der Reagent musste nämlich etwas nach rechts und vorn gebeugt seinen Oberkörper halten, um mit dem rechten Auge durch das Fernrohr sehen zu können. Diese Lage musste etwas drückend oder hemmend auf die rechte Seite wirken. Daraus ließe sich auch erklären, dass in Tab. VII für das linke Auge der positive Betrag eine Abnahme gegen die vorhergehende Reihe aufweist, da die Stellung in diesem Falle noch etwas ungünstiger für die rechte Seite sich gestaltete. Dem gegenüber steht freilich eine Zahl, wie diejenige von *V* in Tab. VIII, welche, ohne Aufsehen zu erregen, in desselben Beobachters frühere Tabelle sensorielle Reactionen eingeordnet werden könnte, ebenso die Thatsache, dass auch die Reihen der anderen Reagenten keine maßgebenden Unterschiede im Vergleich mit den im I. Abschnitt mitgetheilten darbieten. Endlich weist die in gleicher Stellung vor dem Fernrohr ausgeführte Reihe von Schallreactionen in Tab. VIII

einen sehr geringen negativen Durchschnittswerth auf. Darnach muss also dieser Erklärungsversuch so lange als hypothetisch gelten, bis systematische Versuche über den Einfluss der Körperstellung auf die Gleichzeitigkeit von Bewegungen vorliegen.

Zum Schluss dieser Erorerungen möchte ich noch darauf hinweisen, dass die in den Rubriken \mathfrak{M} und $m\mathfrak{B}$ enthaltenen Zahlen das über die zufälligen Abweichungen und deren mittlere Variation früher Entwickelte bestätigen. Der im allgemeinen etwas größere Betrag dieser Werthe darf uns bei Lichtreactionen nicht verwundern.

Zur Herstellung eines Hautreizes bedienten wir uns des schwachen einmaligen Oeffnungsschlages eines Schlitteninductoriums. Die von der secundären Spirale kommenden Drähte mündeten in einem Brettchen in geringem Abstande von einander und waren mit etwas Fließpapier bedeckt, welches mit schwacher Kochsalzlösung durchfeuchtet wurde. Das Brettchen befestigten wir in symmetrischer Lage zwischen den Schultern auf dem Nacken des Reagenten. Das Signal wurde durch den Klingenschlag erteilt. In der Tab. IX habe ich die Resultate dieser Versuche zusammengestellt.

Tabelle IX.

Elektr. Hautreiz.

Reagent	Reaction	Datum	M	mV	\mathfrak{M}	$m\mathfrak{B}$	n	N
M	Musc.	12. XI. 87	+ 3,8	1,5	3,8	1,5	22	1
„	Sensor.	„	— 10,4	4,7	10,7	4,4	21	2
„	Vorb. willk.	„	— 3,4	6,0	6,1	4,5	12	3
„	Unv. willk.	„	— 9,0	5,3	9,3	5,1	12	4
V	Musc.	17. XI. 87	— 7,5	3,0	7,5	3,0	8	1 a
„	Sensor.	„	— 25,3	6,1	25,3	6,1	9	1 b

In dieser Tabelle finden wir lauter Zahlen, wie sie uns schon früher begegnet sind. Zu besonderen Bemerkungen bieten sie keinen Anlass.

So hat uns denn die Veränderung der psychophysischen Disposition in Form einer Variation des die Reaction einleitenden Sinneseindrucks keinen wirklichen Aufschluss über das eingangs gestellte Problem gewährt. Aber einige werthvolle Fingerzeige ließen sich diesen Versuchen entnehmen.

b. Die Veränderung der Empfindungen aus den Bewegungsorganen.

Die Veränderungen, welche wir in zweiter Linie eintreten ließen, erstreckten sich theils auf die Druckempfindungen, welche dem Reagenten von den die Taster niederhaltenden Fingern zugehen, theils auf die Sensibilität und Contraction der in dieser Lage eingestellten Arme und Hände. Es war ja denkbar, dass diese Empfindungen eine wesentliche Controle der Gleichzeitigkeit bildeten, und deren einseitige oder doppelseitige Störung musste in diesem Falle auf die Differenz der Reactionszeiten von wesentlichem Einfluss sein.

In einer ersten Serie von Versuchen wurde Aetherbestäubung der die Schlüssel niederdrückenden Fingerkuppen angewandt, um eine ziemlich vollständige Anästhesie derselben herbeizuführen. Bei der Berührung der Tasterknöpfe entstand dann die aus der Gliedervertäubung bekannte Empfindung, welche die Vorstellung des Fremdkörperlichen hervorruft. In der folgenden Tab. X sind die hiebei erhaltenen Resultate zusammengefasst. In derselben überwiegt die Zahl der musculären Reactionen schon aus dem Grunde, weil bei ihnen am leichtesten ein der obigen Vermuthung entsprechendes Verhalten auftreten musste. Der Sinneseindruck ist hier, wie in den folgenden Tabellen, stets der alte, von der Glocke erzeugte gewesen.

Tabelle X.

Reagent *G. L.*

Datum	Reaction	<i>M</i>	<i>mV</i>	<i>M</i>	<i>mS</i>	<i>n</i>	<i>N</i>
14. VI. 87	Musc.	— 3,4	2,4	3,5	2,1	20	1
„	„	— 2,4	3,7	4,3	2,4	23	2
„	„	— 3,1	3,3	4,6	2,2	22	4
„	Sensor.	— 1,4	1,9	2,2	1,3	23	3
17. VI. 87	Musc.	— 7,5	4,2	8,6	3,1	20	3
„	Vorber.willk.	— 3,4	2,2	3,8	1,9	19	4
17. VI. 87	Musc.	+ 1,0	2,4	2,6	1,3	21	1
„	Vorber.willk.	— 4,2	4,4	6,8	2,2	16	2

Die letzten beiden Horizontalreihen dieser Tabelle enthalten Vergleichsversuche, die ohne Anästhesie ausgeführt worden sind. Durchweg hat sich in diesen Versuchen die Aetherisirung auf beide Hände erstreckt. Da muss es uns nun zunächst auffallen, dass *mS* einen so sehr geringen Werth besitzt. Statt eine Störung der Sicherheit zu werden, mit welcher die Reactionen geschehen, scheint die Beeinträchtigung der Druckempfindungen vielmehr eine größere Regelmäßigkeit der Differenzen zu bewirken. Auch die constanten Abweichungen sind im ganzen sehr gering.

Ehe wir diesen Erscheinungen weiter nachgehen, theile ich eine hierher gehörige Summe von Versuchsergebnissen mit, welche gleichfalls bei Anästhesie gewonnen sind. Dieselbe wurde aber hier nicht durch Aetherbestäubung, sondern durch ein längeres Eintauchen in schmelzendes Eis erzielt. Wir glaubten auf diesem Wege eine noch vollständigere Unempfindlichkeit herstellen zu können. Jedenfalls war bei solcher Behandlung der Finger deren Analgesie gegen Nadelstiche constatirbar. Die folgende Tabelle XI umfasst die von 2 Beobachtern gelieferten Experimente. Darin gibt die Rubrik »Hand« an, ob und wo das Anaestheticum angewandt worden ist: ein horizontaler Strich (—) bezeichnet die gewöhnliche, normale Reaction, r und l die rechte und linke Seite.

Tabelle XI.

Datum	Reag.	React.	Hand	<i>M</i>	<i>mV</i>	<i>M</i>	<i>mS</i>	<i>n</i>	<i>N</i>
19. X. 87	<i>M</i>	Musc.	r. l.	+ 3,2	4,4	5,1	2,7	18	1
„	„	Sensor.	„	+ 7,4	5,8	8,5	4,7	16	2
„	„	Musc.	„	— 2,5	3,4	3,8	2,3	17	3
22. X. 87	„	„	—	— 5,8	2,4	5,8	2,4	6	1 a
„	„	„	r.	— 4,0	5,7	6,3	3,5	10	1 b
„	„	„	—	— 8,6	4,9	10,1	4,1	6	2 a
„	„	„	r.	— 9,8	3,1	9,8	3,1	12	2 b
„	„	„	—	— 2,9	1,6	2,9	1,6	4	3 a
„	„	„	l.	— 5,5	5,3	6,7	4,3	8	3 b
19. X. 87	<i>V</i>	Sensor.	r. l.	— 22,0	10,2	22,6	9,5	17	1
„	„	Musc.	„	— 2,4	2,2	2,9	1,7	19	2
„	„	„	„	— 3,8	2,7	4,7	2,2	19	3
„	„	„	r.	+ 6,1	2,9	6,1	2,8	16	4 a
„	„	„	—	— 5,6	3,9	6,5	2,9	5	4 b
„	„	„	—	— 7,4	2,8	7,4	2,8	6	1 a
„	„	„	l.	— 11,2	4,4	11,2	4,4	13	1 b

Auch hier finden wir einen geringen Durchschnittswerth der *mS* wenigstens bei den musculären Reactionen. Außerdem begegnet uns bei *M* einmal, bei *V* beide Male die Veränderung der constanten Abweichung im Sinne einer wachsenden Bevorzugung derjenigen Seite, wo das Eis eingewirkt hatte.

Diese Thatsachen werde ich später zu erklären versuchen. Abgesehen von denselben erhellt kein deutlicher Einfluss der Anästhesie auf die constanten oder zufälligen Abweichungen.

In einer letzten Tabelle über derartige Veränderungen des normalen Zustandes fasse ich die wenigen Versuche zusammen, welche ich in Rücksicht auf ihre Schmerzhaftigkeit oder Unannehmlichkeit nicht zahlreicher habe anstellen mögen. Dieselben sind theils bei schmerzhafter Dauerreizung der beim Reagiren vorzugsweise beteiligten Finger beider Hände, theils bei künstlicher Verringerung der Muskelthätigkeit in den letzteren und Veränderung der Arm-

und Handsensibilität durch Elektrotonus des vom Oberarm bis zur Hand verlaufenden Stückes vom N. medianus ausgeführt. Zu dem ersterwähnten Zwecke ließ ich mir 2 Tasterknöpfe machen, die an Stelle der bisher gebrauchten den Schlüsseln aufgeschraubt werden konnten. Die Oberfläche derselben besteht aus einer der Länge nach durchbrochenen Kupferplatte, deren beide Stücke an der unberührten Seite mit je einer Klemmschraube zur Einführung der von der secundären Rolle eines Inductors kommenden Leitungsdrähte versehen sind. Der Strom wird dadurch geschlossen, dass die Finger auf den beiden Theilen der Platte ruhen. Die Stromstärke wurde so weit gesteigert, dass merklicher Schmerz eintrat, übrigens aber der gleiche Strom für beide Taster benutzt.

Es mag hiebei bemerkt werden, dass sich diese Einrichtung zweckmäßig zu weiteren interessanten Versuchen benutzen lässt. Erstlich wäre es psychologisch werthvoll, Reactionen in der Weise anzustellen, dass ein und dasselbe Organ zugleich sensorische und motorische Function übt, und auf diesem Wege zu erfahren, ob und wie sehr die musculäre oder sensorielle Vorbereitung dadurch beeinträchtigt werde. Sodann könnte man mit Hilfe der beschriebenen elektrischen Druckplatten der Frage nach der sog. Verlangsamung der Schmerzempfindung im normalen Zustande näher treten, indem man Reactionen auf schmerzlose und schmerzhaft elektrische Hautreize ausführen lässt.

Um den N. medianus in elektrotonischen Zustand zu versetzen, bedienen wir uns eines Stromes von 16 hinter einander geschalteten Daniell'schen Elementen. Derselbe wurde durch die Kupferplättchen von 4 aus Kautschuk hergestellten Armbändern geleitet, so dass die Anode sich jeweils etwas oberhalb der Hand, die Kathode über dem Ellenbogen fand. Es zeigte sich hierbei nicht nur die Sensibilität an Armen und Händen verändert oder gestört, sondern es bedurfte auch vermehrter Anstrengung, um die gewollte Contraction der für die Reactionsstellung und -bewegung thätigen Muskeln einzuleiten.

In der folgenden diese Versuche mittheilenden Tab. XII sind unter der Rubrik: Reiz die im Vorstehenden beschriebenen verändernden Bedingungen der gewöhnlichen Schallreactionen angeführt. El. Dr. bezeichnet die elektrischen Druckplatten, Anel. den

beiderseitigen Anelektrotonus; ein horizontaler Strich gibt das Fehlen solcher Veränderungen an. Dabei sind jedoch die Armbänder sowohl als die Druckplatten, um vergleichbare Versuche zu gewinnen, beibehalten worden.

Tabelle XII.

Datum	Reiz	Reag.	React.	M	mV	\mathfrak{M}	$m\mathfrak{B}$	n	N
1.VII.87	—	$G L$	Musc.	— 4,8	3,3	5,1	3,1	14	1
„	Anel.	„	„	— 12,0	3,1	12,0	3,1	10	2
18.XI.87	El. Dr.	M	„	— 16,3	4,5	16,3	4,5	13	1 a
„	—	„	„	— 5,4	2,9	5,4	2,9	5	1 b
„	El. Dr.	„	Sens.	— 18,7	11,1	18,7	11,1	10	2 a
„	—	„	„	— 39,4	22,7	39,4	22,7	4	2 b

Offenbar lässt sich aus diesen wenigen Versuchen nicht viel schließen. Die letzte Horizontalreihe hat außerdem so deutlich unter dem Einfluss begreiflicher Abspannung gestanden, dass wir sie kaum zum Vergleich heranziehen dürfen. Weist doch der letzte Versuch dieser Reihe den enormen Werth: $84,8\sigma$ als unbemerkte Ungleichzeitigkeit auf. Auch die vorletzte Reihe wird uns wegen der relativ großen mittleren Variation bedenklich erscheinen müssen. Ueberblicken wir aber die 4 anderen Reihen, so finden wir in den bei Anel. und El. Dr. gewonnenen Ergebnissen eine Zunahme der constanten negativen Abweichung oder der Bevorzugung der linken Hand gegenüber den ohne diese Veränderungen ausgeführten Reactionen. Wir werden dies Verhalten trotz der unzureichenden Versuchszahl um so weniger für zufällig erachten, als wir den Grund desselben angeben zu können glauben. Ich erinnere an die Untersuchungen von H. Aubert und A. Kammler über den Druck- und Raumsinn der Haut ¹⁾. In denselben ist das minimum perceptibile einer Berührung an Händen und Füßen fast durchweg geringer

1) In Moleschott's Untersuch. zur Naturlehre V, S. 145 ff.

für die linke, als für die rechte Seite angegeben. Vermuthlich war also wenigstens bei den Versuchen mit schmerzhafter Dauerreizung der Finger die Empfindung auf der linken Seite etwas intensiver, als auf der rechten. Vielleicht hat der anelektrotonische Erregungszustand ähnliche Verhältnisse zur Folge gehabt. Ich erinnere mich bei einer probeweisen Einspannung meiner Arme in jene Kautschukbänder die Sensibilitätsänderungen und Contractionserschwerung links lebhafter als rechts empfunden zu haben, besitze aber leider keine hierauf bezüglichen Mittheilungen meines Mitarbeiters. Von dem Einfluss unangenehmer Gefühle auf die Reaction ist schon im vorhergehenden Artikel ¹⁾ die Rede gewesen. Wir können uns hiernach denken, dass mit derjenigen Hand rascher reagirt worden ist, welche den größeren Schmerz ertragen hat.

Besonderes Interesse erregt an diesen Versuchen aber noch die Thatsache, dass die mittlere Variation (in den ersten Reihen) einen so geringen Betrag aufweist. Gerade da, wo die peripherische Störung am größten war, bei Anwendung des Elektrotonus, ist mV trotz des größeren arithmetischen Mittels nicht gewachsen im Vergleich mit der vorausgehenden Reihe. Daraus, sowie aus den analogen Resultaten der bei Anästhesie angestellten Versuche scheint unzweideutig gefolgert werden zu können, dass überhaupt peripherische Veränderungen als solche keinen wesentlichen Einfluss auf die Gleichzeitigkeit und Constanz der Bewegungen ausüben. Und damit werden wir von selbst auf centrale Ursachen für die beobachtbaren Abweichungen, soweit sie nicht zufälliger Natur sind, hingewiesen.

c. Die Veränderung der vorbereitenden Aufmerksamkeit.

Unsere bisherigen Ausführungen brachten noch keine entscheidende Erklärung für das Auftreten constanter Abweichungen von der Gleichzeitigkeit. Abgesehen von besonderen für einzelne Versuche geltenden Umständen, die uns hier und da dasselbe begreiflich werden ließen, stehen wir zu den im vorigen Artikel angeführten Thatsachen und zu vielen in diesem hinzugekommenen noch immer

1) Philos. Stud. VI, S. 528 ff.

ohne eine einheitlich begründende Auffassung. Als drittes variirbares psychologisches Moment erwähnten wir die vorbereitende Aufmerksamkeit. Ihr Einfluss auf jene Abweichungen kann sich offenbar nur in der einfachen Form geltend machen, dass eine Bevorzugung der einen oder anderen Hand bei der Vorstellung der Bewegung die raschere Hebung derselben herbeiführt.

Um nun diesen Einfluss einer sachgemäßen Prüfung zu unterziehen, haben wir Versuche mit willkürlicher Bevorzugung einer Handbewegung in der vorbereitenden Erwartung bei den musculären, in dem der Apperception des Eindrucks folgenden Bewegungsbilde bei der sensoriellen Reaction angestellt. Die Ausführung der bezeichneten Aufgabe wurde dem Reagenten nicht schwer, weil die Entfernung der beiden Hände eine gleichzeitige Fixirung derselben unmöglich machte und bei geschlossenen Augen für die Vorstellung dasselbe galt. Die nicht-optischen Empfindungen und Vorstellungen aber, welche uns die Glieder vermittelten, standen in genauem Zusammenhange mit den optischen.

In der folgenden Tabelle XIII, S. 162 gibt die Rubrik: Hand an, ob und wo eine willkürliche Bevorzugung (unter Beibehaltung der ursprünglichen Intention mit beiden Händen gleichzeitig zu reagiren) stattgefunden hat. Die Columne Δ enthält die Differenzen zwischen den in derselben Versuchsreihe mit und ohne Bevorzugung ausgeführten Reactionen, wobei das Pluszeichen eine im Sinn der Aufmerksamkeitsrichtung vorhandene Zunahme, das Minuszeichen eine entsprechende Abnahme andeutet.

Auf den ersten Blick enthüllt sich aus diesen Zahlen ein ganz beträchtlicher Einfluss der Veränderung, welche die gewöhnliche Bewegungsvorstellung erfahren. Für die linke Hand beträgt die Zunahme der constanten Abweichung im Mittel $18,8 \sigma$ bei musculärer Reaction. Erheblich größer ist dieselbe bei sensorieller Vorbereitung und auffallender Weise rechts kleiner, als links. Ja, unter den musculären Reactionen mit Bevorzugung der rechten Hand findet sich ein Werth, der etwas kleiner ist, als der in der Vergleichsreihe gewonnene.

Tabelle XIII.

Reagent V.

	Datum	Hand	M	mV	M	mS	n	N	Δ
Musculäre React.	26. XI. 87	—	— 8,5	4,7	8,5	4,7	5	1 a	+ 4,0
	„	r.	— 4,5	7,0	7,8	5,8	10	1 b	
	„	—	— 10,7	1,7	10,7	1,7	5	2 a	+ 17,0
	„	l.	— 27,7	5,5	27,7	5,5	9	2 b	
	1. XII. 87	—	— 0,7	4,7	4,7	2,7	4	1 a	+ 1,2
	„	r.	+ 0,5	12,1	12,1	7,4	13	1 b	
	„	—	— 9,0	5,6	9,0	5,6	5	2 a	+ 11,3
	„	l.	— 22,3	11,5	22,3	11,5	13	2 b	
	3. XII. 87	l.	— 26,1	12,3	26,1	12,3	14	1 a	+ 28,1
	„	—	+ 2,0	0,5	2,0	0,5	3	1 b	
„	r.	+ 4,8	8,2	9,9	5,7	12	2 a	— 2,8	
„	—	+ 7,6	1,2	7,6	1,2	3	2 b		
Sensor.	3. XII. 87	r.	+ 22,7	9,7	22,7	9,7	11	3 a	+ 41,5
	„	—	— 19,8	3,3	19,8	3,3	3	3 b	
	„	l.	— 76,3	35,2	76,3	35,2	10	4 a	+ 56,0
	„	—	— 20,3	2,8	20,3	2,8	3	4 b	

Um diese eigenthümliche Erscheinung zu erklären, genügt es nicht auf das geringe n der letzteren hinzuweisen. Es kommt hinzu die zweifellose Disposition, der willkürlichen Bevorzugung entsprechend auch in der Vergleichsreihe zu reagiren. Es wäre sonst kaum das auffällige Schwanken der bei gewohnter Vorbereitung erhaltenen Durchschnittszahlen zu begreifen. Aber auch dieses Erklärungsmittel versagt, wenn wir den negativen Betrag von M in der zweiten Horizontalreihe trotz einer rechts vorhandenen Bevorzugung in's Auge fassen. Ferner ist zu bemerken, dass alle diese Thatsachen nur für die musculäre Reaction gelten.

Dies führte uns auf die Vermuthung, dass die Muskelspannung, wie sie aus dem Gegensatz der intendirten und gehemmten Bewegung bei motorischer Vorbereitung hervorzugehen und mehr oder weniger

lebhaft im Bewusstsein sich anzukündigen pflegt, an dem geschil-
derten Verhalten betheilt sei. Wenn die Intensität des Bewegungs-
bildes eine entsprechende Intensität der die Ruhelage festhaltenden
Muskelcontraction (vornehmlich der Beuger) nach sich zieht, so muss
der Bewegungseintritt sich um so mehr verzögern, je größeren Wider-
stand die Antagonisten leisten. Um die Berechtigung dieser An-
nahme zu erproben, wurden von uns Versuche mit gleicher und
ungleicher Muskelspannung beider Arme und Hände angestellt und
daneben die Bevorzugung fortgesetzt. Dem Reagenten erwuchs die
Aufgabe, in einzelnen Fällen den Tetanus seiner Arm- und Hand-
muskeln so zu steigern, dass er äußerst lebhaft Contractions- und
Ermüdungsempfindungen von der betreffenden Seite angeregt er-
hielt. Ich habe mich selbst an diesen Versuchen betheilt und
den gewünschten Effect immer sehr leicht und deutlich erzielt. Bei
der sensoriiellen Reaction fiel diese Aufgabe natürlich fort, weil die
Bewegungsvorstellung erst während des Ablaufs der die Reaction
bildenden Vorgänge auftritt und ohne längere Vorbereitung das er-
wähnte Anwachsen der die Ruhelage bewahrenden Muskelenergie
nicht entstehen kann. Dagegen bot die vorbereitet willkürliche Reac-
tion günstige Bedingungen für dasselbe dar. Wir glaubten auch
zu beobachten, dass nach solcher Steigerung der Contraction die
Bewegung nicht ganz mit der gleichen Geschwindigkeit ausgeführt
wird, wie ohne dieselbe.

Die nachfolgenden Tabellen XIV und XV liefern eine Ueber-
sicht der Ergebnisse. Die neue Rubrik: Spannung in der Klasse
der musculären und der willkürlich vorbereiteten Reactionen weist
auf die willkürliche Ungleichheit der Muskelcontraction durch das
Zeichen ungl., auf das Fehlen derselben durch einen horizontalen
Strich hin. Dabei bezieht sich die Steigerung der Anspannung stets
auf die daneben mit r. oder l. bezeichnete Seite. Um die von mir
stammenden Versuche dieser Art mit normalen früher angestellten
vergleichen zu können, habe ich in der kleinen Tabelle XVa die
Mittelzahlen solcher einfachen Schallreactionen zusammengestellt.

Tabelle XIV.

Reagent *M*.

	Datum	Spannung	Hand	<i>M</i>	<i>mV</i>	<i>M</i>	<i>mS</i>	<i>n</i>	<i>N</i>	<i>I</i>	
Musculäre R.	26. XI. 87	—	—	+ 5,6	2,2	5,6	2,2	4	1 a	+ 23,3	
	„	—	r.	+ 28,9	6,1	28,9	6,1	8	1 b		
	„	—	—	— 0,5	1,5	1,5	0,5	4	2 a	+ 6,8	
	„	—	l.	— 7,3	5,0	8,5	3,7	8	2 b		
	„	—	—	+ 7,8	3,3	7,8	3,3	4	3 a	+ 7,6	
	„	—	r.	+ 15,4	6,0	15,4	6,0	10	3 b		
	28. XI. 87	—	—	— 1,3	1,7	1,7	1,3	4	1 a	+ 15,1	
	„	—	l.	— 16,4	5,6	16,4	5,6	12	1 b		
	„	—	—	— 3,8	4,3	6,2	1,6	4	2 a	+ 14,5	
	„	—	r.	+ 10,7	4,9	10,7	4,9	13	2 b		
	5. XII. 87	—	—	r.	+ 8,8	4,5	8,8	4,5	13	1 a	— 1,5
	„	ungl.	r.	+ 7,3	4,8	8,3	3,8	4	1 b		
„	„	—	r.	+ 4,5	4,2	7,2	1,6	6	2 a	— 8,4	
„	—	—	r.	+ 12,9	8,0	13,0	6,5	7	2 b		
Sensor. R.	3. XII. 87	—	r.	+ 16,7	7,1	16,7	7,1	10	1 a	+ 15,9	
	„	—	—	+ 0,8	3,2	3,5	0,7	3	1 b		
	„	—	l.	— 19,0	8,0	19,0	8,0	12	2 a	+ 21,9	
	„	—	—	+ 2,9	2,1	3,1	1,9	3	2 b		
	„	—	—	l.	— 21,5	5,7	21,5	5,7	12	3 a	+ 22,2
	„	—	—	+ 0,7	3,7	3,9	1,4	3	3 b		
	„	—	—	r.	+ 21,2	5,4	21,2	5,4	11	4 a	+ 19,1
	„	—	—	—	+ 2,1	3,2	2,7	2,9	3	4 b	

Tabelle XV.

Reagent K.

	Datum	Spannung	Hand	M	mV	\mathcal{M}	$m\mathcal{B}$	n	N
Musc. React.	1. II. 89	ungl.	l.	+ 1,4	6,4	6,7	3,4	14	1
	„	gl.	l.	- 8,9	6,1	9,0	6,0	18	2
	„	ungl.	r.	- 21,5	11,7	21,5	11,7	16	3
	„	„	r.	- 33,2	11,7	33,2	11,7	16	4
Sensorielle R.	21. I. 89	—	l.	- 18,4	16,2	19,3	15,8	12	1
	„	—	l.	+ 1,1	7,5	7,7	4,4	20	2
	„	—	—	+ 8,4	7,9	10,4	6,8	8	3a
	„	—	l.	- 2,3	2,1	2,8	1,7	11	3b
	25. I. 89	—	r.	+ 10,8	6,0	12,0	4,9	19	1
	„	—	r.	+ 10,8	6,7	11,3	6,1	22	2
Vorber. willk. R.	29. I. 89	ungl.	r.	- 15,4	7,7	15,4	7,7	16	1
	„	„	r.	- 21,3	14,1	22,9	12,6	14	2
	„	„	l.	+ 2,8	10,5	10,0	8,0	16	3

Tabelle XVa.

	ΣM	ΣmV	$\Sigma \mathcal{M}$	$\Sigma m\mathcal{B}$	Σn
M. R.	- 3,2	5,4	6,8	3,9	69
S. R.	- 11,0	8,5	14,3	8,4	68
V. w. R.	+ 5,4	5,7	7,5	4,0	25

Der vermuthete Einfluss der Muskelspannung ist nach diesen Versuchen zweifellos vorhanden. Daraus erklärt sich nun auf's Beste das anscheinend Paradoxe der früheren Ergebnisse. Dass die rechte Hand besonders deutlich den Einfluss ungleicher Muskelspannung

erkennen lässt, hängt wohl mit der Thatsache zusammen, dass die Bevorzugung der linken Hand einen größeren Effect hervorruft, als diejenige der rechten. Wir werden diese Erscheinung einerseits wohl darauf zurückführen können, dass die rechte Hand bei uns im Greifen und Drücken geübter war, als die linke, andererseits darauf, dass die linke Hand bei coordinirten Bewegungen größere Abhängigkeit von der rechten aufweist, als diese von jener. Es folgt nämlich hieraus sowohl, dass gewohnheitsmäßig rechts ein stärkerer Druck auf die Taster, eine größere Muskelspannung stattgefunden, als dass bei einer Bevorzugung rechts die Abweichung von der Gleichzeitigkeit kleiner ausfällt, als bei einer entsprechenden ausschließlichen Bewegungsvorstellung der linken Hand.

So hat sich der Kreis der Erklärung geschlossen, und es erübrigt nur noch, von dem zuletzt Gefundenen aus einiges Licht auf frühere Beobachtungen zu werfen. Wir haben die bei der geschilderten Anordnung unserer Versuche natürliche Bevorzugung der einen oder der anderen Hand in der Bewegungsvorstellung als den Grund für die constanten Abweichungen von der Gleichzeitigkeit erkannt. Wie und warum im einzelnen Falle diese Bevorzugung stattgefunden, darüber unterlasse ich Vermuthungen aufzustellen oder zu discutiren. In dieser Hinsicht wird es bei dem Mangel genauerer Mittheilungen aus der Selbstbeobachtung der Reagenten erlaubt sein, von einer zufälligen Richtung der Aufmerksamkeit zu reden. Aber die Aenderungen, welche die constanten Abweichungen je nach der Reactionsform, den Sinnesreizen, den Empfindungen aus den Bewegungsorganen u. s. f. erfahren haben, bedürfen theilweise noch einer auf der neuen Grundlage auszuführenden Erklärung.

Zunächst finden wir in den ersten Tabellen stellenweise eine größere constante Abweichung bei der sensoriellen Reaction, als bei der musculären, und durchweg einen höheren Betrag der mV für jene, als für diese. Unschwer erklärt sich diese Thatsache daraus, dass bei sensorieller Reaction im allgemeinen eine geringere Gleichmäßigkeit in der Bewegungsvorstellung erzielt werden kann, weil die letztere nur den unmittelbaren Uebergang von der Apperception des Eindrucks zur Bewegung herstellt. Bei der musculären Reaction bildet sie dagegen den ganzen Inhalt der vorbereitenden

Erwartung und kann daher viel leichter die Gleichzeitigkeit erreicht und größere Schwankung vermieden werden.

Sodann wird uns jetzt erst der größere Betrag der constanten Abweichung bei den durch den Schlaghammer eingeleiteten Schallreactionen verständlich. Denken wir uns eine einseitige Bevorzugung der einen Hand unwillkürlich und unbewusst während der längeren Reihe der früheren auf den Klingelreiz erfolgten Reactionen eingetreten, so wird nach der S. 150 f. ausgeführten Ueberlegung der lebhaftere Eindruck des ungewohnten Hammerschalls auch jene Eigenschaft und Wirkung der Bewegungsvorstellung verstärken. Dass diese Einflüsse bei der musculären Reaction nicht deutlich sich geltend gemacht haben, bedarf wohl keiner weiteren Begründung. Auch die in den Lichtreactionen bemerkbar gewordene Tendenz, zu negativen Abweichungen von der Gleichzeitigkeit überzugehen, würde sich aus der Thatsache begreiflich machen lassen, dass bei der durch das Fernrohr bedingten Lage des Kopfes die Ansicht des linken Armes allein frei war und so die Bewegungsvorstellung eine natürliche Unterstützung für diese Seite erhielt. Die gleiche Ueberlegung darf wohl auch zur Erklärung der thatsächlichen Bevorzugung der linken Hand bei den Schallreactionen geltend gemacht werden. Dass gerade bei sensoriemer Vorbereitung schon der Klingelreiz, noch mehr aber der Hammerschlag eine frühere Hebung dieser Hand eingeleitet hat, wird z. Th. auf der unwillkürlichen Linkswendung des Kopfes beruhen, die bei unseren Versuchen eine directe Aufnahme des Schalls durch das rechte Ohr (s. S. 150) ermöglichte. Die linke Hand rückte ja in Folge dessen in den Blickpunkt des die Bewegungsvorstellung enthaltenden Gesichtsfeldes. Der elektrische Hautreiz dagegen hat bei seiner Schwäche weder eine qualitative noch eine quantitative Veränderung der Aufmerksamkeit hervorgerufen.

In denjenigen Versuchsreihen, wo Anästhesie der die Taster berührenden Fingerkuppen hergestellt war, ist uns ein geringer Betrag der mß zunächst aufgefallen. Diese Erscheinung hängt offenbar damit zusammen, dass die Bewegungsvorstellung um so un gehemmt sich entwickeln kann, je weniger die Empfindungen bewusst werden, welche die Ruhelage der Arme und Hände dem Reagenten vermitteln. Die Aufgabe zu reagiren und die Stellung

vor der Bewegung bilden ja einen eigenthümlichen Contrast mit einander. Je lebhafter die vorbereitende Erwartung auf die Vollziehung der Reaction hindrängt, um so stärker muss auch der Widerstand werden, den man vor Eintritt des Reizes derselben entgegensetzen muss. In welchem Grade dieser Gegensatz, der außerdem noch durch die Schwankungen der Aufmerksamkeit beeinflusst wird, auf den Verlauf und die Dauer der Reactionsvorgänge einwirkt, bedarf noch genauerer Untersuchung.

Wenn endlich bei einseitiger Anästhesie, bei schmerzhafter Dauerreizung der die Taster niederdrückenden Finger und bei Elektrotonus des N. medianus eine Aenderung der constanten Abweichung im Sinn einer Zunahme auf der gleichen Seite oder für die linke Hand hervortrat, so wird diese Erscheinung auch abgesehen von dem S. 159 f. Bemerkten verständlich, unter der natürlichen Voraussetzung, dass die Aufmerksamkeit derjenigen Seite besonders zugelenkt wurde, welche ausschließlich oder in höherem Maße von den getroffenen Aenderungen in der Empfindungssumme beeinflusst war.

(Schluss folgt im nächsten Heft.)
