

16/A. 11.

ARCHIV

FÜR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

FORTSETZUNG DES VON REIL, REIL U. AUTENRIETH, J. F. MECKEL, JOH. MÜLLER,
REICHERT U. DU BOIS-REYMOND HERAUSGEGEBENEN ARCHIVES.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. WILHELM WALDEYER,

PROFESSOR DER ANATOMIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN,

UND

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1910.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1910

ARCHIV

227

FÜR

PHYSIOLOGIE.

PHYSIOLOGISCHE ABTEILUNG DES
ARCHIVES FÜR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE.

UNTER MITWIRKUNG MEHRERER GELEHRTEN

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. MAX RUBNER,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT BERLIN.

JAHRGANG 1910.

MIT ABBILDUNGEN IM TEXT UND DREIZEHN TAFELN.

LEIPZIG,

VERLAG VON VEIT & COMP.

1910

Ein automatischer Regulationsmechanismus der Empfindungsstärke.

- I. Der Einfluß arterieller Hyperämie der Haut auf die Tastempfindung.
- II. Der Einfluß lokalisierter Aufmerksamkeit auf die Blutfülle der tastenden Hautpartie.

Von

Prof. Ernst Weber,
Oberassistent des Instituts,

(Aus dem physiologischen Institute zu Berlin.)

I. Der Einfluß arterieller Hyperämie der Haut auf die Tastempfindung.

Durch die Untersuchungen von Verworn,¹ Winterstein² und v. Baeyer³ ist gezeigt worden, von welcher großen Bedeutung für die Funktion der nervösen Substanz die Gegenwart einer genügenden Menge von Sauerstoff ist.

Sowohl die markhaltigen Nerven, als die Ganglienzellen werden gelähmt und unerregbar, wenn ihnen der Sauerstoff entzogen oder sein Ersatz verhindert wird, dagegen erholen sie sich später wieder vollkommen und reagieren wieder auf Reize, nachdem ihnen neuer Sauerstoff zugeführt worden ist.

¹ Verworn, Ermüdung, Erschöpfung und Erholung der nervösen Centra des Rückenmarks. *Dies Archiv.* 1900. Physiol. Abtlg. S. 315.

² H. Winterstein. Über die Wirkung der Wärme auf den Biotonus der Nervenzentren. *Zeitschrift für allgemeine Physiologie.* I. 1902.

³ H. v. Baeyer, Zur Kenntnis des Stoffwechsels in den nervösen Zentren. *Ebenda.* I. 1902.

Derselbe, Das Sauerstoffbedürfnis des Nerven. *Ebenda.* II. 1903.

Daraus wäre zu folgern, daß die Funktion der Nervensubstanz auch durch eine Verbesserung der arteriellen Blutzufuhr gesteigert wird, wenn diese Funktion überhaupt noch steigerungsfähig ist, und daß sie durch eine Verschlechterung der arteriellen Blutzufuhr herabgesetzt wird. Das müßte auch für die Sinnesempfindungen der Haut gelten.

Dagegen findet man in physiologischen Lehrbüchern bisweilen die Angabe, daß Hyperämie der Haut die Tast- und Temperaturempfindung herabsetzt.

Geht man aber dieser Angabe nach, so findet man, daß sie sich immer auf die Untersuchungen von Alsberg¹ stützt, und daß Alsberg bei seinen Versuchen nur eine venöse Hyperämie der Haut herbeiführte.

Alsberg untersuchte den Raumsinn durch Feststellung der Simultanschwelle mittels zweier Zirkelspitzen, während seine Methode der Untersuchung des Temperatursinns ungenügend war.

Die Anämie des Armes führte er durch Hochlagerung herbei, die Hyperämie durch Anlegung einer Aderlaßbinde, durch die nicht nur die herbeigeführte Hyperämie eine völlig venöse wurde, so daß eine Verschlechterung der Sauerstoffzufuhr zu der Haut eintrat, sondern außerdem auch ein direkter Druck auf die Nervenstämme ausgeübt wurde. Es ist daher verständlich, daß er dabei immer eine Herabsetzung der Hautempfindlichkeit feststellte. Da diese Art der Hyperämie hier nicht von Interesse ist, will ich auf andere Arbeiten mit Herbeiführung venöser Hyperämie in ähnlicher Weise nicht eingehen.

Andere Angaben über eine Steigerung der Hautempfindlichkeit bei Hyperämie der Haut sind aus andern Gründen nicht maßgebend. So fanden Klinkenberg,² Schmey³ und Notnagel,⁴ daß bei Rötung der Haut infolge von scharfen äußeren Reizen die Empfindlichkeit der Haut steigt, aber diese äußeren Reize bestanden in Applizierung von Vesikantien, und Notnagel meint, daß diese Wirkung schon durch die Verdünnung der Epidermis durch die Vesikantien sich erklären läßt.

Auch die Anwendung von inneren Gaben von Medikamenten, durch die eine Veränderung der Blutversorgung der Haut herbeigeführt wird,

¹ Alsberg, Untersuchungen über den Raum- und Temperatursinn. *Dissertation*. Marburg 1863. Ausführliches Referat im *Zentralblatt für die med. Wissenschaften*. 1864. S. 66.

² Klinkenberg, Über den Einfluß von Hautreizen auf die Sensibilität. *Dissertation*. Bern 1876.

³ Schmey, Über die Modifikation der Tastempfindung. *Dies Archiv*. 1884. Physiol. Abtlg. S. 309.

⁴ Nothnagel, Beiträge zur Physiologie und Pathologie des Temperatursinns. *Deutsches Archiv für klinische Medizin*. II. 1867. S. 292.

muß für derartige Sensibilitätsuntersuchungen immer von sehr zweifelhaftem Werte sein, da es niemals sicher ist, inwieweit dabei eine Änderung der Sensibilität von zentralen Wirkungen des Medikaments abhängt. Ein Beispiel dafür bieten die Untersuchungen Schmeys.¹

Schmey stellte zwar eine Verfeinerung des Raumsinnes der Gesichtshaut fest, nachdem sie infolge von Einatmung von Amylnitrit stark gerötet war, es fiel ihm aber besonders auf, daß er gleichzeitig auch an seinem Arm eine Verfeinerung des Raumsinnes feststellen konnte, obwohl dessen Haut nicht im geringsten gerötet war. Es würde dies also eher für eine zentrale Wirkung des Amylnitrits sprechen.

Ausführlicher sind die Untersuchungen über die Wirkung von Erwärmung und Abkühlung einzelner Hautpartien; aber hierbei trat ein anderes Phänomen in den Vordergrund, das die Beobachtung der Wirkung der veränderten Blutversorgung der Haut in den Hintergrund schob, so daß man keine Angaben über die Wirkung der durch den Temperaturwechsel der Umgebung herbeigeführten Änderung der Sauerstoffzufuhr zur Haut findet

Die hier wichtigsten in Frage kommenden Arbeiten sind die von Notnagel,² Grützner³ und Goldscheider.⁴

Während früher schon bekannt war, daß bei sehr starker Abkühlung die Haut ganz unempfindlich werden kann, stellten die genannten Autoren fest, daß sowohl bei künstlicher Abkühlung wie Erwärmung der Haut die Empfindlichkeit der Haut herabgesetzt wird. Wie Goldscheider ausführt, beeinflußt eine äußere Temperatureinwirkung in doppelter Weise die Sinnesorgane der Haut. Einmal wird in den gleichsinnigen, also den temperaturempfindlichen Nerven, ein Erregungszustand hervorgerufen, der sie für weitere Reize abstumpft, und dann wird durch die Änderung der Temperatur der einzelnen Teile des ganzen nervösen Apparates der Haut, die dann also nicht mehr ihrer Normaltemperatur entspricht, die Empfindlichkeit aller Sinnesorgane der Haut gemeinsam herabgesetzt.

Der Einfluß der vermehrten oder verminderten Sauerstoffzufuhr zur Haut infolge von Erweiterung oder Verengerung der Hautgefäße bei den Temperatureinflüssen kann also offenbar durch die direkte Wirkung der Temperatur auf die nervösen Teile völlig überdeckt werden.

Man könnte daran denken, experimentell eine Hyperämie der Haut, die nicht mit den beschriebenen schädigenden Begleiterscheinungen verknüpft ist, dadurch herbeizuführen, daß man den Arm in einen luftverdünnten Raum bringt

¹ Schmey, zit. oben.

² Notnagel, zit. oben.

³ Grützner, Pflügers *Archiv*. Bd. XVII.

⁴ Goldscheider, *Gesammelte Abhandlungen*. Bd. I. S. 140 ff.

und dort die Sensibilitätsprüfungen vornimmt, was, trotz einiger Schwierigkeiten, möglich wäre. Aber eine derartige Ansaugung muß mehr auf das venöse Blut wirken, als auf das arterielle und verbürgt keineswegs eine bessere Sauerstoffzufuhr.

Dagegen war es durchaus nicht ausgeschlossen, daß die nach Erwärmung einer Hautportion eintretende Erweiterung ihrer Kapillargefäße, wenn auch in vermindertem Maße, länger dauert, als die Herabsetzung der Hautempfindlichkeit infolge des direkten Temperatureinflusses auf die nervösen Teile der Haut.

Ich stellte Versuche darüber an einer Reihe von Personen an.

Ich untersuchte das Tast- oder Druckgefühl der Haut der Hand und des Unterarmes mit dem Ästhesiometer von v. Frey. Bekanntlich ragt bei diesem Instrument ein „Reizhaar“ frei hervor, dessen Spitze der Haut so fest aufgesetzt wird, daß das Haar sich biegt. Durch weiteres oder geringeres Hervorschieben des Haares kann der damit ausgeübte „Stauchungsdruck“ des Haares verändert werden. Es muß dabei nur darauf geachtet werden, daß eine unbehaarte Stelle der Haut berührt wird, da Verschiebungen der Haut-Haare fehlerhafte Resultate ergeben.

Es wurde bei jedem Versuche zunächst die normale Sensibilität der Haut des Unterarms untersucht, und es wurde das Reizhaar in der Länge so eingestellt, daß sich gerade einzelne größere Hautpartien am Unterarm feststellen ließen, die mit Sicherheit auf diese Reizstärke nicht mehr reagierten, während das bei anderen Hautpartien des Unterarms noch deutlich der Fall war.

Die so festgestellten insensiblen Zonen wurden mit dem Dermographen deutlich umzeichnet.

Hierauf wurde der Unterarm 2 bis 5 Minuten lang erwärmt, und zwar entweder in heißem Wasser oder in heißer Luft. Das Erwärmen in heißer oder erwärmter Luft ist vorzuziehen, weil nach dem Erwärmen in heißem Wasser der Arm zur Vermeidung der Verdunstungskälte gut abgetrocknet werden muß und also hier der Effekt der Reibung der Haut hinzukommt, was den Versuch etwas kompliziert, ohne ihn indessen wertlos zu machen, denn Reibung allein ergibt eine ganz ähnliche Wirkung.

Sofort nach Herausnahme des Armes aus der heißen Luft wurde wieder die Haut mit dem vorher eingestellten Ästhesiometer untersucht und diese Untersuchung in kurzen Intervallen wiederholt. Es wurde zunächst immer die bekannte Herabsetzung der Empfindlichkeit festgestellt, nämlich auch die Hautpartien, die vorher noch deutlich bei dieser Reizstärke reagiert hatten, reagierten jetzt nicht mehr.

Diese Zeit der herabgesetzten Empfindlichkeit dauerte aber immer nur wenige Minuten, nämlich 4 bis 10 Minuten, im Mittel ca. 6 Minuten, und

zwar so lange, als das subjektive Wärmegefühl an dem aus der erwärmten Luft herausgenommenen Armes anhielt.

Dann trat regelmäßig eine Steigerung der Empfindlichkeit bis über das Normale hinaus ein, so daß dann auch diejenigen Hautpartien auf jede Berührung des Reizhaares reagierten, die bei Beginn des Versuchs niemals reagiert hatten. Meist war diese Überempfindlichkeit auch nach 15 Minuten, also ca. 20 Minuten nach Beendigung der Erwärmung des Armes noch festzustellen, sie ging aber auch vorher zur Norm zurück, wenn der Arm durch Fächeln der Luft abgekühlt wurde. Es dürfte kaum anders möglich sein, als daß die längere Zeit anhaltende Erweiterung der Kapillargefäße der Haut, die infolge der Erwärmung eintrat, und die damit verbundene Vermehrung der Sauerstoffzufuhr zu den nervösen Organen in diesen Teilen es ist, die diese Steigerung der Empfindlichkeit der Haut herbeiführte.

Diese Wirkung würde sofort nach der Erwärmung festzustellen sein, wenn nicht die direkte Wirkung der Wärme auf die nervösen Teile dies verhinderte. Sowie aber diese direkte Wärmewirkung verschwindet, was meist an dem Schwinden des subjektiven Gefühls des Wärmereizes zu erkennen ist, tritt diese indirekte Wirkung der Erwärmung auf die nervösen Teile der Haut deutlich hervor.

Es sei noch erwähnt, daß bei den verschiedenen Sensibilitätsprüfungen der einzelnen Personen gewisse Vorsichtsmaßregeln getroffen werden mußten.

Zunächst wurde die betreffende Person jedesmal aufgefordert, bei geschlossenen Augen ihre ganze Aufmerksamkeit auf die zu erwartenden Reize am Unterarm zu richten. Dann wurde bei Untersuchung der verschiedenen, auseinanderliegenden Hautbezirke, jedesmal zunächst ein so starker Reiz auf den betreffenden Bezirk ausgeübt, daß er mit Bestimmtheit gefühlt wurde, bevor derselbe Bezirk mit schwachen Reizen geprüft wurde.

Die Bedeutung dieser Vorsichtsmaßregeln wird sich aus den Experimenten ergeben, die im folgenden Abschnitte beschrieben werden, und ich komme am Schlusse wieder darauf zurück. —

II. Der Einfluß lokalisierter Aufmerksamkeit auf die Blutfülle der tastenden Hautpartie.

Nachdem schon von Mosso und vielen anderen Experimentatoren festgestellt worden war, daß bei Steigerung oder Konzentrierung der Aufmerksamkeit bei geistiger Arbeit eine Verengerung der Blutgefäße der Haut und der Extremitäten eintritt, zeigte ich an dieser Stelle,¹ daß diese Ver-

¹ E. Weber, Über Gegensätze im vasomotorischen Verhalten der äußeren Teile des Kopfes und der des übrigen Körpers bei Mensch und Tier. *Dies Archiv.* 1908, Physiol. Abtlg. S. 189 ff.

engerung der Hauptgefäße sich auch auf die sonst bisweilen eine Ausnahme-stellung einnehmenden Hautgefäße des Kopfes erstreckt, also der ganzen Körperoberfläche gemeinsam ist, während ich früher¹ schon nachgewiesen hatte, daß sich gleichzeitig die Gefäße der Bauchorgane aktiv erweitern und dadurch die Verschiebung des Blutes von den äußeren zu den inneren Körperteilen zum mindesten erleichtern. Ob diese Blutverschiebung mehr durch die Kontraktion der äußeren Gefäße oder mehr durch die aktive Dilatation der inneren Blutgefäße bewirkt wird, kann durch die gleichzeitige Beobachtung des Verhaltens des Blutdrucks festgestellt werden und scheint nach den vorläufigen Versuchen von dem Gesundheitszustand der Versuchsperson beeinflußt zu werden.²

Nach den im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Versuchen muß aber eine solche Verengerung der Hautgefäße des Körpers bei geistiger Arbeit oder gesteigerter Aufmerksamkeit eine Verminderung der Sauerstoffzufuhr zu den nervösen Organen der Haut, und damit eine Herabsetzung der Empfindlichkeit der Haut gegen äußere Reize zur Folge haben.

Auf die Möglichkeit einer teleologischen Erklärung dieser Erscheinung komme ich später zurück.

Jedenfalls ist eine nachteilige Wirkung einer solchen Herabsetzung der Empfindlichkeit der Haut gegen äußere Reize bei einer geistigen Arbeit, die z. B. in Rechnen oder Lesen besteht, nicht einzusehen, denn wir wissen, daß gleichzeitig bei diesem Vorgange am normalen, nicht ermüdeten Menschen die Gefäße der Hirnrinde, von der diese Arbeit geleistet wird,³ sich aktiv erweitern.

Anders dürfte es sich aber bei einer solchen Steigerung der Aufmerksamkeit verhalten, die mit einer Anspannung der Haut-Sinnesempfindungen verknüpft ist. Betasten wir z. B. mit einem Finger einen Gegenstand, oder suchen wir einen schwachen Reiz, der an eine beliebige Hautstelle gelangt, in seiner Natur deutlich zu erkennen, so würde es, selbst angenommen, daß die Gefäßverengerung an der Körperoberfläche in ihrer Gesamtheit einen bestimmten Nutzen für den psychischen Vorgang hat, doch in jedem Falle sehr vorteilhaft sein, wenn sich wenigstens die Blutgefäße lokal an der Hautpartie erweitern, mit der etwas betastet oder genau empfunden werden soll, und dadurch ihre Empfindlichkeit steigern.

Nun habe ich vor kurzem an dieser Stelle⁴ gezeigt, daß eine derartige,

¹ E. Weber, *dies Archiv*. 1907. Physiol. Abtlg. S. 293 ff.

² Derselbe, *Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper*. Berlin 1910. S. 240.

³ Derselbe, *ebenda*. S. 337 ff.

⁴ Derselbe, Über willkürlich verschiedene Gefäßinnervation beider Körperseiten. *Dies Archiv*. 1909. Physiol. Abtlg. S. 359 ff.

auf bestimmte Körperteile völlig lokalisierte Innervation von Blutgefäßen von der Hirnrinde aus herbeigeführt werden kann.

Es handelte sich dabei an jener Stelle um die Herbeiführung lebhafter Bewegungsvorstellungen durch hypnotische Suggestion, bei der normalerweise eine aktive Erweiterung der Blutfülle der Haut und Muskeln der äußeren Körperteile bei gleichzeitiger Verengung der Gefäße der Bauchorgane eintritt.¹

Schon normalerweise tritt bei dieser Blutverschiebung eine eigenartige Lokalisierung der Innervationsimpulse für die äußeren Blutgefäße des Körpers ein, indem die der äußeren Teile des Kopfes eine Ausnahmestellung zu denen aller anderen äußeren Teile des Körpers einnehmen: sie verengen sich nämlich beim Eintritt von Bewegungsvorstellungen oder bei wirklicher Ausführung von Bewegung.² Wurde nun der hypnotisierten Person die Suggestion gegeben, daß sie die Bewegung in der Vorstellung einmal mit dem rechten Arm, dann aber mit dem linken ausführe (ohne daß die geringste Bewegung wirklich ausgeführt wurde, wie genau kontrolliert werden konnte), und wurden gleichzeitig die Volumenschwankungen jedes der beiden Arme registriert, so zeigte es sich, daß jedesmal die Volumenzunahme des Armes, mit dem die Bewegung in der Vorstellung ausgeführt wurde, bedeutend stärker vor, als die des andern.

Es zeigte dies, daß diese Zunahme der Blutfülle der äußeren Teile nicht ausschließlich eine passive ist, bewirkt durch die Kontraktion der Gefäße der Bauchorgane, sondern daß auch, sicherlich wenigstens in dem einen Arm, eine aktive Erweiterung der äußeren Gefäße hinzukommt, die eben, wenigstens in gleicher Stärke, auf diesen Arm lokalisiert ist.

Wurde endlich noch die Suggestion hinzugefügt, daß der in der Vorstellung an der Bewegung nicht beteiligte Arm absolut unbeteiligt bleiben sollte, so daß die Aufmerksamkeit auf diesen negativen Teil der Bewegungsvorstellung besonders hingelenkt war, so trat an diesem Arm sogar eine lokalisierte Volumabnahme infolge von Verengung der Gefäße ein, also das Gegenteil, wie am andern.³

Nach diesen Versuchen mußte angenommen werden, daß bei der Ausführung wirklicher, anstrengender Bewegungen durch ein einzelnes Körperglied, sich die Blutgefäße in diesem Glied in entsprechend stärkerem

¹ E. Weber, Das Verhältnis von Bewegungsvorstellung zur Bewegung bei ihren körperlichen Allgemeinwirkungen. *Monatshefte für Neurologie und Psychiatrie*. 1906. Derselbe, *dies Archiv*. 1907. Physiol. Abtlg. S. 293 ff.

² Derselbe, Über Gegensätze im vasomotorischen Verhalten der äußeren Teile des Kopfes und der des übrigen Körpers bei Mensch und Tier. *Ebenda*. 1908. Physiol. Abtlg. S. 108 ff.

³ Siehe *ebenda*. 1909. Physiol. Abtlg. Kurve S. 365.

Maße erweitern, als die in den anderen äußeren Körperteilen, deren Blutfülle, soweit sie an der Bewegung nicht beteiligt sind, wohl nur passiv infolge der gleichzeitigen Kontraktion der Gefäße der Bauchorgane zunimmt.

Der Nutzen dieses Mechanismus ist natürlich der, daß durch die stärkere Versorgung der tätigen Muskeln mit immer erneuertem Blut, auch der Ersatz der bei der Bewegung dort verbrauchten Stoffe mehr erleichtert und die Dauer der Funktionsfähigkeit verlängert wird.

Da durch diese Versuche die Möglichkeit des Ausgehens von lokalisierten Innervationsimpulsen für die Blutgefäße einzelner Körperteile von der Hirnrinde bei der Entstehung entsprechender Vorstellungen bewiesen worden war, war die Wahrscheinlichkeit näher gerückt, daß auch eine gesteigerte Aufmerksamkeit, die auf eine lokalisierte Empfindung der Hautsinnesorgane gerichtet ist, mit einer lokalen aktiven Erweiterung der äußeren Gefäße dieses Körperteils verknüpft ist. Die Wirkung würde aber dabei nicht in der besseren Blutversorgung der Muskeln dieses Körperteils beruhen, wie bei der Vorstellung oder Ausführung anstrengender Bewegungen, sondern in der besseren Blutversorgung der Haut und der Steigerung der Empfindlichkeit der in ihr enthaltenen nervösen Elemente durch größere Zufuhr von Sauerstoff, wie das durch die Experimente des I. Teils gezeigt wurde.

Ich stellte auch darüber zunächst Versuche mit Anwendung der hypnotischen Suggestion an. Den tief hypnotisierten Versuchspersonen wurde die Suggestion gegeben, daß sie an der im Plethysmographen liegenden Hand sehr leicht mit einer feinen Feder berührt werden würden, und daß es für sie darauf ankäme, sofort bei Empfinden dieser Berührung, dies anzugeben, daß sie also genau darauf aufpassen müßten.

Nach einiger Zeit wurde ihnen dann gesagt, daß sie nicht mehr aufzumerken brauchten. Eine andere Suggestion war die, daß die Versuchsperson einen dünnen Faden zwischen die Finger bekäme und ihn fühlen solle, oder es wurden ihnen feine Tastvorstellungen suggeriert, die ihnen aus ihrem Berufsleben geläufig waren.

Derartige Tastvorstellungen sind in keiner Weise mit den oben erwähnten Bewegungsvorstellungen zu identifizieren oder auch nur zu vergleichen. Bewegungsvorstellungen haben nur dann die oben beschriebenen vasomotorischen Wirkungen, wenn sie in Vorstellungen von kräftigen, anstrengenden Bewegungen bestehen, Vorstellungen von so leichten geringfügigen Bewegungen, wie sie allenfalls mit diesen Tastvorstellungen verknüpft werden können, haben an sich niemals die geringste vasomotorische Wirkung. Vollends kommen bei den anderen Versuchen, bei denen nur die Aufmerksamkeit auf eine an einer bestimmten Stelle zu erwartende Berührung gelenkt wird, auch leichte Bewegungsvorstellungen gar nicht in Frage.

Es sei deshalb die Kurve der Volumänderung des Unterarmes bei derartigen Versuchen beigegeben.

In Fig. 1 wirkt zweimal, jedesmal vom Zeichen + bis —, die erwähnte Suggestion auf die Versuchsperson ein, und jedesmal tritt während der Dauer der Anspannung der auf die Hand lokalisierten Aufmerksamkeit für Tastempfindungen eine deutliche Zunahme des Armvolums ein. (Da bei dieser Versuchsperson im hypnotischen Zustand die Atmung immer völlig gleichmäßig blieb, ist ihre Wiedergabe ausnahmsweise unnötig.)

Indessen muß bei allen derartigen Versuchen ein Punkt wohl im Auge behalten werden, der eine stark Fehlerquelle darstellen kann.

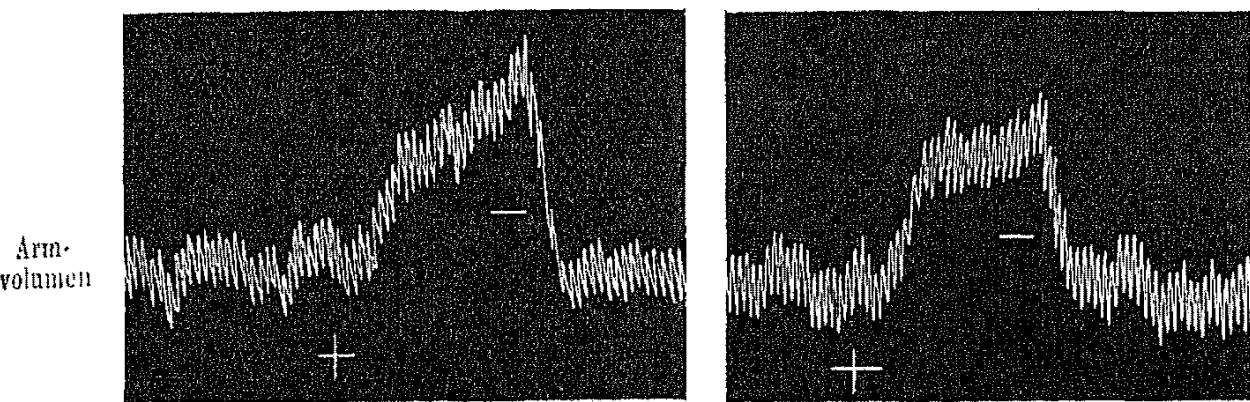


Fig. 1.

Von + bis — wird der tief hypnotisierten Versuchsperson jedesmal suggeriert, daß sie eine leichte Berührung, die den im Plethysmographen liegenden Arm treffen würde, genau empfinden müsse. (Lokalisierte Steigerung der Tastaufmerksamkeit.)

Wie oben schon erwähnt, ist jede geistige Arbeit und jede Steigerung der Aufmerksamkeit mit einer Verengung der Blutgefäße der Körperoberfläche in ihrer Gesamtheit verbunden, die nach der hier zu untersuchenden und durch obige Kurve scheinbar bestätigten Annahme nur dann teilweise durch eine völlig lokalisierte Erweiterung der äußeren Gefäße ersetzt wird, wenn die Steigerung der Aufmerksamkeit das Wahrnehmen eines Reizes mit der Hautsinnesempfindung eines bestimmten Körperteils betrifft.

Nun habe ich aber vor kurzem an dieser Stelle gezeigt,¹ daß diese der Körperoberfläche in ihrer Gesamtheit eigene Gefäßaktion auf Steigerung der Aufmerksamkeit sich unter bestimmten Verhältnissen umkehren kann, so daß dann immer an Stelle der Verengung eine Erweiterung der äußeren Gefäße des Körpers eintritt. Wie ich dort zeigte, ist diese Umkehrung der normalen

¹ E. Weber, Die Beeinflussung der Blutverschiebungen bei psychischen Vorgängen durch Ermüdung. *Dies Archiv.* 1909. Physiol. Abtlg. S. 867 ff.

Gefäßreaktion eine stete Begleiterscheinung gewisser Krankheiten, bei denen sie dann zu jeder Tageszeit beobachtet werden kann und sich auch auf die Gefäßreaktionen anderer psychischer Vorgänge erstrecken kann. Ferner ist diese Umkehrung aber auch eine vorübergehend auftretende Begleiterscheinung von Zuständen starker Ermüdung, mag sie nun durch starke körperliche oder geistige Arbeit, oder Mangel an Schlaf herbeigeführt worden sein, ja sie konnte durch absichtliche starke Ermüdung bei allen Versuchspersonen experimentell herbeigeführt werden.

Würde nun bei einer der hier untersuchten Versuchspersonen infolge eines pathologischen oder physiologischen Ermüdungszustandes eine allgemeine Umkehrung der Gefäßreaktion bei Steigerung der Aufmerksamkeit vorliegen, so daß an allen Körperteilen dabei eine Zunahme des Volumens an Stelle einer Abnahme eintreten würde, so würde es nichts Besonderes sein, wenn wir auch bei Anspannung der Aufmerksamkeit für eine lokale Tastempfindung eine Erweiterung der Gefäße des betreffenden Körperteils finden würden.

Es ist daher dringend nötig, und wurde von mir nie unterlassen, zu Beginn der Versuche festzustellen, ob bei der Versuchsperson die normale Gefäßkontraktion an der Körperoberfläche bei Ausführung einer geistigen Arbeit allgemeiner Art, wie Kopfrechnen oder Lesen eintritt. Ebenso ist es wünschenswert, bei sehr lange dauernden Versuchen am Schlusse sich zu überzeugen, ob nicht schon der oben erwähnte Ermüdungszustand eingetreten ist, der dann den letzten Teil der Versuche beeinflussen könnte.

Bei allen Personen, von denen die Kurven dieser Abhandlung stammen, waren diese Verhältnisse normale.

Es schien mir nun sehr erwünscht, diese lokale Gefäßerweiterung bei gesteigerter Tastaufmerksamkeit nicht nur durch hypnotische Suggestionen herbeizuführen, wie es bei den Versuchen geschah, von denen Kurve 1 stammt, sondern ihr Eintreten auch im normalen Zustand der Versuchspersonen zu erweisen.

Ich hatte schon früher¹ gefunden, daß dieselben vasomotorischen Begleiterscheinungen, die solche Bewegungsvorstellungen hatten, die durch hypnotische Suggestion bei den Versuchspersonen herbeigeführt worden waren, auch dann eintraten, wenn die Versuchspersonen im Normalzustande sich willkürlich Bewegungsvorstellungen bildeten.

Am leichtesten war das für die Versuchsperson dann, wenn sie eine kräftige Bewegung wirklich ausführte, die dann nur in der Weise lokalisiert werden mußte, daß die in den Apparaten gemessenen Körperteile dadurch

¹ E. Weber, *Der Einfluß psychischer Vorgänge auf den Körper*. Berlin 1910. S. 205 ff.

nicht erschüttert wurden, und das konnte durch gewisse Vorsichtsmaßregeln erreicht werden.

Aber auch dann trat die vasomotorische Wirkung bei einer Reihe von Personen deutlich ein, wenn diese Versuchspersonen sich willkürlich lebhafte Bewegungsvorstellungen bildeten, ohne die Bewegung wirklich auszuführen.

Es waren nur zu dieser schwierigen Konzentration der Gedanken, die gleichzeitig immer mit Hemmung der vorgestellten oder intendierten Bewegung verbunden ist, nicht alle Personen fähig, und der Erfolg trat viel langsamer ein, als der bei der hypnotischen Suggestion, bei der die Hemmung der intendierten Bewegung offenbar auf viel leichtere Art sich erreichen läßt, und die Vorstellungen infolge des Fehlens aller Ablenkung schnell eine weit größere Stärke gewinnen, aber doch war das Eintreten der vasomotorischen Wirkung auch dann oft ein unzweifelhaftes.

Auch bei Übertragung dieser Versuchs-Anordnung auf die hier behandelten Experimente war vorauszusehen, daß im Wachzustande die Konzentration der Gedanken, die eine Steigerung der Tastaufmerksamkeit herbeiführen sollte, nicht mit der Regelmäßigkeit, Stärke und Promptheit die erwartete vasomotorische Wirkung haben würde, wie es bei der entsprechenden hypnotischen Suggestion der Fall war. Um das Eintreten der Wirkung möglichst zu erleichtern, untersuchte ich zunächst eine Reihe von Blinden, da ich annehmen durfte, daß Blinde sich leichter als andere Menschen willkürlich Tastvorstellungen machen können und in höherem Grade, als andere Menschen, darin geübt sind, ihre Tastaufmerksamkeit ad maximum zu steigern.

Ich untersuchte zu diesem Zwecke 8 Blinde einer Berliner Blindenanstalt und zwar besonders weibliche Blinde, denen in der betreffenden Anstalt eine besonders feine Ausbildung des Tastsinnes zugeschrieben wurde.

Ich hatte zuerst daran gedacht, daß eine besonders starke Steigerung der Tastaufmerksamkeit mit dem Lesen der erhabenen Blindenschrift verbunden sein müsse und suchte das in zweierlei Weise auszunützen. Zunächst forderte ich die Blinden auf, lebhafte sich das Fühlen der Blindenschrift willkürlich vorzustellen, während die rechte Hand im Plethysmographen gemessen wurde, dann aber ließ ich sie mit der dazu weniger gebrauchten linken Hand wirklich Blindenschrift lesen und maß dabei das Volumverhalten der rechten Hand, mit der Erwartung, daß dabei in der ruhig bleibenden, aber sonst mehr zum Lesen benutzten Hand, vielleicht eine konsensuelle Gefäßveränderung eintreten würde.

Beide Arten von Versuchen waren ergebnislos, und das erklärte sich daraus, daß wie mir von den Blinden versichert wurde, das Lesen der Blindenschrift an sich schon durchaus nicht eine besondere Steigerung der

Tastaufmerksamkeit erfordert, sondern für die Blinden zu den relativ leicht zu tastenden Dingen gehört, sowie auch dadurch, daß bei einiger Übung das Lesen der Blindenschrift größtenteils mechanisch vor sich geht, ohne



Fig. 2.

Versuchsperson ist eine Blinde. Von + bis — bildet sich die Blinde willkürlich die lebhafteste Vorstellung der Tastempfindungen bei Ausföhrung einer feinen Handstickererei mit der ruhig im Plethysmographen liegenden Hand.

daß Mühe aufgewendet werden muß, die einzelnen Buchstaben genau durch Tasten zu erkennen.

Sehr gut gelangen die Versuche aber, als die Blinden sich dann will-

kürlich lebhaftere Vorstellungen von Handarbeiten bildeten, die eine besonders große Steigerung der Tastaufmerksamkeit erfordern.

Solche Arbeiten waren besonders das Sticken und das Häkeln, bei denen es besonders auf das richtige Fühlen der Muster der Vorlage und der eigenen Arbeit ankommt.

In Fig. 2 ist die Kurve eines derartigen Versuchs wiedergegeben.

Während die Atmung immer gleichmäßig blieb, dachte die Blinde in der Zeit von Zeichen + bis — lebhaft an das Ausführen einer Stickarbeit und während dieser Zeit trat eine starke Volumzunahme des Unterarmes ein, vermutlich nur der Hand, die nach Aufhören dieser Vorstellungen langsam wieder zur Norm zurücksank. Bei dieser, sowie bei den folgenden Kurven, die im normalen Zustand der Versuchspersonen aufgenommen wurden, fällt besonders das langsame Ab- und Ansteigen der Kurven auf, im Gegensatz zu den in Fig. 1 abgebildeten Kurven. Es erklärt sich dies natürlich dadurch, daß im Wachzustand die Konzentration auf derartige Vorstellungen langsam eintritt und der Gedanke darum nicht sofort völlig zu verdrängen ist, während durch hypnotische Suggestion die Vorstellung sofort in voller Stärke herbeigeführt und sie dann ebenso schnell gänzlich beseitigt werden kann.

Daß bei der willkürlichen Konzentration auf solche Vorstellungen äußere oder innere Ablenkungen bisweilen längere Zeit hemmend wirken können, bis sie dann endlich doch überwunden werden, zeigt die Kurve in Fig. 3, die von einer anderen Blinden stammt. Hier war die Konzentration der Gedanken offenbar erst in der Mitte des Kurvenblattes erreicht worden.

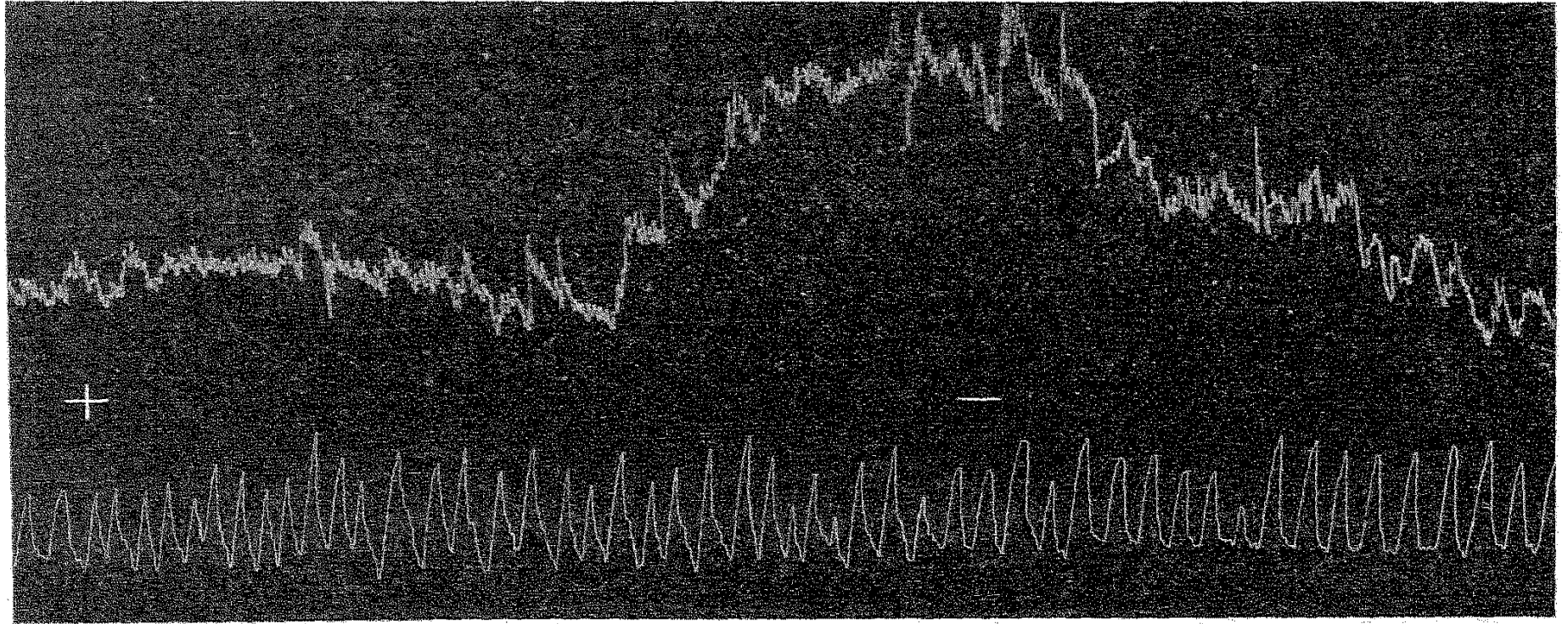
Die Versuche gelangen am besten bei solchen Blinden, die blindgeboren, oder sehr bald nach der Geburt erblindet waren und bei denen daher Tastvorstellungen in der Vorstellung der Handarbeiten alles beherrschten.

Eine Blinde, bei der die Versuche nicht gelangen, war erst im späteren Lebensalter erblindet und gab auch an, daß sie beim Denken an die Handarbeiten immer Gesichtsvorstellungen habe. —

Ich hatte natürlich zuerst diese Versuche mit willkürlicher Herbeiführung lokal gesteigerter Tastaufmerksamkeit an nicht erblindeten, normalen Personen vorgenommen und benutzte nun zur Erleichterung des Eintretens des Erfolges der Versuche Blinde.

Es hatte sich nämlich herausgestellt, daß es für normale Menschen meist mit großen Schwierigkeiten verknüpft ist, willkürlich sich eine lokalisierte Steigerung der Tastaufmerksamkeit zu verschaffen, ohne daß ein wirklicher Reiz an die im Apparat eingeschlossene Hautpartie gelangt.

Arm-
volumen



Atmung

Fig. 3.

Dasselbe, wie in Fig. 2. Die Konzentration der Aufmerksamkeit gelingt erst nach einiger Zeit.

Bei einigen wenigen Personen gelang es zwar nach einiger Übung, meist aber trat nur eine Volumsenkung ein als Zeichen dafür, daß nur ein allgemein gesteigerter Aufmerksamkeitszustand eingetreten war, und es nicht gelungen war, speziell die Tastaufmerksamkeit an der Haut eines bestimmten Körperteils zu steigern.

Bei einem dieser Versuche fand nun Herr Kollege Brigl ein sehr einfaches Hilfsmittel heraus, bei dessen Anwendung des ohne jede Mühe bei allen Versuchspersonen, auch bei denen es vorher nicht möglich gewesen war, gelang, die gewünschte lokale Steigerung der Tastaufmerksamkeit herbeizuführen.

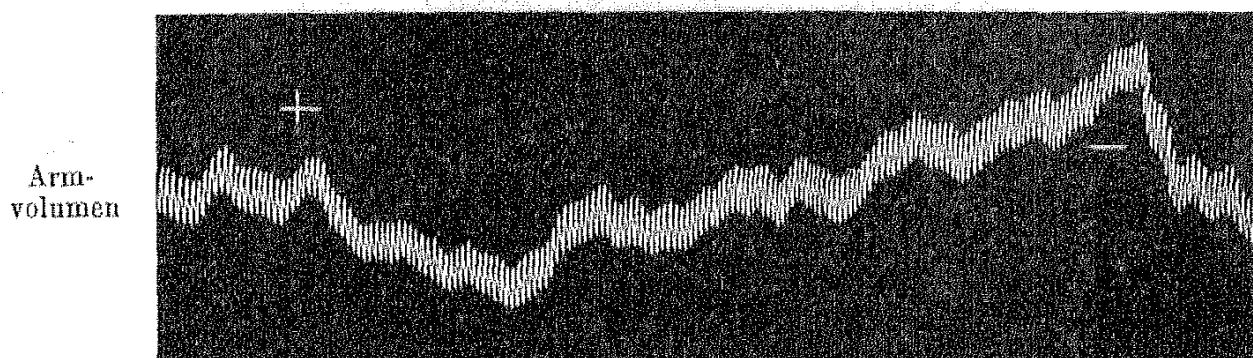


Fig. 4.

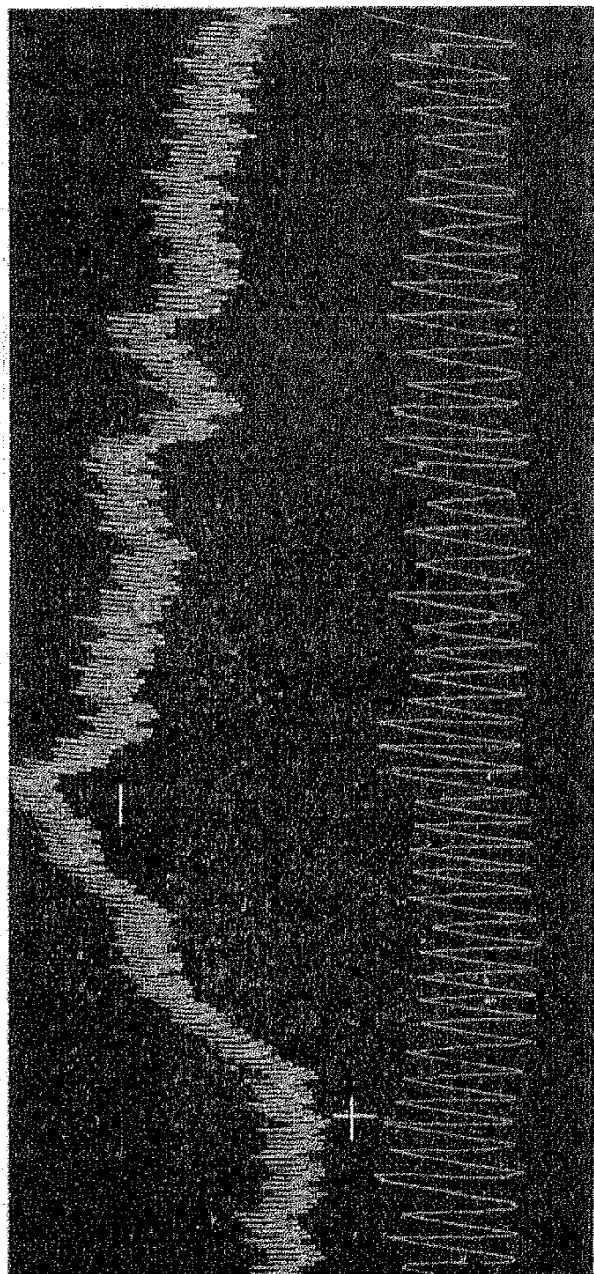
Normale Versuchsperson. Von + bis — Versuch einer willkürlichen, auf den im Apparat liegenden Arm lokalisierten Steigerung der Tastaufmerksamkeit.

Bei dem Versuche, der durch Fig. 4 dargestellt ist, begann die Versuchsperson bei + zunächst in der früheren Weise, sich die gewünschte Vorstellung zu bilden, mit dem Erfolg, daß als Zeichen der allgemeinen Aufmerksamkeitssteigerung das Volumen des Armes sank. Da die Versuchsperson selbst fühlte, daß so die erforderliche lokale Steigerung der Tastaufmerksamkeit an der Haut des im Plethysmographen liegenden Armes nicht zu erreichen war, begann sie plötzlich ihre Aufmerksamkeit lebhaft auf die geringfügigen Stöße zu richten, die der im Plethysmographen liegende Arm dadurch erhielt, daß das dicht daneben auf dem Tische stehende Kymographion durch die Rotation seiner Räder den Tisch in schnell aufeinanderfolgende leichte Erschütterungen versetzt.

Sowie dies geschehen war, begann die Kurve, wie aus Fig 4 zu ersehen ist, langsam bis weit über den Anfangsstand anzusteigen und sank erst wieder nach dem Zeichen —, bei dem diese Konzentration der Aufmerksamkeit unterbrochen wurde.

Es ist ohne weiteres verständlich, daß durch dieses einfache Hilfsmittel, bei dem die Versuchsperson auf wirkliche, von außen an den im Apparat liegende Reize achtet, die dabei doch die Aufnahme der Volum-

kurve nicht hindern, die lokale Steigerung der Tastaufmerksamkeit außerordentlich erleichtert wird, und in der Tat war damit die Untersuchung aller Versuchspersonen erfolgreich.



Arm-
volumen

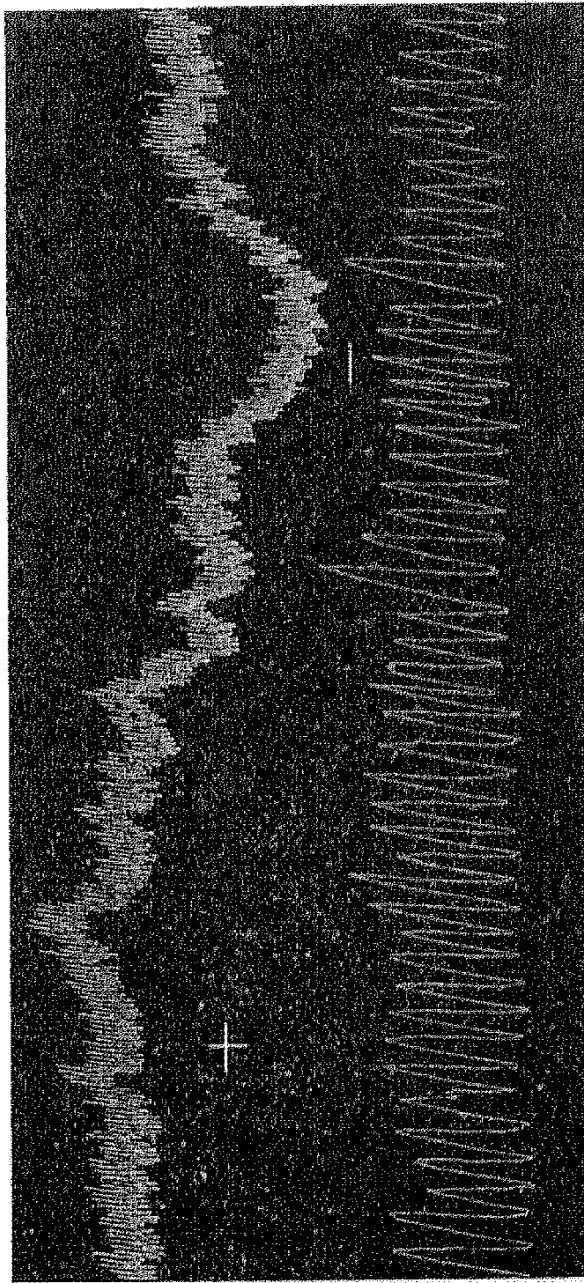
Atmung

Fig. 5a.

Normale Versuchsperson. Von + bis — dauert eine auf den gemessenen Arm lokalisierte willkürliche Steigerung der Tastaufmerksamkeit durch Achten auf einen gleichmäßigen Erschütterungsreiz.

Die Versuche wurden dann immer so angestellt, daß beide Arme in plethysmographischen Apparaten lagen, die gleichweit von dem den Tisch erschütternden Kymographion entfernt waren, so daß die Erschütterung an beiden Armen völlig gleichmäßig empfunden wurde. Gemessen wurde aber dabei immer nur das Volumen des einen und desselben Armes. Die Ver-

suchsperson wurde nun zunächst aufgefordert, ihre Aufmerksamkeit auf die Erschütterungsstöße zu richten, die der Arm erhielt, dessen Volumen registriert wurde. Nach Beendigung dieses Versuchs richtete die Versuchs-



Arm-
volumen

Atmung

Fig. 5b.

Unmittelbar nach 5a aufgenommen. Von + bis — dauert eine auf den nicht gemessenen Arm lokalisierte willkürliche Steigerung der Lastaufmerksamkeit durch Achten auf den in gleicher Weise an den anderen Arm gelangenden Erschütterungsreiz.

person in gleicher Weise ihre Aufmerksamkeit auf die Erschütterungsstöße, die in völlig gleicher Weise der andere Arm erhielt, dessen Volumen nicht registriert wurde.

Das Ergebnis eines derartigen Kontrollversuchs an derselben Versuchsperson, von der Kurve 4 stammt, ist in Fig. 5a und 5b abgebildet.

Die Atmung blieb bei diesen Versuchen, wie aus der Kurve zu erkennen, so gleichmäßig, daß sie die Volumkurve des Armes nicht hat beeinflussen können.

In Fig. 5a richtete die Versuchsperson in der Zeit von + bis — ihre Aufmerksamkeit auf die Erschütterungen, die derselbe Arm erhielt, dessen

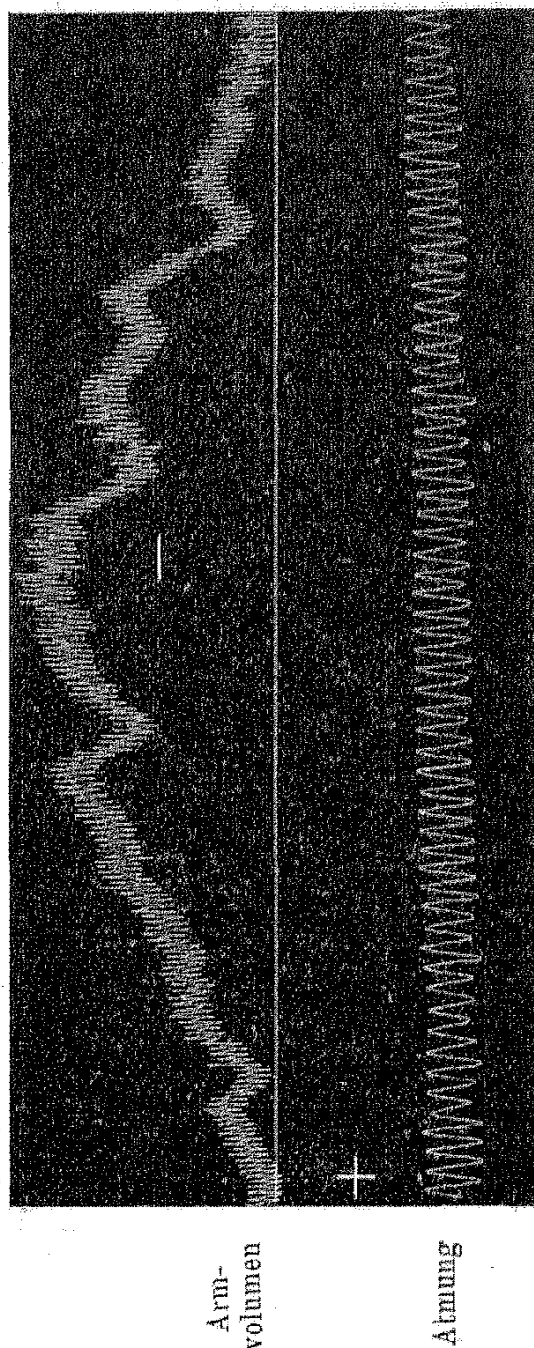


Fig. 6a.

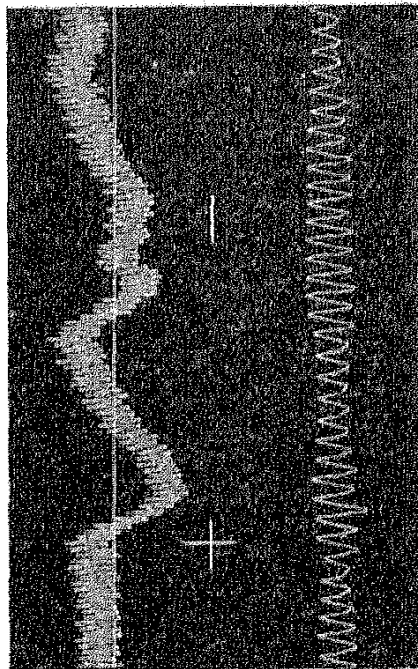
Normale Versuchsperson. Von + bis — dauert eine auf den gemessenen Arm lokalisierte willkürliche Steigerung der Tastaufmerksamkeit durch Achten auf einen gleichmäßigen Erschütterungsreiz.

Volumen in dieser Kurve gemessen wurde, und die Steigerung der Tastaufmerksamkeit in der Haut dieses Armes führte, wie die Kurve zeigt, eine sehr starke Volumzunahme des Armes herbei, die nach Unterbrechung dieser Konzentration der Aufmerksamkeit langsam wieder zum Anfangstande zurückging. Daß diese so festgestellte Gefäßerweiterung aber

nur eine lokale, auf die Haut des einen Armes beschränkte ist, geht aus dem Kontrollversuche hervor, dessen Ergebnis in Fig. 5 b abgebildet ist.

Hierbei wurde das Volumen desselben Armes registriert, wie vorher in Fig. 5 a, die Versuchsperson richtete aber von + bis — ihre Aufmerksamkeit auf die Erschütterung, die der andere Arm erhielt, dessen Volumen nicht registriert wurde.

Während dieser Zeit trat an dem gemessenen Arm eine Volumabnahme ein, die der allgemeinen Gefäßreaktion der Körperoberfläche bei jeder Aufmerksamkeitssteigerung entspricht und dies beweist, daß die durch lokale Steigerung der Tastaufmerksamkeit herbeigeführte Hyperämie wirklich nur



Arm-
volumen

Atmung

Fig. 6b.

Unmittelbar nach 6a aufgenommen. Von + bis — dauert eine auf den nicht gemessenen Arm lokalisierte willkürliche Steigerung der Tastaufmerksamkeit durch Achten auf den in gleicher Weise an den anderen Arm gelangenden Erschütterungsreiz.

eine lokalisierte ist und sich auf die betreffende Hautpartie beschränkt und keine konsensuellen Gefäßveränderungen hervorruft.

In Fig. 6 a und 6 b, ist das Ergebnis eines völlig gleichen Versuchs an einer anderen Versuchsperson abgebildet. In Fig. 6 a, wurde willkürlich eine Steigerung der Tastaufmerksamkeit an dem Arm hervorgerufen, dessen Volum in 6 a und 6 b gemessen wurde, und in 6 b am andern Arm.

Die Versuche mit hypnotischer Suggestion, die an Blinden, und besonders auch die an Versuchspersonen im Normalzustande beweisen, daß wirklich bei Steigerung der Tastaufmerksamkeit, die auf die Haut eines bestimmten Körperteiles

lokalisiert ist, sich die Blutgefäße der betreffenden Hautpartien aktiv erweitern, so daß durch die vermehrte Sauerstoffzufuhr zu den nervösen Organen in dieser Hautpartie die Empfindungsfähigkeit der Haut gegen die Reize, die wahrgenommen werden sollen, gesteigert wird. Diese vasomotorische Reaktion stellt also offenbar einen höchst zweckmäßigen Vorgang dar, und es ist daher sehr wahrscheinlich, daß eine lokale, aktive Erweiterung der betreffenden Blutgefäße auch bei der willkürlichen Funktionssteigerung der anderen Sinnesorgane eine Rolle spielen wird. Wie weit dies zu erreichen ist, und ob, wie bei den Versuchen des 1. Abschnittes, auch hier eine experimentell herbeigeführte arterielle Hyperämie des betreffenden Körperteils eine Funktionssteigerung herbeiführt, wird durch weitere Versuche festgestellt werden. —

Da die hier nachgewiesene lokale Erweiterung der äußeren Gefäße desjenigen Körperteils, bezüglich dessen die Tastaufmerksamkeit willkürlich gesteigert wird, zweifellos ein höchst zweckmäßiger Vorgang ist, so liegt es nahe, danach zu fragen, welchen Nutzen wohl die gleichzeitige Verengung der äußeren Blutgefäße aller übrigen Körperteile haben könne.

Wie wir sehen werden, können wir uns nach den Ergebnissen der im ersten Abschnitte beschriebenen Untersuchungen vielleicht auch eine Vorstellung von dem Nutzen dieses Teils der den psychischen Vorgang begleitenden Blutverschiebung machen.

Zunächst sei aus meiner früheren Arbeit¹ zur besseren Übersicht das Schema abgedruckt, das die Blutverschiebungen im Körper bei verschiedenen psychischen Vorgängen darstellt, wie sie durch andere Experimentatoren und mich festgestellt wurden.

Die Verminderung des Armvolums bei gesteigerter Aufmerksamkeit war die erste der nicht grob sinnlich wahrnehmbaren vasomotorischen Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge, die experimentell festgestellt wurde.

Nachdem dieselbe Erscheinung auch bei Messung des Fußvolums gefunden worden war, und es sich herausgestellt hatte, daß das Hirnvolum dabei zunahm, kam man zu der bis jetzt allgemein geltenden Anschauung, daß die Verengung der äußeren Gefäße bei gesteigerter Aufmerksamkeit den Zweck habe, die Blutzufuhr zu dem Gehirn während seiner gesteigerten Tätigkeit zu vermehren, durch bessere Ernährung seine Funktionsfähigkeit zu verstärken und den schnelleren Ersatz der dabei verbrauchten Stoffe zu ermöglichen.

Wenn das wirklich der Fall wäre, müßte natürlich das Volumen des Gehirns sich bei diesen psychischen Vorgängen immer in entgegengesetzter Richtung verändern, wie das Volumen der äußeren Körperteile, und zwar

¹ *Dies Archiv.* 1909. *Physiol. Abtlg.* S. 368.

nicht nur im allgemeinen, sondern auch entsprechend den einzelnen Volumschwankungen.

+ bedeutet Zunahme, — Abnahme der Blutfülle des betreffenden Körperteiles.

	Gehirn	Äußere Kopfteile	Bauchorgane	Glieder und äußere Teile des Rumpfes
Bei Bewegungsvorstellung (mit oder ohne Ausführung der Bewegung)	+	—	—	+
Bei geistiger Arbeit	+	—	+	—
Bei Schreck	+	—	+	—
Bei Lustgefühlen		+	—	+
Bei Unlustgefühlen	—	—	+	—
Im Schlaf	+		—	+
Bei peripherer sensibler Reizung	±	+	—	—

Diese Vorstellung war besonders dann begründet, wenn man noch daran glaubte, daß das Gehirn überhaupt keine eigenen Gefäßnerven besitze. Aber schon an den Kurven Mossos konnte man erkennen, daß die Volumkurven des Arms und Hirns sich durchaus nicht im einzelnen immer reziprok verhalten und Brodmann¹ und Berger² stellten dies genauer fest.

Berger fand auch, daß bei den erwähnten psychischen Vorgängen die Volumänderungen des Gehirns mehrere Pulsschläge vor denen der äußeren Körperteile beginnen, so daß es unmöglich ist, daß jene von diesen herbeigeführt werden. Man könnte aber immer noch daran denken, daß die Veränderungen an den äußeren Gefäßen ein, wenn auch später eintretendes Hilfsmittel für die bessere Blutversorgung des Hirns und für eine dadurch ermöglichte längere Dauer des betreffenden psychischen Vorgangs bedeute, aber auch dies wird durch meine früheren³ Untersuchungen hin-fällig, durch die nachgewiesen wurde, daß bei der Kontraktion der Gefäße der äußeren Körperteile während dieser psychischen Vorgänge die Gefäße der Bauchorgane sich aktiv erweitern, so daß ein möglicher Einfluß der Kon-traktion der äußeren Gefäße auf die Blutversorgung des Gehirns dadurch ganz oder doch zum größten Teil verloren gehen müßte.

Läge eine solche Beeinflussung im Plane der Entwicklung dieses Mechanismus, so würden sich neben den äußeren Gefäßen auch die der

¹ Brodmann, Plethysmographische Studien am Menschen. *Journal für Psychiatrie und Neurologie*. 1902.
² H. Berger, *Körperliche Äußerungen psychischer Zustände*. Jena 1904. 1907.
³ *Dies Archiv*. 1907. Physiol. Abtlg. S. 293 ff.

Bauchorgane kontrahieren, zumal ja die Wirkung dieser Gefäße auf den Blutdruck stärker sein kann, als die der äußeren Blutgefäße.

Zudem haben sich aus meinen Untersuchungen, die in diesem Archiv 1908, S. 457 ff. veröffentlicht wurden, die physiologischen Unterlagen zur Erklärung des selbständigen Verhaltens der Volumkurven der äußeren Körperteile und des Gehirns ergeben, da aus ihnen hervorging, daß die Hirngefäße selbständig allen übrigen Gefäßen des Körpers gegenüberstehen, indem sie ein anderes Zentrum für ihre Gefäßnerven besitzen, wie alle andern Blutgefäße.

Wie man sich, auf diese Tatsache gestützt, das verschiedene Verhalten der Gefäße des Gehirns und der anderen Gefäße des Körpers bei demselben Reiz, der auf den Körper, also auf beide vasomotorische Zentren gleichzeitig einwirkt, vielleicht erklären könnte, kann hier nicht erörtert werden.

Vorläufig entnehmen wir diesen Überlegungen nur die Folgerung, daß wir bei der Blutverschiebung bei psychischen Vorgängen die Bedeutung der Volumänderungen am Gehirn streng auseinanderhalten müssen von denen an den übrigen Körperteilen, und daß besonders die Kontraktion der äußeren Blutgefäße sicherlich in keiner Beziehung steht zu der gleichzeitigen Zunahme der Blutfülle des Hirns bei gesteigerter Aufmerksamkeit.

Noch viel weniger kann dies in Frage kommen bei der Gefäßverengerung an den äußeren Körperteilen bei Unlustgefühl (siehe Schema), da dabei ja dabei das Hirn gar nicht an Blutfülle zu-, sondern abnimmt.

Aus bestimmten Gründen betrachten wir zunächst den Nutzen der Blutverschiebung im Körper bei Unlustgefühlen, soweit sie nicht das Gehirn betrifft, das sich vasomotorisch selbst reguliert. Es handelt sich dabei um eine Verschiebung der größeren Menge des Blutes von der Außenseite des Körpers zu den Bauchorganen im Innern, bei der sowohl die Kontraktion der äußeren Gefäße, als die aktive Erweiterung der inneren Gefäße mitwirkt.

Da der Nutzen dieser Blutverschiebung sicherlich nicht in der besseren Ernährung der Bauchorgane während dieser kurzen Zeit liegen kann, muß er in der zeitweiligen Verschlechterung der Blutversorgung, also der Sauerstoffzufuhr zu den äußeren Körperteilen, besonders also der Haut, gesucht werden.

Aus den Untersuchungen des ersten Teils dieser Abhandlung, durch die bewiesen wird, daß durch Herbeiführung einer arteriellen Hyperämie der Haut die Empfindlichkeit der Hautsinnesorgane gesteigert wird, wie es nach den Untersuchungen Verworns über das Sauerstoffbedürfnis der Nervensubstanz zu erwarten war, geht auch hervor, daß umgekehrt durch

eine Verschlechterung der Blutversorgung der Haut, wie sie hier vorliegt, die Empfindlichkeit der Hautsinnesorgane herabgesetzt werden muß.

Es wird dadurch dem Körper also ein gewisser Schutz gegen die weitere Einwirkung der schmerzhaften unlustregenden äußeren Reize verliehen, die Empfindlichkeit dagegen wird herabgesetzt.

Ein ganz entsprechender Vorgang spielt sich gleichzeitig bei Einwirkung des schmerzhaften oder unlustregenden Reizes in der Hirnrinde ab, indem sich dort die Hirngefäße verengen und dadurch gleichfalls die Reizempfindlichkeit der von ihnen versorgten nervösen Substanz, nämlich der Biogene der Hirnrinde herabsetzen.

Vermutlich wird der Mechanismus zur Kontraktion der Hirngefäße schon durch den schmerzhaften Reiz selbst auf seinem Wege zur Hirnrinde in Bewegung gesetzt.

Die Schmerzempfindung hat bekanntlich den großen Wert, dem Körper als Warnungssignal zu dienen, und erfüllt diesen Zweck wenigstens bei den häufigsten, den äußeren Verletzungen, im normalen Zustand immer.

Zur Erreichung des Nutzens der schmerzhaften und unangenehmen Empfindung gewisser Reize als Warnungssignale genügt es aber völlig, wenn die Reize in der sehr kurzen Zeit in voller Stärke auf die Hirnrinde einwirken, die zwischen dem Anlangen des Reizes in der Hirnrinde und dem Eintreten der Wirkung des gleichzeitig an den Rindengefäßen anlangenden Impulses zur Kontraktion verstreicht.

Ebenso muß für diesen Zweck auch eine nur kurze Einwirkung des Reizes in seiner vollen Stärke auf die sensiblen Aufnahmeapparate an der Außenseite des Körpers genügen.

Beim Durchpassieren des Reizes durch das vasomotorische Zentrum in der Medulla, also noch ehe der Reiz zu dem mehr zentral gelegenen vasomotorischen Zentrum für die Hirngefäße und zur Hirnrinde selbst gelangt, wird vermutlich schon der Mechanismus in Bewegung gesetzt, der zur Kontraktion der äußeren Gefäße und gleichzeitigen Erweiterung der Bauchgefäße führt, so daß gleichzeitig durch Druck- und Saugwirkung in schnellster Zeit eine relative Blutleere der Haut erzeugt wird, die den etwa weiter einwirkenden Unlust- oder Schmerzreizen den Panzer der herabgesetzten Erregbarkeit entgegensetzt.

Die Unlustreize, die dann trotzdem, wenn auch in abgeschwächter Form noch aufgenommen und zum Gehirn weitergeleitet werden, finden in der Hirnrinde wieder einen Aufnahmeapparat, dessen Erregbarkeit infolge der Kontraktion seiner Gefäße herabgesetzt ist.

Mit Hilfe dieses Mechanismus werden also, abgesehen von dem ersten außerordentlich kurz dauernden Eindruck, auch starke Schmerz- und Unlustreize nur in sehr abgeschwächtem Maße in der Hirnrinde wahr-

genommen, und die durch sehr starke Reize leicht gefährdeten Biogene der Hirnrinde bleiben intakt, denn je stärker der Reiz ist, um so stärker wird, bis zu einer gewissen Grenze, auch die Kontraktion der Gefäße des Gehirnes und der äußeren Körperteile und die die Wirkung dieser Vorgänge erleichternde Erweiterung der Bauchgefäße sein.

Lust stellt den entgegengesetzten Zustand dar, wie Unlust, und deshalb sind auch offenbar die Veränderungen an den Gefäßen bei diesem Zustand (siehe Schema) die entgegengesetzten und die Erklärung ergibt sich durch Umkehrung der obigen Ausführungen von selbst. Durch Erweiterung der äußeren Gefäße wird die Sauerstoffzufuhr zu den Endigungen der sensiblen Nerven und ihre Empfindungsfähigkeit gegen die angenehmen Reize gesteigert, und ebenso bewirkt auch die Gefäßerweiterung in der Hirnrinde eine vermehrte Wahrnehmungsfähigkeit der Hirnrinde für die angenehmen Reize.

Bei gesteigerter Aufmerksamkeit und geistiger Arbeit liegen die Verhältnisse anders. Auch hier entsteht eine Blutverschiebung von den äußeren zu den inneren Teilen neben der damit nicht zusammenhängenden Erweiterung der Hirngefäße.

Auch hierbei muß der Nutzen der Blutverschiebung in der Herabsetzung der Empfindlichkeit der Haut in seiner Allgemeinheit gesucht werden, von der, wie wir sahen, nur bestimmte Teile ausgenommen sein können. Aber von Unlust erregenden äußeren Reizen kann bei dem einfachen Zustand der gesteigerten Aufmerksamkeit und bei psychischer Arbeit keine Rede sein. Es würde also nur eine Herabsetzung der Erregungsfähigkeit der sensiblen Aufnahmeapparate gegenüber allen denjenigen gewöhnlichen äußeren Reize in Frage kommen, die im wachen Zustand des Menschen dauernd in stärkerem oder geringerem Grade auf ihn einwirken.

Es liegt nun nahe, daran zu denken, daß bei psychischer Arbeit, die eine innere Sammlung, die Konzentration der Gedanken nach einer bestimmten Richtung hin erfordert, ein solcher Zustand nützlich für diese Gedankenkonzentration sein muß, der eine gewisse Abschließung des Körpers gegen die während der Arbeit dauernd von außen auf ihn einwirkenden geringeren Reize herbeiführt, also einen gewissen Schutz gegen Ablenkung der Aufmerksamkeit von der auszuführenden Arbeit gewährt.

Ganz besonders muß aber eine solche Abschließung gegen äußere Reize während dieser Zeit deshalb von Wert sein, weil die Hirngefäße während der Ausführung der psychischen Arbeit sich erweitert haben, und in diesem Zustand die Hirnrinde, ähnlich wie bei Lustgefühlen, besonders empfindlich für alle Reize ist, da ja die vermehrte Sauerstoffzufuhr die Erregungsfähigkeit der Biogene der Hirnrinde bedeutend steigert.

Es würde bei diesem Zustand der Hirnrinde, der ja für die Ausführung einer psychischen Arbeit sehr günstig ist, auch jeder äußere Reiz sehr empfindliche Aufnahmeapparate in der Hirnrinde antreffen, er würde sehr stark zur Empfindung kommen und die Aufmerksamkeit in viel höherer Weise in Anspruch nehmen, als er es im Ruhezustand des Gehirnes tun würde.

Gegen diese Gefahr der Ablenkung, könnte man denken, bietet die Herabsetzung der Erregungsfähigkeit der sensiblen Aufnahmeapparate an der Außenseite des Körpers einen wirksamen Schutz, da die äußeren Reize dann nur noch in stark abgeschwächtem Maße weiter zum Gehirn geleitet werden.

Wenn diese Anschauung richtig wäre, so müßte es zunächst sich herausstellen, daß bei einer stärkeren Konzentration der Aufmerksamkeit auf eine schwierigere psychische Arbeit, auch der Schutz gegen äußere Ablenkung ein größerer wird, weil dann eine Ablenkung bei der stärkeren Erweiterung der Hirngefäße um so störender wirken müßte.

Die Richtigkeit dieser Erwartung wurde auch in der Tat durch ausführliche Untersuchungen bewiesen, die Frankfurther und Hirschfeldt vor kurzem an dieser Stelle¹ veröffentlicht haben.

Die Zweckmäßigkeit dieser Herabsetzung der Empfindlichkeit der sensiblen Aufnahmeapparate der Außenfläche des Körpers bei gesteigerter Aufmerksamkeit würde nur dann nicht mehr vorhanden sein, wenn auch die Empfindlichkeit desjenigen Teils der reizempfindlichen Außenfläche des Körpers herabgesetzt würde, mit der der Reiz wahrgenommen werden soll, auf den die Aufmerksamkeit gerichtet ist.

Da nun in den oben beschriebenen Versuchen durch das Beispiel der lokalisierten Steigerung der Tastaufmerksamkeit gezeigt wurde, daß derjenige Teil der Sinnesoberfläche, mit dem etwas wahrgenommen werden soll, lokal die entgegengesetzten vasomotorischen Innervationsimpulse erhält, wie die andern Teile, und seine Empfindlichkeit sogar gesteigert wird, so scheint die Zweckmäßigkeit dieser anscheinend komplizierten vasomotorischen Begleiterscheinungen der psychischen Vorgänge eine vollkommene zu sein. —

Wie ich am Ende des ersten Abschnittes dieser Abhandlung andeutete, komme ich nun auf die Bedeutung der Vorsichtsmaßregeln zurück, die ich bei den dort beschriebenen Sensibilitätsprüfungen beobachtete.

Ich forderte zunächst die Versuchsperson immer auf, mit aller Aufmerksamkeit auf die kommenden Reize zu achten. Würde dies nicht geschehen, und würde die Versuchsperson einmal bei den Versuchen mit angespannter Aufmerksamkeit auf die Reize achten, ein andersmal weniger

¹ Dies Archiv. 1909. Physiol. Abtlg.

oder gar nicht, so würden sich die Ergebnisse dieser Versuche in keiner Weise vergleichen lassen, da ja, wie aus den Untersuchungen des 2. Teils hervorgeht, bei Steigerung der Tastaufmerksamkeit sich in der Haut des betreffenden Körperteils die Gefäße erweitern und die Empfindlichkeit der nervösen Organe vermehrt wird. Entweder muß man also bei diesen Prüfungen die Aufmerksamkeit der Versuchsperson niemals oder immer auf die zu erwartenden Reize lenken. Da das erstere kaum in gleicher Weise zu erreichen sein wird, wird man das letztere vorziehen, obwohl auch dabei Schwankungen der Konzentration der Aufmerksamkeit eintreten werden.

Auch die sogenannten Ermüdungserscheinungen, die durch die Ästhesiometer von einigen Experimentatoren nachgewiesen wurden, hängen vermutlich von dem Nachlasse der Konzentration der Aufmerksamkeit und der davon abhängigen vasomotorischen Veränderung in der Haut ab.

Um diese Aufmerksamkeit ad maximum zu steigern, war es außerdem noch nötig, sie genau zu lokalisieren, da nach meinen Feststellungen die Steigerung der arteriellen Blutversorgung und damit der Empfindlichkeit eine streng lokalisierte ist. Zu dem Zwecke wurde bei der Prüfung einer neuen Hautstelle von mir jedesmal zunächst ein so starker Druckreiz ausgeübt, daß er bestimmt empfunden wurde.

Es wurde dadurch sogleich die Empfindlichkeit gerade dieser Hautstelle die möglichst feinste, da die Aufmerksamkeit genau darauf lokalisiert war, und durch Abschwächung der folgenden Reize erhielt ich einen genauen und konstanten Schwellenwert.

Wie nötig diese Vorsichtsmaßregel ist, konnte ich daran beobachten, daß, wenn ich umgekehrt mit sehr schwachen Reizen begann, um sie dann allmählich zu verstärken, ich nach der Verstärkung des Reizes bis zu dem Grade, daß er empfunden wurde, dann auch mit schwächeren Reizen von derselben Stelle aus deutliche Empfindungen auslösen konnte.

Offenbar erklärt dies sich dadurch, daß durch die erste Empfindung des Reizes einmal die Aufmerksamkeit im allgemeinen noch mehr gesteigert wird, besonders aber daß sie mehr lokalisiert wird und daß die vom Gehirn ausgehenden Innervationsimpulse zur Erweiterung eines Teiles der Hautgefäße mehr auf einen Punkt konzentriert werden.