

# Ueber die Beziehung zwischen Athmung und Aufmerksamkeit.

Von

**Alfred Lehmann.**

Mit Tafel I.

---

## Einleitung.

Der Streit über die Natur der Aufmerksamkeit ist noch unentschieden. Trotz zahlreicher, theils experimenteller theils kritischer Untersuchungen über diese Frage, welche in den letzten Jahren erschienen, sind unsere Kenntnisse augenscheinlich noch zu lückenhaft, um irgend eine der aufgestellten Hypothesen als die einzig mögliche festzustellen. Die körperlichen Veränderungen, die jede Spannung der Aufmerksamkeit begleiten, sind nach einigen Forschern nur Wirkungen einer besonderen psychischen oder psychophysischen Ursache, der Aufmerksamkeit; nach der Ansicht anderer dagegen ist die Aufmerksamkeit das psychische Resultat dieser körperlichen Veränderungen. Es ist indessen wohl begreiflich, dass Einigkeit über diese große Principienfrage nicht erreicht werden kann, weil wir bei weitem noch nicht darüber im Reinen sind, welche körperlichen Veränderungen mit den Aufmerksamkeitsspannungen parallel laufen. Den Untersuchungen *Féré's*<sup>1)</sup> und *Münsterberg's*<sup>2)</sup> zufolge ist es unzweifelhaft, dass Muskelinnervationen bei der Concentration der Aufmerksamkeit eine Rolle spielen; die Selbstbeobachtung aber

---

1) Note sur la physiologie de l'attention. Revue philosophique. T. 30. 1890. p. 392 ff.

2) Die Schwankungen der Aufmerksamkeit. Beiträge II. S. 69 ff.

zeigt Wirkungen der Aufmerksamkeit, welche nicht ausschließlich aus Muskelinnervationen erklärt werden können. Das Problem, ob die Aufmerksamkeit ein besonderer psychophysischer Vorgang oder nur eine Resultante verschiedener physiologischer und psychophysischer Prozesse sei, kann augenscheinlich erst dann gelöst werden, wenn alle die physiologischen Vorgänge nachgewiesen sind, welche eine jede Aufmerksamkeitsspannung begleiten und beeinflussen. Gelingt es dann weiter darzuthun, dass beim Zusammenwirken aller dieser Factoren diejenigen Erscheinungen hervorgebracht werden können, welche gewöhnlich »Wirkungen der Aufmerksamkeit« genannt werden, dann brauchen wir nicht einen besonderen hypothetischen Vorgang anzunehmen. Wir sind jedoch zweifelsohne von diesem Ziele weit entfernt; das Experiment hat hier noch ein freies Feld.

Eine der Erscheinungen, die noch keine befriedigende Erklärung gefunden haben, ist die unwillkürliche Schwankung der Aufmerksamkeit. Mir scheint es wenigstens, dass die Sache, trotz der jüngst erschienenen Untersuchungen Eckener's und Pace's, noch fortwährend vollständig dunkel ist. Sämmtliche Forscher, welche bisher das Phänomen untersucht haben, sind uneinig, nicht nur in Bezug auf die Erklärung desselben, sondern auch rücksichtlich der gefundenen Thatsachen. N. Lange fand bekanntlich<sup>1)</sup>, dass die Aufmerksamkeitsperiode, d. h. die Zeit zwischen zwei einander folgenden Maximis einer eben merklichen Empfindung, nur wenig variabel ist für Empfindungen, die von demselben Sinnesorgane herühren. Für Empfindungen verschiedener Sinnesorgane dagegen sind die Perioden verschieden: für Lichtempfindungen  $3,4 \sigma$ , für Schallempfindungen  $3,8 \sigma$ , und bei elektrischer Reizung der Haut  $2,5 \sigma$ . Eine Erklärung der Thatsachen hat Lange eigentlich nicht gegeben; sie sind für ihn eine besondere — fast räthselhafte — Eigenthümlichkeit des centralen Vorgangs, welcher Aufmerksamkeit genannt wird.

Münsterberg kam zu einem ganz anderen Resultate. Er untersuchte nur die Periode der Lichtempfindungen, fand aber hier, dass die Dauer derselben, unter unveränderten Versuchsbedingungen,

---

1) Phil. Stud. IV, S. 404.

sehr variabel sein konnte. Die Dauer der Periode schwankte zwischen 3,7 und 10,2  $\sigma$ , war aber im Mittel 6,9  $\sigma$ , also ungefähr zweimal größer als die von Lange gefundene. Außerdem war sie von der Athmung sehr abhängig, indem eine willkürliche Beschleunigung oder Verlangsamung der Athmung eine Verkürzung oder Verlängerung der Periode herbeiführte. Die Versuchsumstände wurden stark variirt, und aus sämtlichen Versuchen folgerte er schließlich, dass die Schwankungen durch Ermüdung der Accommodations- und der Directionsmuskeln des Auges verursacht würden.

Eckener und Pace endlich, von welchen der erstgenannte Schallempfindungen, letzterer aber Lichtempfindungen untersucht hat, stimmen Münsterberg bei in Betreff des Thatsächlichen, in theoretischer Hinsicht dagegen stehen sie N. Lange näher. Doch hat Eckener einen bedeutenden Fortschritt über Lange hinaus gemacht, indem er es versuchte, nachzuweisen, wie unwillkürlich sich [hervordrängende Vorstellungen die Schwankungen der Aufmerksamkeit verursachen können<sup>1)</sup>]. Dies ist jedenfalls eine mögliche Erklärung, wenngleich ich dieselbe als vollständig falsch ansehe, was unten näher dargelegt werden soll. Pace stimmt Eckener bei, gibt aber zu, dass Accommodationsschwankungen und Augenbewegungen auf irgend eine Weise mitspielen<sup>2)</sup>.

Sehen wir nun vorläufig von diesen verschiedenen, mehr oder weniger einseitigen Erklärungsversuchen ab und halten uns ausschließlich an die Versuchsergebnisse. Der Unterschied zwischen den von Lange einerseits und den übrigen Beobachtern andererseits gefundenen Thatsachen ist so groß, dass es keinem Zweifel unterliegt, die genannten Forscher haben ganz verschiedene Phänomene untersucht. Dieser Schluss ist auch von Münsterberg gezogen worden; außerdem zeigen die Versuchsanordnungen, welche von den Beobachtern angewandt wurden, dass es so sein muss. Während Lange nur die Punkte markiren ließ, wo eine Empfindung durch einen schwachen Reiz plötzlich hervorgebracht wird, suchte Münsterberg mittelst des Kymographion den ganzen Verlauf einer eben merklichen Empfindung aufzuzeichnen. Auf dieselbe Weise ver-

---

1) Phil. Stud. VIII, S. 381—383.

2) Phil. Stud. VIII, S. 401.

fuhren Eckener und Pace; ihr Apparat war weniger dazu geeignet, ein langsames Anschwellen oder Sinken der Empfindung genau graphisch wiederzugeben, hatte dagegen in andern Beziehungen vor dem Münsterberg'schen Vorzüge. Jedenfalls war die Aufgabe der drei letztgenannten Forscher: den ganzen Verlauf einer eben merklichen Empfindung eine längere Zeit hindurch zu verfolgen und zu registriren. In diesen Versuchen musste deshalb die Aufmerksamkeit ohne Unterbrechung möglichst stark gespannt sein; bei Lange's Versuchen dagegen konnte die Aufmerksamkeit, sobald die Empfindung aufgelodert war, einen Augenblick sich abspannen, um unmittelbar danach sich wieder zu concentriren. Die Experimente Münsterberg's und seiner Nachfolger zeigen also, wie eine stetig concentrirte Aufmerksamkeit dann und wann zerstreut wird trotz aller willkürlichen Anstrengung; aus den Versuchen Lange's aber lernen wir, wie die Aufmerksamkeit periodisch gespannt und abgespannt wird, wenn wir uns nicht um eine stetige Concentration bemühen. Es sind also ganz verschiedene Dinge, die hier untersucht worden sind, und es wird von großem Interesse sein, beide Fälle genau zu beleuchten. Ich kann deshalb gar nicht Münsterberg beistimmen, wenn er sagt, dass nur seine Versuche Werth haben<sup>1)</sup>. Und noch weniger glücklich scheint mir Eckener, wenn er<sup>2)</sup> den Nachweis versucht, dass die Versuchsergebnisse Lange's durch theoretische Vorurtheile beeinflusst seien. Wäre es wirklich möglich, seine Mitarbeiter bei psychophysischen Versuchen so zu suggestioniren, dass die theoretischen Ansichten des Versuchsleiters sich in den gewonnenen Resultaten abspiegelten, so stünde es um die Fortschritte der Wissenschaft herzlich schlecht. Glücklicherweise geht dies nicht so leicht, wenn man nur einigermaßen gewissenhaft verfährt; wenigstens kann ich aus mehrjähriger Erfahrung bezeugen, dass ich äußerst selten meine vorläufigen Hypothesen durch die Versuche bestätigt gefunden habe. Meines Erachtens hat Lange unzweifelhafte Thatsachen nachgewiesen, die nur einer richtigen Erläuterung bedürfen, um ein werthvolles Licht auf den Aufmerksamkeitsvorgang zu werfen.

---

1) Münsterberg, a. a. O. S. 83.

2) Eckener, a. a. O. S. 375.

Gehen wir jetzt zu einer kritischen Erörterung der verschiedenen Erklärungsversuche über, so können wir uns damit begnügen, die zwei jüngst erschienenen Theorien, die von Münsterberg und Eckener, näher zu betrachten. Diese sind nämlich einerseits die am meisten durchgeführten, und repräsentiren anderseits die principiellen Gegensätze, indem Münsterberg als Ursache der Aufmerksamkeitsschwankungen nur periphere, Eckener dagegen nur centrale Vorgänge annimmt. Gegen beide Annahmen können nicht unwesentliche Einwände erhoben werden.

Die Münsterberg'sche Erklärung scheint beim ersten Blick recht bestechend. Wenn man irgend ein kleines Object fest anstarrt, werden die Fixations- und Accommodationsmuskeln nach und nach müde, und man spürt eine stetig wachsende Neigung, die Augen wegzuwenden. Unzweifelhaft schwanken dann auch zuletzt die Augen, und die Empfindung wird nun dadurch verschwinden können, dass der Reiz, je nach der Natur des Objectes, auf mehr oder minder lichtempfindliche Theile der Netzhaut fällt. So könnten die Aufmerksamkeitsschwankungen bei Lichtempfindungen durch periodische Ermüdung der Augenmuskeln verursacht werden. Und dieselbe Erklärung ließe sich vielleicht auch für Schallempfindungen behaupten, wo Accommodationsmuskeln auch eine Rolle spielen, obwohl dieselbe viel weniger bedeutend ist. Wodurch werden aber die Schwankungen solcher Empfindungen verursacht, die von Sinnesorganen herrühren, welche gar keine Accommodationsapparate besitzen? Der Münsterberg'schen Theorie zufolge müssten wir erwarten, dass z. B. bei elektrischer und thermischer Reizung der Haut Intensitätsschwankungen der betreffenden Empfindungen gar nicht stattfinden können. Nichtsdestoweniger hat Lange die Dauer der ersteren<sup>1)</sup>, Dessoir der letzteren<sup>2)</sup> gemessen. Münsterberg hat augenscheinlich die Sache zu leicht genommen, indem er nur die Lichtempfindungen untersuchte. So sicher wie seine Erklärung hier möglich sein könnte, ebenso sicher ist sie für die meisten andern Empfindungen undurchführbar.

Dies erhellt auch deutlich, wenn wir die Versuche von N. Lange

---

1) Lange, a. a. O. S. 404.

2) Ueber den Hautsinn. Arch. f. Anat. u. Physiol. Phys. Abth. 1892. S. 259.

betrachten. Da bei diesen Experimenten weder Auge noch Ohr dauernd accommodirt zu sein brauchen, können die gefundenen Perioden nicht von Müdigkeit der Muskeln herrühren. Die periodische Anspannung und Zerstreung der Aufmerksamkeit, oder richtiger — um keine theoretischen Vorurtheile hineinzumengen — das periodische Auflodern der Empfindung muss hier eine ganz andere Ursache haben. Münsterberg hat auch selbst dies gefühlt, indem er die Hypothese aufstellte, dass die Perioden, bei der Versuchsanordnung Lange's, durch die Athmung verursacht würden. »Drei bis vier Secunden pflegt ja bei ruhigem Sitzen ein normaler, nicht zu tiefer Athemzug zu dauern; bedenken wir, dass Lange nur die Intensitätsmaxima der Empfindung registrierte, solch ein Maximum der stärksten peripheren Spannung entsprechen muss und andererseits jede Inspiration, da nur sie durch active Muskelkraft entsteht, den Tonus aller Muskeln verstärkt, also die Spannungen steigert und anregt, während die passive Expiration synchron den Tonus herabsetzt, so ist es klar, dass die Bedingungen günstig liegen, unwillkürlich die stärkste Spannung zur Zeit der Inspiration zu erzeugen. Die Schwankungen wären dann einfach in letzter Linie vom Athemrhythmus abhängig<sup>1)</sup>. . . .« Hier bleibt aber noch ein ungelöstes Räthsel übrig: woher rühren die Perioden bei elektrischer oder thermischer Reizung der Haut? Die Sinnesorgane in der Haut haben doch keine Muskelapparate, welche gleichzeitig mit den Athmungsmuskeln innervirt werden können, und wie lässt es sich dann annehmen, dass die Respiration einen Rhythmus in derartigen Empfindungen hervorbringen könne? Hier scheint auch diese Hypothese zu scheitern. Und endlich muss wohl daran erinnert werden, dass sie überhaupt nur eine Hypothese ist. Wir wissen noch gar nicht, ob die Empfindung unter solchen Versuchsbedingungen wirklich nur während der Inspiration auflodert, und wenn dies nicht der Fall sein sollte, wird die Hypothese vollständig hinfällig.

Es muss also, um diese Frage zu beantworten, die Beziehung zwischen den sogenannten Aufmerksamkeitsschwankungen und dem Athemrhythmus experimentell untersucht werden. Die unten zu beschreibenden Versuche waren ursprünglich hierauf gerichtet, und

---

1) Münsterberg, a. a. O. S. 111.

wie wir später sehen werden, zeugen die Ergebnisse sehr bestimmt gegen die Richtigkeit der Münsterberg'schen Hypothese. Diese Versuche wurden im Herbst 1891 und Frühjahr 1892 angestellt, und danach wurde im August ein kurzes Referat der Resultate dem psychologischen Congress in London mitgeteilt. In der Discussion, die auf den Vortrag folgte, erhoben sich verschiedene Einwände; um dieselben zu beseitigen, setzte ich im Herbst meine Versuche fort. Als diese eben beendet waren, erschienen die Abhandlungen von Eckener und Pace, welche gleichfalls gegen Münsterberg's Auffassung gerichtet sind. Dass meine Untersuchungen nun nicht durch die erwähnten Arbeiten überflüssig geworden sind, folgt einfach daraus, dass ich einen ganz anderen Weg eingeschlagen habe. Selbst wenn ich also nur die Resultate der genannten Autoren bestätigen könnte, würde diese Uebereinstimmung von Interesse sein. Einig sind wir nun zwar in der Hauptsache, dass die sogenannten Aufmerksamkeitsschwankungen centraler Natur sind, dagegen bin ich fest überzeugt, dass die von Eckener gegebene Erklärung der Schwankungen unrichtig ist. Ich fange nun damit an, meine Bedenken über diese Erklärung zu erörtern; wie die neuen Thatsachen, welche Eckener gefunden hat, aufgefasst werden müssen, wird sich später ergeben.

Das interessanteste Resultat der Versuche {Eckener's ist unstrittig die gefundene Beziehung zwischen der Dauer des Erinnerungsbildes einer gegebenen Empfindung und der Zahl der Schwankungen derselben. »Kurz andauernde und seltene Schwankungen treten bei denjenigen Schallempfindungen ein, deren Erinnerungsbilder lebendig und lange festgehalten werden können«<sup>1)</sup>. Diese Thatsache betrachtet Eckener als eine Bestätigung seiner, durch kritische Auseinandersetzungen gewonnenen Ueberzeugung, »dass während des Appercipirens der minimalen Empfindung ein innerer {psychophysischer Zustand vorhanden ist, der sich in dem Festhalten des Erinnerungsbildes über die reale Reizung hinaus bethätigt, {und dass nur in einer Veränderung dieses Zustandes die Ursache der Schwankungen zu suchen sei«<sup>2)</sup>. Ich bedauere sehr, gestehen zu müssen,

---

1) a. a. O. S. 379.

2) a. a. O. S. 371.

dass mir dieser Gedankengang vollständig unbegreiflich ist. Wenn meine Aufmerksamkeit auf irgend Etwas gerichtet ist, und der Gegenstand nun plötzlich verschwindet, so bleibt doch immer das Erinnerungsbild in meinem Bewusstsein. Sei nun in einem gegebenen Falle das »Etwas«, worauf ich aufmerksam bin, eine sehr schwache Empfindung, so werde ich das Aufhören der Empfindung gar nicht bemerken, wenn sie nur so schnell wiederkehrt, dass ein deutlicher Unterschied zwischen dem langsam abbleichenden Erinnerungsbilde und der wieder auftauchenden, realen Empfindung nicht gespürt werden kann. Also, je länger das deutliche Erinnerungsbild dauert, je seltener und kürzer müssen die Empfindungspausen werden, wenn nur die Ursache der Empfindungspausen constant bleibt. Welches diese Ursache sei, ist aber vollständig gleichgültig. Eckener hat selbst den experimentellen Beweis hierfür geführt, indem er zeigt, »dass eine längere [objective] Unterbrechung des appercipirten Minimalgeräusches nöthig ist, wenn diese überhaupt merklich werden soll«<sup>1)</sup>. Ein deutliches Erinnerungsbild kann also eine kurze objective Unterbrechung unmerklich machen und wahrscheinlich auch eine lange Unterbrechung verkürzen. Folglich kann aus der Bedeutung des Erinnerungsbildes gar nichts gefolgert werden in Betreff der Ursache der Schwankungen. Die Ursache kann eine objective Unterbrechung oder eine jede beliebige periphere oder centrale Störung sein, kurz gesagt: sie ist noch ein reines X.

Die eben angeführte und discutirte Thatsache ist, obgleich nicht der einzige, doch jedenfalls der gewichtigste Beweis, welchen Eckener für die centrale Natur der Empfindungsschwankungen führt, und dieser ist, wie wir gesehen haben, nicht eigentlich überzeugend. Wir wollen jetzt untersuchen, wie er die Schwankungen erklärt. Es gibt, nach ihm, wenigstens zwei verschiedene Arten von Schwankungen. »Eine Art derselben scheint ganz unvermittelt bei völlig klarem Bewusstsein und bei bestimmt auf das Geräusch gerichteter Aufmerksamkeit zu kommen und besteht in einem kurzen Ausfalle der Empfindung, worauf sofort wieder klar die Apperception einsetzt.« Es konnte leicht constatirt werden, dass diese Erscheinung

---

1) a. a. O. S. 370.



nicht in einer Veränderung des äußeren Reizes ihren Grund hat. »Dennoch aber werden die in Rede stehenden Schwankungen, die nur selten und bei den verschiedenen Reagenten verschieden häufig vorkamen, auf das bestimmteste als äußerlich bedingte empfunden. Es liegt demnach kein Grund vor, ihnen die Verursachung durch Nervenermüdung abzusprechen. Anders liegt es bei der zweiten, häufiger eintretenden Art der Schwankungen<sup>1)</sup>«. Man fühlt sich genöthigt, dieselben als subjectiv anzusehen; sie sind von sehr verschiedener und längerer Dauer als die vorigen, und endlich bedarf es einer deutlich fühlbaren inneren Sammlung, um die entschwundene Empfindung wieder zu fassen. Diese Schwankungen sind es, deren Ursache Eckener in centralen Störungen sucht. Und welche sind denn diese centralen Störungen? Unaufmerksamkeit der allergewöhnlichsten Art. Die minimale Empfindung verschwindet, weil das Aufmerken nicht constant bleibt; theils vergessen wir, dass wir aufmerksam sein sollen, theils wird die Aufmerksamkeit durch fremde, sich hineindrängende Vorstellungen abgelenkt. So lautet wirklich die Erklärung Eckener's, wenn man seine ausführlichen Auseinandersetzungen möglichst reducirt.

Ich wage es nicht, zu behaupten, dass Eckener beim Selbstbeobachten durch theoretische Vorurtheile irre geführt worden ist, denn es kommt wirklich vor, dass man sich während des Beobachtens darüber ertappen kann, fremden Vorstellungen Raum gegeben zu haben, und dass folglich die Empfindung so lange aus dem Bewusstsein entschwunden ist. Der Beobachter weiß aber gewöhnlich selbst sehr gut, dass er unaufmerksam gewesen ist, und wenn dies mehrmals in einer Versuchsreihe stattgefunden hat, habe ich immer eine solche Reihe als unbrauchbar gestrichen. Meines Erachtens hat es nämlich gar keinen Sinn, derartige Aufmerksamkeitsschwankungen zu untersuchen, denn das weiß man ja im Voraus, dass es Personen gibt, die überhaupt nicht aufmerksam sein können, und dass selbst die gespannteste Aufmerksamkeit zeitweise distrahirt werden kann. Die ganze Frage über die Schwankungen der minimalen Empfindungen dreht sich gar nicht um solche, die durch handgreifliche Unaufmerksamkeit verursacht sind, dagegen um diejenigen, welche,

---

1) a. a. O. S. 361.

wie Eckener sehr richtig sagt, »ganz unvermittelt bei völlig klarem Bewusstsein und bei bestimmt auf die Empfindung gerichteter Aufmerksamkeit eintreten«. Solche Schwankungen sind nicht, wie Eckener meint, selten und von kurzer Dauer; im Gegentheil, wenn die Reagenten nicht zerstreute Personen sind, die 100 Sekunden hindurch nicht aufmerksam sein können, kommen derartige Schwankungen ausschließlich vor. Sie können von sehr verschiedener Dauer sein, wie wir später sehen werden, und es sind nur diese, welche einer Untersuchung werth sind. Dass zuweilen Schwankungen durch Unaufmerksamkeit mit unterlaufen können, habe ich schon zugegeben.

Die Erklärung Eckener's ist somit, meines Ermessens, vollständig falsch. Er hat sehr richtig beobachtet, dass es zwei verschiedene Arten der Schwankungen gibt, von welchen die eine einfach durch Unaufmerksamkeit verursacht ist. Dann hat er aber — vielleicht aus theoretischen Vorurtheilen — angenommen, dass die letztere Ursache die gewöhnlichere sei, und er hält nun dieselbe als Erklärung sämtlicher Versuchsergebnisse fest. Dies würde richtig sein, insofern seine Reagenten sehr zerstreute oder leicht hypnotisirbare Personen gewesen wären, was doch eine höchst unwahrscheinliche Annahme ist. Seine Versuchsergebnisse sprechen wenigstens nicht dafür, und ich bin deshalb davon überzeugt, dass er hauptsächlich nur die Schwankungen bei gespannter Aufmerksamkeit untersucht hat. Für diese Schwankungen ist seine Erklärung aber nicht stichhaltig, wie wir soeben gesehen haben, und noch weniger liegt ein Grund vor, »ihnen die Verursachung durch Nervenermüdung zuzuschreiben«. Ich gehe nun dazu über, eine wahrscheinlichere Ursache dieser höchst merkwürdigen Erscheinungen zu suchen. Es wird jedoch zuvörderst nöthig sein, die Versuchsanordnung und die angewandten Apparate in aller Kürze zu besprechen.

### Die Versuchsanordnung und die Apparate.

Da ich mir ursprünglich die Aufgabe gestellt hatte, die Aufmerksamkeitsperioden mit dem Athemrhythmus zu vergleichen, mussten beide Erscheinungen neben einander aufgezeichnet werden.

Zu diesem Zweck benutzten wir ein Kymographion, dessen Cylinder, wie gewöhnlich bei physiologischen Versuchen, mit berußtem Papier bekleidet war. Zwei Marey'sche Schreibapparate, unmittelbar unter einander befestigt, schrieben auf den Cylinder die Athembewegung und die Reactionen der Beobachter. Die Reactionen wurden ausgeführt mittelst eines Cautschukballes, der in der Hand gehalten wurde und durch einen Gummischlauch mit dem einen Schreibapparate verbunden war. Diese Vorrichtung erlaubte dem Reagenten, die möglichst bequeme Stellung einzunehmen, indem er nicht gezwungen war, seine Hand an einem bestimmten Orte unveränderlich zu halten; außerdem konnte jede Veränderung der minimalen Empfindung genau, durch einen stärkeren oder schwächeren Druck auf den Ball registriert werden. Die Athembewegung wurde mittelst eines Pneumographen aufgenommen, der mit dem zweiten Schreibapparate in Verbindung stand. Selbstverständlich waren die Schreibstifte genau in dieselbe verticale Linie gestellt, so dass die unter einander liegenden Punkte der beiden Curven wirklich correspondirende Punkte waren.

Die Walze des angewandten Kymographion war 60 cm im Umkreis, und das Uhrwerk wurde so regulirt, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit ungefähr 6 mm in der Secunde betrug. Folglich ward eine Umdrehung in 100 Secunden gemacht, und so lange konnten die Versuche ohne Unterbrechung fortgesetzt werden; viel länger darf jedenfalls eine Versuchsreihe nicht dauern, wenn nicht die Schwankungen wegen Unaufmerksamkeit zu häufig werden sollen. Es braucht kaum gesagt zu werden, dass das Kymographion in einem entfernten Zimmer stand, damit dessen Lärm die Reagenten nicht störte; die Reactions- und Respirationsbewegungen wurden von dem einen Zimmer zum anderen durch Gummischläuche von gleich großer Länge und Weite übergeführt.

Die Reagenten bei meinen Versuchen waren die Herren Pastor Oestrup und stud. med. Claudius. An ihnen sind die meisten Versuche gemacht, und um die individuellen Unterschiede deutlich hervortreten zu lassen, haben sie beinahe dieselbe Anzahl Beobachtungen angestellt. Im Herbste 1892 trat prakt. Arzt Dr. Lange als Reagent ein, da die genannten Herren verhindert waren, sich wieder an den Versuchen zu betheiligen. Sämmtlichen Herren

spreche ich hier meinen besten Dank aus für ihre Ausdauer bei den oft recht ermüdenden Versuchen.

Wir haben die Aufmerksamkeitsschwankungen sowohl bei Licht- und Schallempfindungen als bei elektrischer Reizung der Haut untersucht. Als Lichtquelle wurde ein weißes Quadrat auf einem schwarzen Hintergrund angewandt, welches von einer constant brennenden Petroleumlampe belichtet wurde. Als Schallquelle diente ein gewöhnlicher Bunsen-Brenner. Wenn der Gasdruck unveränderlich ist — und dies kann leicht erreicht werden, besonders in der Nacht, der für solche Versuche am meisten geeigneten Zeit — hat das Zischen der Flamme eine äußerst constante Intensität, und es ist zugleich continuirlich, worauf Münsterberg großes Gewicht gelegt hat. Ich halte jedoch diesen Umstand für ganz unwesentlich, da ich mehrmals die Ergebnisse bei continuirlichem Zischen der Flamme und beim intermittirenden Tick-tack der Uhr verglichen habe, ohne irgend welche bedeutende Unterschiede zu finden. — Die elektrische Reizung bot anfangs verschiedene Schwierigkeiten dar, auf welche ich nicht näher eingehe; ich beschränke mich darauf, diejenige Anordnung zu beschreiben, welche sich als die beste erwies. Als Unterbrecher der Inductionsmaschine wurde eine sehr kurze, und folglich schnell vibrirende Feder genommen, wodurch erreicht wurde, dass die von dem Strome verursachte Empfindung einen fast continuirlichen Charakter bekam. Die Elektroden waren Kupferplatten; die eine lag auf dem Unterarm, belastet mit ungefähr 500 g, was nöthig war, um die leichte Platte in ihrer Stellung festzuhalten. Bei dieser Vorrichtung erreichten wir, dass der Druck der Platte unveränderlich war; wurde sie dagegen festgebunden, so war der Druck und damit die Stromstärke von den variirenden Dimensionen des Arms abhängig. Die zweite Elektrode lag in einer Porcellanschale mit Wasser von der Temperatur des Körpers; dicht über der Elektrode war eine Glasbrücke, auf welcher der Finger des Reagenten ruhen konnte. Auf diese Weise war es ausgeschlossen, dass unwillkürliche Bewegungen des Fingers die Entfernung von der Elektrode verändern konnten, wodurch Schwankungen der Stromstärke und somit der Empfindung verursacht wurden.

Die beiden Arten der Reactionen, sowohl die momentanen Reactionen Lange's als die constanten Münsterberg's, wurden gleich

vom Anfange an abwechselnd ausgeführt, jedoch so, dass eine Versuchsreihe hindurch nur eine Reactionsmethode angewandt wurde. Eine Versuchsreihe umfasst sämtliche Reactionen, die währen einer Umdrehung der Kymographionwalze, also in 100 Secunden, ausgeführt sind. Es ist nicht mit irgend einer Schwierigkeit verbunden, sich auf das eine oder das andere Verfahren einzustellen, und die Abwechslung hat wenigstens den Vorthail, dass der Reagent nicht so schnell ermüdet wird, weil die momentane Methode keine große Anstrengung erfordert. Das automatische Registriren der Empfindungsvariationen wurde natürlich sehr gründlich eingeübt, ehe wir zu den entscheidenden Versuchen gingen; ich glaube deshalb annehmen zu dürfen, dass die Curven in den Hauptzügen ein genaues Bild der Empfindungsschwankungen geben. In der That war es auch so leicht, mit dem Steigen oder Sinken der Empfindung den Druck auf den Gummiball zu verstärken oder abzuschwächen, dass das Registriren zuletzt ganz reflexartig ausgeführt wurde.

### Die Versuchsergebnisse.

Wir fangen damit an, die Resultate des constanten Registrirens zu betrachten. Reactionen sind hier von den Herren O. und C. auf alle drei Arten der Reize ausgeführt; da indessen die Ergebnisse nur unwesentliche persönliche Differenzen zeigen, beschränke ich mich darauf, diejenigen des Herrn O. anzuführen. Diese sind in Tabelle I angegeben. Sämmtliche Zeitgrößen sind hier mittlere Werthe. *Ad* ist die Athmungsdauer in Secunden; *Z* die Anzahl der Reactionen. Unter *S* ist die ganze mittlere Dauer einer Schwankung angegeben, vom Anfang der Empfindung bis zum nächsten Auflodern derselben gemessen. Diese Größe setzt sich aus zwei Theilen zusammen: der Dauer der Empfindung *E* und der Empfindungspause *P*. Außerdem ist in der Tabelle angegeben: unter *mV* die mittlere Variation der Empfindungsdauer, und unter *P/S* der Bruchtheil, welchen die Empfindungspause von der ganzen Schwankungsdauer ausmacht.

Mit den drei Reizen wurden gleich viele Versuchsreihen gemacht; deshalb ist die Anzahl der Reactionen dort am kleinsten, wo die Dauer der Schwankungen am größten ist. Wir sehen nun,

Tabelle I.

Reagent O. Constante Reactionen.

	<i>Ad</i>	<i>Z</i>	<i>S</i>	<i>E</i>	<i>mV</i>	<i>P</i>	<i>P/S</i>
Licht	4,4	35	12,8	8,1	1,6	4,7	0,37
Schall	4,6	61	9,1	5,9	1,3	3,2	0,35
Elektr. Reiz	4,1	142	4,1	3,4	0,8	0,7	0,17

dass die Schwankungen in den drei Fällen von sehr verschiedener Länge sind, während die Athmungsdauer nur unerhebliche Differenzen zeigt. Die interessanteste Thatsache, die aus der Tabelle hervorgeht, ist jedoch, dass die Dauer der Schwankungen bei Licht- und Schallreizen viel größer als die Athmungsperiode ist, während dieselbe bei elektrischer Reizung genau gleich der Dauer der Athemzüge ist. Auf die genaue Gleichheit der Perioden im letzteren Falle kann natürlich kein großes Gewicht gelegt werden, da die Zahlen nur mittlere Werthe sind, weshalb es sich factisch nur selten ereignet, dass eine Schwankung genau ebenso lange dauert wie der gleichzeitige Athemzug. Betrachten wir aber die unter *E* gegebenen Zahlen, so sehen wir, dass bei elektrischer Reizung die Empfindung durchschnittlich nur 3,4 Sec. dauert, und da die mittlere Variation hier 0,8 Sec. beträgt, wird es also nur selten vorkommen können, dass die Empfindung länger als ein Athemzug dauert. Hieraus darf unzweifelhaft geschlossen werden, dass eine Beziehung zwischen der Athmung und der Empfindungsdauer bei elektrischer Reizung bestehe; von einer solchen Beziehung lässt sich aber keine Spur bei den zwei andern Arten der Reize nachweisen. Dieser Unterschied, welcher aus den berechneten mittleren Zahlenwerthen hervorgeht, zeigt sich auch recht augenfällig, wenn man die Curven betrachtet. Auf Tafel I sind mehrere Curven in der halben Größe des Originals wiedergegeben. Von den zwei zusammengehörigen Linien stellt die obere, regelmäßige Curve die Athmung dar; die untere gebrochene Linie ist die Reaction. Fig. 1 ist bei Lichtreizung, Fig. 3 bei elektrischer Reizung gewonnen. Die erstere Reactionscurve ist viel unregelmäßiger als die letztere, die außerdem eine, obwohl nicht

ganz constante Abhängigkeit von der Athmung zeigt. Eine solche Abhängigkeit lässt sich zwar auch in Fig. 1 nachweisen, davon sehen wir aber vorläufig ab. Wir begnügen uns hier damit, constatirt zu haben, dass eine Beziehung zwischen Athmung und Empfindungsdauer bei elektrischer Reizung unzweifelhaft bestehe.

Entspricht nun diese Beziehung der Hypothese Münsterberg's? Lodert die Empfindung, wie er annimmt, nur während der Inspiration auf? Die gegebenen Curven zeigen, dass dies keineswegs der Fall ist. Alle Curven sind von links nach rechts geschrieben; Fig. 3 zeigt also, dass die Empfindung hier gewöhnlich plötzlich auftritt, um wieder langsam zu sinken. Die Athmungcurve steigt und sinkt mit dem Thorax, so dass die Hebungen der Curve den Inspirationen entsprechen. Man sieht nun sogleich aus der Figur, dass das Auflodern der Empfindung ebenso häufig während der Expiration als während der Inspiration stattfindet. Wäre es möglich gewesen, sämmtliche Curven in der Größe der Originale hier beizugeben, so würde die regelmäßige Vertheilung unter den beiden Phasen der Respiration natürlicher Weise noch viel deutlicher hervorgetreten sein; wir werden indess bald Thatsachen kennen lernen, welche das Verhältniss über jeden Zweifel erheben. Als unser erstes Resultat können wir deshalb feststellen:

Die Schwankungen der elektrischen Empfindungen rühren nicht von unwillkürlichen Muskelinnervationen her, welche durch die Innervation der Athmungsmuskeln verursacht sind.

Da nun, wenigstens in einem Falle, eine Beziehung zwischen Athmung und Empfindungsschwankung unzweifelhaft nachgewiesen ist, wird es augenscheinlich von Bedeutung sein, zu untersuchen, ob irgend eine Respirationphase besonders günstig für das Auflodern oder Verschwinden der Empfindungen sei. Und eine solche Untersuchung muss nicht nur für elektrische Empfindungen, sondern auch für Licht- und Schallempfindungen angestellt werden. Zwar haben wir bisher für die beiden letzteren eine Beziehung zur Athmung nicht feststellen können, gleichwohl ist es nicht unmöglich, dass es eine solche gibt. Auge und Ohr sind ja viel complicirter gebaut als die kleinen Sinnesorgane in der Haut, besonders haben die höheren Sinnesorgane ihre Accommodationsapparate, und es wäre deshalb sehr wohl denkbar, dass die Schwankungen hier durch

mehrere, in einander greifende Umstände verursacht seien, welche mittelst geeigneter Methoden sich isoliren ließen. Durch eine solche Isolation der zusammenwirkenden Ursachen würde dann eine Erklärung des ganzen Schwankungsvorganges viel sicherer erreicht werden können, als durch bloße Zeitmessungen mit Selbstbeobachtungen combinirt.

Die Methode der momentanen Reactionen öffnet uns einen Weg, um die fragliche Abhängigkeit der Empfindungsschwankungen von der Athmung näher zu untersuchen. Beim momentanen Verfahren wird nur das Auflodern der Empfindungen registriert; zeichnet man also gleichzeitig die Athmungscurve, so ist es bei einer hinreichenden Anzahl der Versuche leicht zu sehen, ob irgend eine Phase der Respiration für das Auflodern der Empfindung besonders günstig oder ungünstig sei. Tafel I Fig. 5 stellt einen Theil einer solchen gleichzeitigen Aufnahme der Athmung und der Reactionen dar, und bedenkt man, dass die Figur nur die halbe Größe des Originals hat, so wird es einleuchten, dass durch Ausmessen der Lage der Reactionen die gestellte Frage ohne Schwierigkeit beantwortet werden kann. Es wurde eine sehr große Anzahl derartiger Versuche gemacht; die Resultate derselben sind in Tab. II gegeben. Für beide Beobachter sind hier angeführt die mittlere Dauer der Athmung, die Gesamtzahlen der bei jedem Reize gemachten Reactionen, und endlich die Procentzahl der Reactionen, welche unter jedem Zehntel der Athmung fielen.

Um die letztere zu berechnen, verfuhr ich folgendermaßen. Erstens wurde auf den Originaltafeln die Zeitdauer eines bestimmten Athemzuges gemessen, vom Maximum der Inspiration zum nächsten Maximum gerechnet. Danach wurde die Lage derjenigen Reactionen bestimmt, welche während dieses Athemzuges stattgefunden hatten, indem die Entfernung der Reactionen vom Anfange des Athemzuges, also vom ersten Inspirationsmaximum, gemessen und in Zeitmaß ausgedrückt wurde. Bei Division dieser Zeitentfernungen durch die Dauer des betreffenden Athemzuges erhielt ich Decimalbrüche, welche eben diejenigen Zehntel der Respiration angeben, unter welchen die Reactionen fielen. Diese Operationen wurden nun für jeden Athemzug und die dazu gehörigen Reactionen ausgeführt, und schließlich konnte aufgezählt



Tabelle II.

Reagenten O. und C. Momentane Reactionen.

	O.			C.			
	Licht	Schall	Elektrischer Reiz	Licht	Schall	Elektrischer Reiz	
Athmungsdauer	4,5	4,5	4,4	4,5	6,2	6,1	
Zahl der Versuche	130	144	169	176	179	147	
Procentzahl der Reactionen in	0— 1	8,5	13,2	11,8	6,2	15,1	6,8
	1— 2	11,6	10,4	13,6	11,9	17,9	12,3
	2— 3	12,3	13,9	10,0	15,4	9,5	16,4
	3— 4	5,4	8,3	10,0	11,4	7,8	14,3
	4— 5	6,2	6,2	12,4	8,5	1,7	2,4
	5— 6	9,2	13,9	8,9	5,7	9,0	2,7
	6— 7	7,7	7,6	5,3	2,8	17,3	10,9
	7— 8	10,9	7,6	16,0	9,1	15,1	17,7
	8— 9	13,8	9,7	7,1	11,4	6,1	15,0
	9—10	14,6	9,7	4,7	17,6	0,6	2,4

werden, wie viele Reactionen unter jedem Zehntel gefallen waren. Aus den so erhaltenen Zahlen in Verbindung mit der ganzen Anzahl der Reactionen wurden dann die in Tab. II gegebenen Procentzahlen berechnet.

Ein allgemeines Gesetz lässt sich schwerlich aus der Tabelle ersehen, wir können aber leicht eine Gesetzmäßigkeit nachweisen, wenn wir die Ergebnisse graphisch darstellen. Dies ist in Fig. 6—11 (Taf. I) ausgeführt. Als Abscisse ist hier die mittlere Athmungsdauer genommen, die, trotz individueller und anderer Verschiedenheiten, als eine überall gleich große Strecke aufgetragen ist. Die Abscissen sind in zehn gleich große Theile getheilt, und in der Mitte eines jeden Theils ist als Ordinate die zugehörige, in Tab. II gegebene Procentzahl aufgetragen. Indem nun die Endpunkte der Ordinaten

verbunden werden, kommt eine gebrochene Linie zu Stande, die die Häufigkeit der Reactionen in jedem Zehntel einer Respiration zeigt. Endlich ist die Respirationcurve eingezeichnet; die Lage dieser Curve ist dadurch bestimmt, dass die Punkte 0 und 10 der Abscisse den beiden Inspirationsmaxima entsprechen, während die Lage der Respirationspause [des tiefsten Punktes der Athmungswelle] durch Ausmessen einer großen Anzahl Respirationscurven an den Originaltafeln gefunden ist. Wie die Figuren zeigen, liegt dieser Punkt für Herrn C. genau in der Mitte zwischen den Inspirationsmaxima, für Herrn O. dagegen dem zweiten Maximum etwas näher, ungefähr bei Punkt 6. Die Höhe der Respirationswellen ist willkürlich genommen, jedoch ist auch in dieser Beziehung ein Unterschied zwischen den Reagenten in den Figuren angedeutet, indem die Athmung des Herrn O. während der Versuche gewöhnlich weniger tief wurde. Da dies Verhältniss, wie wir später sehen werden, nicht ohne Bedeutung ist, habe ich es in den Figuren dargestellt.

Betrachten wir nun näher die Figuren, so sehen wir, dass ein Häufigkeitsmaximum der Reactionen ohne Ausnahme, d. h. für beide Reagenten und unabhängig von der Art des Reizes, eine kurze Zeit nach dem Anfange der Expiration fällt. In Fig. 7 und 8 hat sich dies Maximum in zwei Gipfel gespalten, es ist aber nicht unwahrscheinlich, dass diese Spaltung durch zufällige Umstände herbeigeführt ist und deshalb bei einer noch größeren Anzahl der Versuche verschwinden würde. Ein zweites Maximum kommt während der Inspiration vor, und dies zeigt sich sehr deutlich, ohne irgend eine Abweichung, in allen sechs Figuren. Bemerkenswerth ist es übrigens, dass die Lage der verschiedenen Maxima nur von der Natur der Reizung, dagegen nicht von der reagirenden Person abhängig ist. Dies kann leicht aus der Tafel ersehen werden, da die bei gleichartiger Reizung erhaltenen Curven unter einander gestellt sind. Bei Lichtempfindungen fallen für beide Reagenten die Maxima zwischen Punkt 2 und 3 und zwischen 9 und 10. Bei elektrischer Reizung fällt das eine Maximum für Herrn C. zwischen 2 und 3, und hier liegt auch die Mitte der Maximumsgipfel für Herrn O.; das zweite Maximum liegt zwischen 7 und 8. Nur bei den Schallreactionen zeigt sich ein unbedeutender, individueller Unterschied. Das erste Maximum liegt für beide Beobachter zwischen 1 und 2 ;

das zweite dagegen liegt für O. zwischen 5 und 6, für C. zwischen 6 und 7. Diese fast durchgängige Uebereinstimmung dürfte wohl ein vollgültiger Beweis dafür sein, dass wir es hier mit einer tief begründeten Gesetzmäßigkeit zu thun haben. Erinnerung man sich, durch wie viele Ausmessungen und Ausrechnungen die hier in Rede stehenden Thatsachen gewonnen sind, und bedenkt man ferner, dass die Bearbeitung der Versuche erst nach dem Abschluss der experimentellen Arbeit angefangen wurde, so leuchtet es ein, dass die Reagenten unmöglich eine Ahnung von der Lage der Maxima haben und durch diese Ahnung beeinflusst sein konnten. Wenn also für beide Reagenten die Reactionsmaxima fast genau in denselben Phasen der Athmungsperiode liegen, so muss diese Thatsache physiologisch oder richtiger: psychophysiologisch begründet sein.

Es wird nun auch nicht schwierig sein, die gefundenen Thatsachen zu erklären. Wir sahen, dass die Reactionen am häufigsten sind in der Nähe des Inspirationsmaximums. Hier ist eben der Blutdruck am größten, und von diesem Zustand muss angenommen werden, dass er für die psychophysische Arbeit des Gehirns günstig sei. Wir wissen ja, dass das Blut, während der Arbeit irgend eines Organes, demselben reichlicher zufließt. Deshalb ist es höchst wahrscheinlich, dass auch die Arbeit eines Organes erleichtert werde, wenn durch irgend eine Ursache eine Vergrößerung des Blutzufusses herbeigeführt wird. Da dieser Satz wenigstens für die Muskelarbeit schon experimentell bestätigt worden ist<sup>1)</sup>, wird es nicht sehr gewagt sein, denselben auch für die psychophysische Arbeit des Gehirns als gültig anzunehmen. Daher lodern die Empfindungen besonders in der Nähe des Inspirationsmaximums auf, oder mit anderen Worten: die Reactionen werden hier am häufigsten, wie wir eben gefunden haben. — Nun erhebt sich aber die Frage: wenn eine Vergrößerung des Blutdruckes günstig ist für das Auflodern der Empfindungen, warum fällt dann das Reactionsmaximum nicht mit dem Inspirationsmaximum zusammen? Warum finden wir, statt eines Maximums, das mit dem Inspirationsgipfel zusammenfällt, deren zwei, eins während der Inspiration und ein anderes während der Expiration? Und eben da, wo die Athmung den größten

---

1) Féré, *Sensation et mouvement*. p. 64 et 113.

Blutdruck verursacht, finden wir constant ein partielles Reactionsminimum.

Dieser Schwierigkeit könnte man wohl aus dem Wege gehen mit der Bemerkung, ein zu großer Blutdruck im Gehirn sei ebenso wenig für die Entstehung der Empfindungen günstig wie ein zu kleiner. Eine solche Annahme scheint mir aber unstatthaft. Es ist verständlich, dass die Arbeit eines Organes sofort erschwert wird, wenn dasselbe zu wenig Nahrung erhält; höchst unwahrscheinlich aber ist es, dass ein klein Wenig zu viel dieselbe Wirkung haben sollte. Und da es sich hier nur um solche kleine, vollständig normale Blutdrucksschwankungen handelt, welche durch die Athmung verursacht werden, dürfen wir gewiss nicht annehmen, dass das Reactionsminimum auf der Höhe der Inspiration durch einen zu großen Blutdruck verursacht sei. Mir scheint wenigstens die Annahme natürlicher, dass die Innervation der Athmungsmuskeln hier eine Rolle spiele. Diese Innervation ist selbstverständlich am größten in dem Augenblicke, wo die Inspiration ihr Maximum erreicht; es wird also eine gewisse Energiemenge des Gehirns hierzu verbraucht, und folglich kann nicht so viel Energie gleichzeitig zu andern Arbeiten angewandt werden. Das Auflodern der Empfindungen findet deshalb besonders schwierig auf der Höhe der Inspiration statt. Die Richtigkeit dieser Erklärung zugegeben, können die verschiedenen Lagen der Reactionsmaxima leicht erklärt werden. Bei Lichtempfindungen z. B. zeigen die Figuren, dass das zweite Reactionsmaximum der Inspirationshöhe sehr nahe gerückt ist, näher jedenfalls, als bei den andern Arten der Empfindungen. Für das Auflodern der Lichtempfindungen spielt aber die genaue Accommodation der Augenmuskeln verhältnissmäßig eine große Rolle, und da die Innervation der Augenmuskeln wahrscheinlich durch die Innervation der Athmungsmuskeln erleichtert wird, fällt das Reactionsmaximum hier dem Inspirationsgipfel relativ näher. Bei Schallempfindungen, wo das nämliche vielleicht erwartet werden könnte, finden wir dagegen, dass das zweite Maximum der Respirationspause näher gerückt ist. Hier muss also ein anderer Umstand das Uebergewicht haben, und die Selbstbeobachtung hat gezeigt, dass dieser im Geräusch der Athmung zu suchen ist. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass das Geräusch desto stärker wird, je schneller die

Respirationsbewegung verläuft. Nun ist die Respirationcurve des Herrn O. eben besonders steil am Anfange der Inspiration; für ihn ist also das Geräusch hier am stärksten, und in der vollständigen Stille, die bei diesen Versuchen nöthig ist, stört dies nicht wenig. Deshalb liegt sein Reactionsmaximum eben in der Respirationspause [Fig. 7]. Auch für Herrn C. [Fig. 10] hat dieser Umstand unzweifelhaft dazu beigetragen, das zweite Reactionsmaximum der Respirationspause näher zu rücken, als es bei den übrigen Reizen der Fall ist. Auf diese Weise können verschiedene Umstände die Lagen der Reactionsmaxima beeinflussen; als allgemeines Gesetz kann aber festgehalten werden:

Die für die Entstehung der minimalen Empfindungen relativ ungünstigsten Respirationphasen sind: einerseits die Respirationspause, wo der Blutdruck im Gehirn am kleinsten ist, andererseits die Respirationshöhe, wo wahrscheinlich die Energie des Gehirns für die Innervation der Athmungsmuskeln in Anspruch genommen ist.

Diese Gesetzmäßigkeit erklärt leicht sowohl die persönlichen Differenzen zwischen den Reagenten bei den in Rede stehenden Versuchen als auch die sehr variablen Empfindungsschwankungen, welche mittelst der Methode der constanten Reactionen gefunden sind. Wir fangen nun damit an, die persönlichen Differenzen zu betrachten.

Die Fig. 6—11 zeigen, dass die individuellen Unterschiede der Reagenten im allgemeinen folgendermaßen festgestellt werden können: der Bewusstseinszustand ist bei C. (Fig. 9—11) viel mehr von den physiologischen Veränderungen abhängig als bei O. (Fig. 6—8). Während die Reactionsminima des Erstgenannten beinahe Null erreichen, gibt es bei weitem nicht einen so großen Unterschied zwischen den Maxima und Minima des Letzteren; die Reactionen sind hier viel gleichmäßiger unter die verschiedenen Respirationphasen vertheilt. Dies ist aber eine natürliche Consequenz von dem Unterschiede in Betreff der Athmung, welcher sich während der Versuche bei den Reagenten zeigte und aus den Athmungskurven der Figuren ersehen werden kann. Ich habe schon oben darauf aufmerksam gemacht, dass die Respiration des Reagenten C. während der Versuche ihre natürliche Tiefe behielt, dagegen wurde sie bei Herrn O. sehr bald oberflächlich mit einer langen Pause zwischen Expiration und

Inspiration. Hieraus folgt, dass weder die Veränderung des Blutdruckes, welche die Athmung verursacht, noch die Hirnenergie, die zur Innervation der Athmungsmuskeln gebraucht wird, besonders groß werden können, und folglich sind die Bedingungen günstiger für ein Auflodern der Empfindungen in jedem Momente. Nichtsdestoweniger kann die gesetzmäßige Abhängigkeit der Reactionen von der Respiration auch hier deutlich ersehen werden.

Wir kommen nun schließlich zur Erläuterung der sehr variablen Reactionen, die nach der Methode des constanten Reagirens gefunden sind. Die elektrischen Empfindungen bieten hier den einfachsten Fall dar, indem wir schon aus den Reactionscurven bei elektrischer Reizung eine Abhängigkeit von der Respiration ersehen konnten. Dies ist auch leicht verständlich, da die Sinnesorgane der Haut keine Accommodationsapparate besitzen, und folglich eine mehr oder weniger genaue Accommodation als Ursache der Empfindungsschwankungen nicht mitwirken kann. Indem die Schwankungen daher nur durch die Athmung, als einzige Ursache, hervorgerufen werden, treten die Reactionscurven so regelmäßig hervor, wie es Fig. 3 (Tafel I) zeigt. In einer günstigen Respirationsphase lodert die Empfindung auf und kann, nachdem sie erst merklich geworden ist, während einer ungünstigen Respirationsphase festgehalten werden; sie sinkt aber allmählich bis auf Null, um wieder unter den nächsten günstigen Umständen aufzulodern. Ob das Erinnerungsbild der Empfindung zum Festhalten derselben beiträgt, ist hier höchst zweifelhaft. Erstens ist nämlich das Erinnerungsbild einer Hautempfindung sehr undeutlich, und zweitens scheint mir eine gewisse Beobachtung gegen das Mitwirken des Erinnerungsbildes zu sprechen. In untenstehender Tabelle III sind die Resultate zweier Versuchsreihen gegeben, von welchen die erste mit einem Reiz der gewöhnlich angewandten Intensität, die zweite dagegen mit einer möglichst schwachen Reizung ausgeführt wurde. Die Schwankungen *S* sind in diesen Fällen von fast gleicher Dauer, die Empfindungen *E* sind aber bei der schwachen Reizung viel kürzer, und die Empfindungspause *P* verhältnissmäßig länger als bei der stärkeren Reizung. Dies ist leicht erklärlich, wenn die Schwankungen nur durch die Athmung verursacht sind. Eine schwache Empfindung wird dann schwerlich über eine günstige Respirations-

Tabelle III.

Reagent O. Constante Reactionen.

Elektrischer Reiz	<i>Ad</i>	<i>Z</i>	<i>S</i>	<i>E</i>	<i>mV</i>	<i>P</i>	<i>P.S</i>
I	4,1	19	5,1	4,1	0,8	1,0	0,20
II	4,1	20	4,8	2,8	0,8	2,0	0,42

phase hinaus verfolgt werden können, und deshalb wird die Dauer der einzelnen Empfindung kurz und die Pause verhältnissmäßig länger. Denkt man sich aber, dass das Erinnerungsbild mitwirke, so würde dies unzweifelhaft oft das Festhalten der Empfindung während einer ungünstigen Respirationsphase verursachen. Eckener hat ja gefunden, dass bei akustischen Empfindungen, die deutlich erinnert werden können, eine kurze objective Unterbrechung der Reizung gar nicht merklich wird. Wo also ein deutliches Erinnerungsbild mitspielt, da können kleine Schwankungsursachen ihren Einfluss nicht geltend machen. Nun sehen wir aber aus Tabelle III, dass bei schwacher elektrischer Reizung die Empfindungen außerordentlich kurz werden. Noch deutlicher geht dies aus Fig. 2 (Tafel I) hervor, die eben einen Theil der besprochenen Reactionscurve darstellt. Man sieht hier, dass die Empfindungen überall momentan auflodern in einer günstigen Respirationsphase und fast niemals über eine solche hinaus dauern. Bei elektrischer Reizung scheinen die Empfindungsschwankungen somit nur durch die Athmung verursacht zu sein.

Anders stellt sich die Sache beim constanten Registriren optischer und akustischer Empfindungen. Wir haben schon gesehen (Tabelle I), dass diese Empfindungen bei weitem nicht so abhängig von der Athmung sind wie die elektrischen Empfindungen. Dass jedoch die Respiration auch hier mitspielt, kann leicht aus Fig. 1 ersehen werden. Nachdem wir nun gefunden haben, dass Expiration und Inspiration die für die Empfindung günstigen Phasen sind, ist es leicht zu bemerken, dass die Gipfel der Reactionscurve fast durchgängig in der Figur unter die genannten Respirationsphasen fallen. Selbst wenn die Curve nicht die Nulllinie erreicht, sinkt sie gewöhnlich ein wenig in den ungünstigen Athmungsphasen.

Weshalb ist aber die Reactionscurve hier so unregelmäßig? Wären die Schwankungen nur durch die Athmung bedingt, so müssten die Curven unzweifelhaft denjenigen ähnlich sein, welche bei elektrischer Reizung erhalten werden. Es muss also hier wenigstens noch eine Ursache mitwirken, welche, indem sie mit der Athmung interferirt, die unregelmäßigen Wellen hervorbringt. Das Erinnerungsbild der Empfindung spielt wahrscheinlich hierbei eine Rolle. Erinnerungsbilder optischer und akustischer Empfindungen sind gewöhnlich recht deutlich, und sie können, wie Eckener nachwies, den Einfluss kurz dauernder Schwankungsursachen aufheben. Da es nun eben aus Tabelle I hervorgeht, dass die minimalen Empfindungen bei Licht- und Schallreizen verhältnissmäßig länger dauern als bei elektrischer Reizung, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass diese größere Dauer dem Erinnerungsbilde zugeschrieben werden muss. Hiermit ist aber nicht alles erklärt; im Gegentheil, die Sache scheint noch complicirter zu werden. Wenn nämlich das Erinnerungsbild der Empfindung dann und wann zu verhindern vermag, dass die Empfindung während einer ungünstigen Respirationphase verschwindet, so entsteht natürlich die Frage, warum es dies nicht immer thut. Wie die Curven zeigen, sinkt die Stärke der Empfindung nicht einmal immer in den ungünstigen Athmungsphasen; kann das Erinnerungsbild wirklich diese Illusion hervorbringen, dass die Empfindung in voller Intensität da ist, dann sollte man erwarten, dass Schwankungen solcher Empfindungen, die deutlich erinnert werden, überhaupt nicht eintreten könnten. So verhält es sich aber nicht, und es muss deshalb noch eine dritte, mitwirkende Ursache angenommen werden.

Man beobachtet leicht, wie schon Eckener richtig bemerkt hat, dass genau ebenmerkliche Reize für diese Versuche nicht sehr geeignet sind; die Empfindungspausen werden dann unverhältnissmäßig lang. Die Reize dürfen deshalb nicht die möglichst kleine, nur in wenigen Augenblicken merkliche Größe haben, sondern sie werden am besten etwas stärker genommen<sup>1)</sup>. Wird nun der Reiz immer stärker gemacht, hören die Empfindungsschwankungen daher

---

1) Was übrigens heißt eigentlich »ebenmerklich«, wenn selbst übermerkliche Reize zeitweise unmerklich werden?



nicht plötzlich auf, sie werden jedenfalls nur seltener, und selbst wenn der Reiz eine bedeutende Intensität erreicht hat, kann eine Schwankung der Empfindung dann und wann eintreten. Nehmen wir ein bestimmtes Beispiel. Ich sitze zwischen zwei Lampen, die ein weißes, 1 mm großes Quadrat auf schwarzem Hintergrunde in 5 m Entfernung belichten. In dieser Entfernung vermag ich eben das Quadrat in einzelnen, glücklichen Momenten zu sehen. Wird nun das tiefschwarze Papier mit dem weißen Quadrat in 2,5 m Entfernung aufgestellt, so ist das Object also viermal stärker beleuchtet, und außerdem ist der Abstand vom Auge auf die Hälfte verkürzt; nun sehe ich das Object constant. Nachdem ich aber dasselbe zwei Minuten fest angestarrt habe, verschwindet es plötzlich, um bald wieder aufzutauchen, und von Zeit zu Zeit tritt dann wieder ein solches plötzliches Verschwinden ein. In diesem extremen Falle rührt die Schwankung zweifelsohne von Müdigkeit der Muskeln her; die Accommodations- und Richtungsmuskeln des Auges zittern ganz so wie die Armmuskeln, wenn ich den Arm 2—3 Minuten wagerecht ohne Unterstützung gehalten habe. Eine kurze Unterbrechung reicht aber hin, um sie wieder leistungsfähig zu machen. Dass wirklich die Richtungsmuskeln des Auges zittern, kann man selbst leicht »fühlen«; dass auch die Accommodationsmuskeln ermüdet sind, schließe ich daraus, dass das Verschwinden der Empfindung immer damit eingeleitet wird, dass der Gegenstand verschwommen wird und sich anscheinend vergrößert. Dies ist bekanntlich die einfache Folge einer ungenauen Accommodation.

Es leuchtet nun ein, dass höchst wahrscheinlich das Zittern der Augenmuskeln einen Einfluss ausübt auch vor dem Augenblicke, wo es geradezu »fühlbar« wird. Bei minimaler Reizung wird eine kleine Ungenauigkeit der Accommodation vollständig ausreichen, um den Reiz unmerklich zu machen, besonders wenn sie mit einer ungünstigen Athmungsphase zusammenfällt. Da aber das Zittern von der Reizgröße unabhängig ist, so können wir erwarten, dass kleine Veränderungen der Reizgröße keinen Einfluss auf die Empfindungsdauer ausüben werden. Nur die Empfindungspausen müssen wahrscheinlich größer werden, weil der kleine Reiz schwieriger wieder gefunden werden kann, wenn die Empfindung wegen ungenauer Accommodation verschwunden ist. So verhält es sich nun

auch in der That. In Tabelle IV sind die Resultate einer Versuchsreihe gegeben, die eben angestellt wurde, um über diesen Punkt Aufschlüsse zu erhalten. Die Versuchsanordnung war die oben beispielsweise angeführte. Das Object war ein weißes Quadrat auf schwarzem Hintergrunde, und die Reizgröße wurde dadurch geändert, dass das Object in verschiedenen Entfernungen von den Lampen und dem zwischen denselben sitzenden Beobachter aufgestellt wurde. Als Reagent fungirte bei diesen Versuchen Dr. Lange.

Tabelle IV.

Reagent L. Constante Reactionen.

Entfernung des Objectes	<i>Ad</i>	<i>Z</i>	<i>S</i>	<i>E</i>	<i>mV</i>	<i>P</i>	<i>P/S</i>
383 cm	3,3	18	5,2	4,7	2,4	0,5	0,10
395 »	3,0	48	6,0	4,9	2,4	1,1	0,18
407 »	2,8	84	5,8	4,2	2,0	1,6	0,28
422 »	3,2	28	6,7	4,4	2,1	2,3	0,34
430 »	3,3	13	7,5	4,5	2,2	3,0	0,40

In der ersten Columne sind die Entfernungen des Objectes angegeben, und da die Reizgröße abnimmt, wenn die Entfernung wächst, so sieht man, dass die totale Schwankungsdauer durchgehend wächst, wenn die Reizgröße abnimmt. Dies Wachsen der Schwankungsdauer fällt jedoch ausschließlich auf die Empfindungspause *P*; die Empfindungsdauer *E* ist fast constant. Sehr deutlich geht dies aus der letzten Columne hervor, wo das Verhältniss *P/S* gegeben ist. Bemerkenswerth ist es übrigens, dass die Empfindungsdauer bei den zwei stärksten Reizen, den Entfernungen 383 und 395 cm, schon etwas größer ist als bei den übrigen. Hier ist also der Reiz so stark gewesen, dass die Accommodationsschwankung in Verbindung mit einer ungünstigen Athmungspause verhältnissmäßig seltener im Stande war, ein Verschwinden der Empfindung herbeizuführen. Bei noch größeren Reizen tritt dies immer seltener ein, weil, wie

schon oben gesagt, das Verschwinden dann eine noch stärkere Ermüdung der Muskeln erfordert.

Das Resultat dieser Untersuchungen ist also, dass die Schwankungen der Lichtempfindungen und wahrscheinlich auch der Schallempfindungen durch die Athmung in Verbindung mit dem Zittern der Accommodationsmuskeln verursacht sind. Das Erinnerungsbild der Empfindung wirkt diesen beiden Schwankungsursachen entgegen, und durch das Interferiren dieser drei Factoren erhalten die Schwankungen ihren regellosen Charakter.

Unter besonderen Umständen können andere Ursachen mitwirken. Wenn man z. B. bei elektrischer Reizung die eine Elektrode über eine Radialarterie legt, erhält man eine Schwankungcurve wie Fig. 4, wenn momentan registriert wird. Das Auflodern der Empfindung findet hier genau bei jeder Pulsation statt, was auch nicht merkwürdig ist, da die Pulsation die Berührung mit der Elektrode inniger macht, womit die Stromstärke wächst. Solche Schwankungen sind also eigentlich nur durch eine fehlerhafte Versuchsanordnung herbeigeführt. Die Resultate Dessoir's können leider auch kaum anders erklärt werden, da er eben die Wärme auf den Ort der Pulsation der linken Radialarterie einwirken ließ. Die Schwankungen variirten hier »innerhalb der Grenzen von 2—8 Secunden ohne jede erkennbare Gesetzmäßigkeit« . . . . . »Augenscheinlich waren Frequenz und Stärke der Pulsation, sowie überhaupt die Veränderungen im Kreislaufe von entscheidendem Einflusse« . . .<sup>1)</sup>. Dies ist wohl nicht besonders merkwürdig, wenn der Reiz auf die nächste Umgebung der pulsirenden Arterie wirkt.

Schließlich möchte ich noch eine interessante Thatsache erwähnen. Es ist bekannt, dass Kinder, welche an Nasenverstopfung leiden und folglich genöthigt sind, durch den Mund zu athmen, fast immer unfähig sind, ihre Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Gegenstand zu lenken. Verschiedene hypothetische Erklärungen dieser »Aprosexia bei behinderter Nasenathmung« sind aufgestellt worden; die oben mitgetheilten Versuchsergebnisse scheinen wenigstens einen Beitrag zur Erklärung der Sache geben zu können. Wir haben gesehen, dass die minimalen Empfindungen sehr leicht ver-

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. Phys. Abth. 1892. S. 259.

schwinden, wenn die Athmungsmuskeln am stärksten innervirt sind; diese Arbeit ist also überhaupt ungünstig für das aufmerksame Festhalten einer Vorstellung, weshalb wohl auch gewöhnlich die Athmung oberflächlich wird bei angestregtem Denken. Da nun bei Nasenverstopfung nicht nur die Athmungsmuskeln, sondern viele andere Muskeln zugleich arbeiten müssen, um Luft in die Lungen hineintreten zu lassen, so ist es leicht verständlich, dass eine gleichzeitige Concentration der Aufmerksamkeit fast unmöglich wird.

### Theoretische Schlussbemerkungen.

Nachdem wir jetzt gesehen haben, dass alle diejenigen Factoren, welche von früheren Forschern auf diesem Gebiete mehr oder minder einseitig als Ursache der Empfindungsschwankungen angenommen wurden, sich wahrscheinlich beim Hervorbringen der Erscheinung bethätigen, entsteht natürlich die Frage, ob nun diese Schwankungen Aufmerksamkeitsschwankungen genannt werden dürfen. Beim ersten Blick scheint es, als ob die Antwort ganz von den theoretischen Ansichten abhängig sein würde, mit welchen man zur Beantwortung geht. Wer die Aufmerksamkeit, oder richtiger das aufmerksame Festhalten einer Vorstellung, nur als Resultat bekannter physiologischer und psychophysischer Processe ansieht, kann augenscheinlich kein Bedenken tragen, die in Rede stehenden Schwankungen Aufmerksamkeitsschwankungen zu nennen, weil, nach seiner Ansicht, das Appercipiren einer Vorstellung eben durch Blutdruckveränderungen, Muskelinnervationen etc. verursacht wird. Wer aber zur Annahme einer besonderen, psychophysischen Apperceptionsthätigkeit neigt, wird schwerlich die besprochenen Schwankungen Aufmerksamkeitsschwankungen nennen, weil sie gar nicht Schwankungen der angenommenen Apperceptionsthätigkeit, sondern durch ganz andere Ursachen herbeigeführt sind. Bedenkt man aber, dass eine Apperceptionsthätigkeit doch immer als psychophysischer Vorgang, d. h. von centralen Erregungen abhängig, gedacht werden muss, so leuchtet es ein, dass ein solcher Vorgang auch von verschiedenen physiologischen Veränderungen beeinflusst wird. Wenigstens die, durch die Athmung verursachten, Blutdruckveränderungen im Gehirn müssen ihren Einfluss auf die Apperceptionsthätigkeit geltend

machen, und die nachgewiesene Abhängigkeit der Empfindungsschwankungen von der Athmung lässt sich demnach leicht als eine Abhängigkeit der Apperception von der Athmung erklären. Und ferner schließt die Annahme einer besonderen Apperceptionsthätigkeit natürlich nicht aus, dass einer Aufmerksamkeitsabspannung durch Ermüdung von Accommodationsmuskeln und dergleichen vorgearbeitet werden könne. Es zeigt sich also, dass die beiden Theorien über die Natur der Aufmerksamkeit mit den hier nachgewiesenen Thatsachen in Uebereinstimmung gebracht werden können. Daraus folgt aber einfach, dass diese Thatsachen uns nichts über die Natur der Aufmerksamkeit lehren außer dem, wohl von Niemand bestrittenen Satze, dass auch die Aufmerksamkeit von organischen Processen abhängig ist.

Eine ganz andere Frage ist es, ob nicht die eine Theorie vor der anderen einen Vorzug habe, wenn wir uns darüber Rechenschaft zu geben suchen, was eigentlich geschieht, wenn die Aufmerksamkeit auf irgend einen psychischen Zustand concentrirt wird. Dies kann wohl mittelst der Annahme einer besonderen Apperceptionsthätigkeit erreicht werden, jedoch scheint wenigstens mir die Sache verständlicher, wenn man annimmt, dass die Steigerung des psychischen Zustandes durch ein Zusammenwirken von vasomotorischen Veränderungen, Muskelinnervationen u. dergl. verursacht werde. Außerdem ist dadurch gewonnen, dass die Hypothese experimentell geprüft, und also schließlich bestätigt oder beseitigt werden kann. Nun hat jüngst Prof. Wundt nachgewiesen, dass die anormalen, einseitigen Steigerungen verschiedener Thätigkeiten in der Hypnose durch eine functionelle, neurodynamische Ausgleichung in Verbindung mit vasomotorischen Reflexen erklärt werden können<sup>1)</sup>. Die hypnotischen Steigerungen der Thätigkeiten sind indessen kaum mehr als intensiv verschieden von derjenigen normalen Steigerung, welche durch eine sogenannte Aufmerksamkeitsconcentration erreicht wird; jedenfalls sind sie der letzteren so ähnlich, dass die Annahme berechtigt ist, die physiologischen Ursachen seien dieselben und nur intensiv verschieden. Eben deshalb habe ich früher die naheliegende Hypothese aufgestellt, dass

---

1) Phil. Stud. VIII, S. 42 ff.

die Steigerung der psychischen Zustände, welche der Aufmerksamkeit zugeschrieben wird, hauptsächlich durch vasomotorische Reflexe verursacht werde<sup>1)</sup>, und demnach habe ich den Nachweis versucht, dass diese Hypothese die hypnotischen und die verwandten normalen Erscheinungen erklären könne. Dass der von mir gewählte Weg der Deduction nicht glücklich gewesen ist, gebe ich nach den kritischen Bemerkungen Wundt's<sup>2)</sup> gern zu; ebenso dass Wundt's »Princip der functionellen Ausgleichung« vielleicht noch größere Bedeutung hat als die Hypothese der vasomotorischen Wirksamkeit. Die Hauptsache ist nur, dass eine Theorie der Aufmerksamkeit aufgestellt wird, die einerseits verwandte, normale und anormale Erscheinungen auf dieselbe Weise erklärt, und anderseits einer experimentellen Prüfung unterworfen werden kann. Diesen Forderungen entspricht vollständig Wundt's Erklärung der hypnotischen Erscheinungen, welche sich leicht erweitern lässt, und es leuchtet ein, dass die oben dargestellten Versuchsergebnisse jedenfalls nicht gegen eine solche Theorie sprechen.

---

1) Die Hypnose und die damit verwandten normalen Zustände. 1890.

2) Phil. Stud. VIII, S. 21.

