

# Die Aufmerksamkeit und die Funktion der Sinnesorgane.

(Die mitgeteilten Experimente wurden im physiologischen  
Institute zu Wien ausgeführt.)

Von

Dr. W. HEINRICH.

Erster Beitrag.

I.

In der Reihe von Fragen, welche die Psychologie beschäftigen, nimmt die Aufmerksamkeit eine der ersten und bedeutendsten Stellen ein: sie wird als eine Vorbedingung jeder menschlichen Thätigkeit betrachtet. Beim wissenschaftlichen Forschen und Denken, beim praktischen Handeln, beim Lernen und Lehren, immer muß die Aufmerksamkeit vorausgesetzt werden, wenn etwas geleistet werden soll. Kein Wunder daher, daß jeder Psychologe die Frage: wie gestalten sich die Erscheinungen, welche man mit dem Namen Aufmerksamkeit bezeichnet, zu lösen versucht, und daß manche die Aufmerksamkeit sogar zu derjenigen Thätigkeit oder Funktion gestempelt haben, welche das ganze psychologische Verhalten des Menschen bestimmt. Sie soll der Wille sein und die Handlung bestimmen, sie soll über den Verlauf der Gedanken herrschen<sup>1</sup> u. s. w.

Nach der Bedeutung urteilend, die der Aufmerksamkeit beigemessen wird, sollte man annehmen, daß die moderne Psychologie, die mit besonderem Stolz den Beinamen „exakte“ und „experimentelle“ trägt, mit allen Mitteln versuchen wird, über die Erscheinungen der Aufmerksamkeit endgültig ins klare

---

<sup>1</sup> Vergl. die Apperzeptionslehre von WUNDT. (*Phys. Psychol.* II<sup>4</sup>. S. 266 f.)

zu kommen. Es gilt ja als naturwissenschaftliche Regel, die Erscheinungen so lange zu untersuchen und zu diskutieren, bis man zu einer allgemein gültigen Lösung gelangt. Und die Psychologie will vor allem eine Naturwissenschaft und keine spekulative Wissenschaft sein! Sie hat auch die experimentelle Richtung eingeschlagen, ein Verfahren, welches die Probleme allgemein gültig zu lösen hoffen läßt.

Es ist in der That nicht lange her, daß das Problem der Aufmerksamkeit noch allgemein auf der Tagesordnung stand. Die Mehrzahl der Untersuchungen aus dem WUNDTschen Laboratorium beschäftigte sich mit derselben. Auch von Anderen wurden in dieser Richtung Untersuchungen angestellt. Seit einigen Jahren jedoch ist es auf diesem Gebiete beinahe ganz still geworden. Wollte man diese Stille in dem Sinne deuten, in welchem sie nach dem Vorbild der Naturwissenschaften zu deuten wäre, so müßte man zu der Annahme kommen: man habe die Frage gelöst. Diese Annahme würde aber eine sehr irrtümliche sein. Auch jetzt, wie von jeher, besitzt die Psychologie keine Theorie, aber dafür sehr viele Theorien. Auch jetzt, wie in den „guten alten Zeiten“, versucht jeder Psychologe, eine eigene Anschauung zu entwickeln. Von sehr wenigen jedoch kann man behaupten, daß sie naturwissenschaftlich sind.

Unsere vor kurzem veröffentlichte Schrift<sup>1</sup> hat sich unter anderem auch mit den verschiedenen Aufmerksamkeits-theorien beschäftigt. Dieser Umstand entbindet uns der Pflicht, die Theorien kritisch zu beleuchten. Indem wir daher einfach auf letztere verweisen, beschränken wir uns hier auf die Angabe derjenigen allgemeinen Gesichtspunkte, welche uns bei der Aufnahme des Problems geleitet haben. Wie die Entstehung der Arbeit nur dem Umstande zuzuschreiben ist, daß uns die bereits bestehenden Theorien nicht ganz befriedigt haben, so ist auch die Stellung und Fassung der Frage durch das Bestreben bedingt, eine von jener spekulativen Theorie freie Erklärung zu finden. Wir haben bereits den Weg angegeben, auf welchem nach unserer Ansicht eine solche Erklärung zu finden ist.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> W. HEINRICH, *Die moderne physiologische Psychologie in Deutschland*. Zürich 1895.

<sup>2</sup> Vergl. das Kapitel: Der psychophysische Parallelismus und die Aufgaben der psychologischen Forschung. S. 216 f.



Wir beschränken uns daher nur auf die Skizzierung der Grundzüge.

Unsere Bedenken sind im allgemeinen durch zweierlei Erwägungen begründet. Die eine ist rein erkenntnis-theoretischer Natur, die andere bezieht sich auf die Art und Weise der Untersuchung. Die erste bedingt gewissermaßen die zweite.

Die Aufgabe jeder Naturwissenschaft ist, die Naturerscheinungen möglichst genau und eingehend zu beschreiben. Die Erscheinungen werden als Änderungen des **unmittelbar Gegebenen** betrachtet. Dieser Aufgabe gemäß werden bei jeder Untersuchung die Änderungen festgestellt und die Abhängigkeit der beobachteten Änderungen von den verschiedenartigen Bedingungen untersucht. In seltenen Fällen sind die Änderungen unmittelbar feststellbar. Meistens gelingt es erst auf Umwegen und mit Hülfe besonderer Methoden. Noch schwieriger gestalten sich die Untersuchungen der Bedingungen der festgestellten Änderungen. Sind aber nach der Beseitigung aller Schwierigkeiten beide Teile vollständig beschrieben, so ist damit auch die Erscheinung vollständig bekannt.

Als unmittelbar gegeben betrachtet jede Wissenschaft das Untersuchungsobjekt. Die einzelnen Wissenschaften unterscheiden sich je nach den Objekten und je nach den Richtungen, in welchen die Objekte untersucht werden. So untersucht die Physiologie die Lebensfunktionen der Organismen; die Zoologie und Anatomie ihren Bau etc. Die Organismen gelten für diese Wissenschaften als unmittelbar gegebene Untersuchungsobjekte.

Der Zusammenhang, in welchem sich die Naturerscheinungen befinden, ermöglicht es, die Vielheit der Erscheinungsformen auf die geringere Anzahl von Hauptformen zurückzuführen, die mit dem Namen der physikalischen und chemischen Gesetze, oder allgemeiner mit dem Namen der physikalischen Gesetze bezeichnet werden. Es werden mithin in gewissem Sinne alle Wissenschaften der Physik und Chemie untergeordnet.

Auch die letzten Wissenszweige verfolgen dieselbe allgemeingültige Methode. Diese beschreiben auch die Änderungen der Untersuchungsobjekte. Sie machen aber einen noch weiteren Schritt: das unmittelbar Gegebene zerlegend, ersetzen sie die materiellen Körper durch die unmittelbar anschaulichen

Elementareinheiten derselben, durch sich bewegende Moleküle oder Atome. Dieser Umstand setzt als das weitere Ziel der Naturwissenschaften die Beschreibung der Naturerscheinungen als Änderungen des unmittelbar Anschaulichen — eine mechanische Beschreibung der Naturerscheinungen.

Will daher die Psychologie den Postulaten der Naturwissenschaften genügen und allgemeingültige Erklärungen angeben können, so müssen diese Erklärungen Beschreibungen der unmittelbar gegebenen Änderungen und Änderungsbedingungen sein.

Untersuchen wir von diesem Standpunkte aus die Aufmerksamkeitstheorien, so läßt sich leicht ersehen, daß die meisten Psychologen ein Verfahren einschlagen, welches von dem postulierten sehr weit entfernt ist.

Der Aufgabe gemäß sollten die mit dem Namen Aufmerksamkeit bezeichneten Erscheinungen genau beschrieben und analysiert werden. Statt dessen versucht man meistens die Aufmerksamkeit entweder durch besondere Thätigkeiten oder durch andere Erscheinungen zu ersetzen. So ist bei WUNDT<sup>1</sup> die Aufmerksamkeit eine nicht näher definierbare Thätigkeit, die neben dem Kommen und Gehen der Vorstellungen zu beobachten ist; sie ist nach KÜLPE<sup>2</sup> ein Zustand des Bewußtseins, ein Oberbewußtsein, in welchem nur sehr wenige von den im Unterbewußtsein sich abspielenden Prozessen Eingang erhalten, und zwar nur auf Grund bestimmter Motive, die nicht als Bedingungen gelten können. Bei ZIEHEN<sup>3</sup> decken sich die Erscheinungen der Aufmerksamkeit mit denjenigen der Assoziation, bei MÜNSTERBERG<sup>4</sup> mit den Muskelempfindungen u. s. w.

Man sieht leicht ein, daß die Wege, welche WUNDT und KÜLPE eingeschlagen haben, das Problem, statt es einer Lösung näher zu bringen, unlösbar und unerklärbar machen.

Denn was hilft die Erklärung, daß die Aufmerksamkeit eine undefinierbare Thätigkeit oder ein Oberbewußtsein ist, in welches nur einige von den im Unterbewußtsein sich abspielenden Erscheinungen eine Aufnahme finden? Haben wir

---

<sup>1</sup> *Physiol. Psychol.* S. 266.

<sup>2</sup> *Grundriß der Psychologie.* Leipzig 1893. S. 438 f.

<sup>3</sup> *Leitfaden der physiol. Psychol.* Jena 1893. S. 164 f.

<sup>4</sup> *Beiträge.* Heft II.



bei der Bestimmung, daß es die Erscheinungen der Aufmerksamkeit sind, wenigstens einen annähernden Begriff davon, um welche Erscheinungen es sich handelt, so sind die Begriffe „Thätigkeit“ oder „Oberbewußtsein“ vorerst nur leere Worte, die eine beliebige Bedeutung annehmen, je nach der speziellen Neigung desjenigen, der sie einführt und benutzt. Man ersetzt daher die ihren Entstehungsbedingungen nach unbekannten Erscheinungen durch, ihrem Inhalte nach, unbekannte Begriffe — ein Verfahren, dessen Zweckmäßigkeit mehr als problematisch ist — auch dann problematisch, wenn man es mit dem Hinweis auf die Zurückführung der Erscheinungen auf allgemeine Begriffe und mit dem Hinweis auf die Rolle der Definition begründen wollte.

Die Aufgabe der Definition besteht bekanntlich darin, daß die mehr komplizierten und weniger bekannten Erscheinungsformen auf die weniger zusammengesetzten und mehr bekannten zurückgeführt werden, indem man zugleich die distinktiven Merkmale der mehr zusammengesetzten angiebt. Wenn auf diese Weise noch keine Erklärung der mehr zusammengesetzten Erscheinungen gegeben ist, so kann ein solches Verfahren doch einen Nutzen bringen, indem es die Richtung angiebt, in welcher die Erklärung zu suchen ist. Es gilt aber dabei als Voraussetzung, daß man die unbekannten Erscheinungen auf bekannte zurückführt. Diese Voraussetzung wird aber schwerlich auf die oben angegebenen Bestimmungen der Aufmerksamkeit passen. Denn bei diesen wird vielmehr das Umgekehrte gemacht, das mehr Bekannte als Funktion eines ganz Unbekannten angegeben und folglich das mehr Bekannte zu einem ganz Unbekannten gemacht.

Eines noch könnte man annehmen: nämlich, daß die Begriffe „Thätigkeit“, „Oberbewußtsein“ nur als Hilfsbegriffe gedacht werden. Es ist ja in der Geschichte der Wissenschaften ein sich immer wiederholender Fall, daß man eine ganze Gruppe von Erscheinungen einfach als ein Ganzes einführt, ohne daß man sich über dieselben orientiert hat, um die weitere Arbeit zu ermöglichen. Man führt, um einen mathematischen Vergleich anzuwenden, eine unaufgelöste Funktion in die Untersuchung und löst die Funktion erst später auf. — Es könnte so sein, aber es ist in diesem Falle nicht so. Denn erstens ersieht man aus den Theorien WUNDTs und KÜLPES nicht, daß sie die



Begriffe als Hilfsbegriffe eingeführt haben. Es existiert für beide vielmehr kein Zweifel, daß die angegebenen endgültige Erklärungen sind; zweitens aber soll man solche Hilfsbegriffe nur dann einführen, wenn dies unbedingt notwendig ist, was auch bewiesen werden müßte.

Als Ausdruck einer Opposition gegen WUNDT muß man die Versuche von MÜNSTERBERG und ZIEHEN auffassen. Es muß zugestanden werden, daß sie den Fehler, den wir soeben genannt haben, zu vermeiden gewußt haben, leider aber können wir auch diese Versuche nicht für genügend erachten. Wir wollen hier diese Behauptung nicht eingehend begründen.<sup>1</sup> Eins mag hier nur angegeben werden: Versucht man, die Aufmerksamkeit auf Assoziation oder auf die Muskelempfindungen zurückzuführen, so ist man nicht im stande, für eine ganze Reihe von Erscheinungen auch nur annähernd genügende Antwort zu geben. Man muß sehr viele derjenigen Erscheinungen, welche speziell als die Erscheinungen der sinnlichen Aufmerksamkeit bezeichnet werden, unberücksichtigt lassen.

Wir haben als Aufgabe jeder Naturwissenschaft die Beschreibung des unmittelbar Gegebenen bezeichnet. Wir müssen auch die Frage zu beantworten suchen, was für die psychologische Untersuchung als unmittelbar gegeben zu betrachten ist. Diese Frage berührt sich mit der weiteren, wie untersucht werden soll.

Die ältere Psychologie löste diese beiden Fragen in dem Sinne, daß sie annahm, die psychischen Erscheinungen des Menschen sind Äußerungen und Bethätigungen der Seele. Die Untersuchungsmethode war die Selbstbeobachtung oder Selbstanalyse oder die Untersuchung des eigenen Bewußtseins. Die moderne Psychologie kann diesen Standpunkt nicht einnehmen; sie kann weder die Erscheinungen, die man als psychisch bezeichnet, der „Seele“ zuschreiben, noch die passende Methode in der Selbstbeobachtung finden.

Auch eine weitere Forderung stellt man an die Psychologie: sie muß eine physiologische sein, d. h. eine physiologische Erklärung für die Bethätigung des Menschen angeben können. Was diese letztere Forderung besagt, bedarf wohl keiner näheren

---

<sup>1</sup> Vergl. die oben zitierte Schrift. S. 162 f. und S. 186 f.



Begründung. Ist man genötigt, die physiologischen Vorgänge des menschlichen Nervensystems anzugeben, so müssen diese das Gesetz der Erhaltung der Energie befriedigen, d. h. die Änderungen des Nervensystems müssen restlos ineinander übergehen, ohne einen Teil seiner Energie ins nichts umzuwandeln oder aus nichts geschöpft zu haben. In einer solchen absolut geschlossenen Kausalreihe kann es daher keine Stelle geben, wo die „Thätigkeit“ oder das „Oberbewußtsein“ eingreifen könnte. Ein Grund, der das freie Walten der „Thätigkeit“ oder des „Oberbewußtseins“ über die Vorstellungen schwer begreiflich erscheinen läßt.

Zwingt auch der psychophysische Parallelismus zur Beseitigung aller „Thätigkeiten“, so fordert weiter die Exaktheit der Methode die Beseitigung der Selbstanalyse. Die Mängel, welche diese Methode mit sich führt, sind allgemein bekannt: sie kann sich nur auf die Wiedergabe der eigenen Erlebnisse beschränken, die von der Voreingenommenheit nicht geschützt werden, und die gar nicht kontrollierbar sind, weil sie sich immer unter neuen Bedingungen abspielen können. Die Mängel dieser Methode haben auch zur Einführung des Experimentes, an Stelle der minderwertigen Untersuchung seiner selbst, mitgenötigt. Die Selbstanalyse wurde durch die objektive Untersuchung Anderer ersetzt.

Bei dieser Methodenänderung hat man jedoch eines nicht gethan; man hat nicht von neuem die Frage aufgestellt, was untersucht wird, und was als Resultat der Untersuchung angegeben werden soll. Diesem Versäumnis ist, glauben wir, die Vielseitigkeit der Theorien und Erklärungsweisen zuzuschreiben.

Hat die objektive Untersuchung Anderer die Psychologie in die Reihe der Naturwissenschaften eingeführt, so bringt dies die Verpflichtung mit sich, den Standpunkt der Naturwissenschaften festzuhalten. Diesen Standpunkt haben wir bereits angegeben; er wird gewöhnlich als „naiver Realismus“ bezeichnet und gipfelt in dem Satze: die Beschreibung ist die Beschreibung des unmittelbar Gegebenen.

Das unmittelbar Gegebene muß daher auch in der Psychologie naiv real angenommen und beschrieben werden, ohne jede Beeinflussung durch die philosophische Anschauung des Untersuchenden, ohne jede Beeinflussung durch die Anschauung über den Zusammenhang des



„Psychischen mit dem Physischen“. Der Naturwissenschaftler kann der Anschauung huldigen, daß alle Erscheinungen nur ein Trug, daß sie nur Erscheinungen seines Ich sind. Dies hindert ihn nicht, das Objekt der Untersuchung als vollkommen real, und zwar unmittelbar so real, wie es sich der Untersuchung darbietet, aufzufassen. Er versteht die philosophische Überzeugung von der naturwissenschaftlichen Untersuchung zu trennen. Das muß auch der Psychologe zu thun verstehen. Er muß sein Objekt naiv realistisch auffassen.

Die Naturwissenschaften beschreiben die Änderungen und Änderungsbedingungen des unmittelbar Gegebenen, auch der Psychologe muß sich nur auf die genaue Beschreibung beschränken und die Spekulation zu vermeiden suchen.

Versuchen wir mit Hülfe dieser Postulate das Untersuchungsgebiet der Psychologie abzugrenzen, so ergibt sich zuerst eins: Die experimentelle Untersuchung kann nicht eine Untersuchung des fremden Bewußtseins sein. Und zwar deswegen nicht, weil das fremde Bewußtsein der **unmittelbaren objektiven** Untersuchung unzugänglich ist. Machen wir die Annahme, daß die von uns beobachteten Äußerungen die Äußerungen des menschlichen Bewußtseins sind, so überschreiten wir die zulässige Grenze einer objektiven Beschreibung und betreten das Gebiet der spekulativen Ergänzungen, von welchem vor allem die Psychologie befreit werden muß.

Bleiben wir auf dem Standpunkte der streng objektiven Beschreibung, so müssen wir als unser Untersuchungsobjekt den Menschen betrachten, oder vielmehr dasjenige Verhalten des Menschen, welches sich als die Bethätigung desselben offenbart. Das, was unserer unmittelbaren Beobachtung zugänglich ist, sind nur die Äußerungen des Menschen in der Form von Mitteilungen oder Handlungen, und auf die Wiedergaben dieser Mitteilungen oder Handlungen und der Abhängigkeit derselben von den variablen Bedingungen müssen wir uns beschränken. Wir untersuchen diese Abhängigkeit, indem wir den Menschen verschiedenen Einwirkungen, den Änderungsbedingungen, aussetzen, diese Bedingungen beliebig ändern und den Zusammenhang dieser Änderungen mit den Aussagen des Menschen feststellen. Mit der Feststellung dieser Zu-



sammenhänge wird die Aufgabe der physiologisch-psychologischen Untersuchung erschöpft. Auf dieser Stufe gehalten, bleibt auch die Untersuchung eine allgemeingültige und völlig objektive. Geht man von da aus weiter, so betritt man den Boden der spekulativen Ergänzungen, welche nur eine individuelle Bedeutung beanspruchen können. Das Individuelle muß aber von dem Allgemeingültigen streng geschieden werden.

Die ganze Aufgabe der Untersuchung kann sich daher nur folgendermaßen gestalten: Mit der Untersuchung der von außen kommenden Einwirkungen muß die Untersuchung beginnen. Dann müssen alle die objektiv beobachteten Änderungen angegeben werden, die die Einwirkungen zur Folge hatten. Als letztes Glied werden die Aussagen des beobachteten Individuums in Betracht gezogen. Bleibt diese Form der Untersuchung auf dem Standpunkte der objektiven Beobachtung, so ist man auch über die Art der Änderungen im klaren: sie können nur physiologische Änderungen des Nervensystems und der Sinnesorgane sein. Auf die genaue Angabe dieser läuft die Untersuchungsmethode vor allem hinaus. Dann wird die Abhängigkeit der Aussagen von diesen Änderungen festzustellen sein. Mit der letzten Feststellung wird auch die ganze Untersuchung erschöpft.

Durch diese, in teilweiser Anlehnung an AVENARIUS<sup>1</sup> gemachte, Beschränkung der psychologischen Untersuchung auf dieses, vielleicht nach der Ansicht vieler zu enge Gebiet glauben wir eines erreichen zu können: die allgemeingültigen und wirklich exakten Beschreibungen des menschlichen Verhaltens. Wir müssen uns aber verwahren, daß wir damit eine philosophische Lösung des „Psychischen“ angestrebt haben. Gerade vor solchen „Lösungen“ wollen wir die Psychologie bewahren und die psychologische Untersuchung auf die Wiedergabe des tatsächlich Beobachteten beschränken. Über dies faktisch Beobachtete wollen wir nicht hinausgehen.

Einen Vorwurf müssen wir hier noch berücksichtigen. Man wird leicht sagen können, daß wir Physiologie und nicht Psychologie treiben. Wir halten jedoch diesen Vorwurf für

---

<sup>1</sup> Kritik der reinen Erfahrung. Leipzig 1888—1890. *Vierteljahresschr. f. wiss. Phil.* 1894—1895.

unberechtigt, denn gerade unsere Begrenzung markiert den Unterschied ziemlich scharf und deutlich: er liegt in der Bedeutung, die man der Aussage giebt. Betrachtet man die Aussage als bloße Reaktion des menschlichen Organismus, ohne die Inhalte der Aussagen zu berücksichtigen, so wird die Untersuchung wohl eine physiologische sein; betrachtet man sie aber mit Berücksichtigung des Inhaltes, so muß die Untersuchung als eine psychologische bezeichnet werden. Würde aber der Vorwurf auch berechtigt sein, so wäre er es erst dann, wenn man als Aufgabe der Psychologie nicht mehr die vollständige kausale Begründung der menschlichen Bethätigung bezeichnet. Diese wird aber nicht eher bekannt sein können, bis man nicht die Gesamtheit der physiologischen Änderungen des menschlichen Nervensystems kennen gelernt hat.

In der Berücksichtigung des Inhaltes der menschlichen Aussagen sahen wir ein genügendes Unterscheidungsmerkmal der Psychologie von der Physiologie. Die Berücksichtigung der Inhalte ist es auch, welche das menschliche Leben dem unseren ähnlich und unser Leben zum ähnlichen der anderen Menschen macht. Die Berücksichtigung der Inhalte der Menschen ermöglicht uns, die Erlebnisse Anderer zu unseren Erlebnissen zu machen, und unsere zu Erlebnissen Anderer. Erst dadurch sind uns die fremden Erlebnisse verständlich und gewinnen die Bedeutung, die wir unseren eigenen Erlebnissen zuschreiben.

Diese Beziehung darf jedoch nicht zur vollständigen Setzung des eigenen Individuums an Stelle des beobachteten führen. Die wissenschaftliche Methode fordert eine objektive Beschreibung, und eine solche muß sich mit der reinen Konstatierung des objektiven Verhaltens begnügen.

Nach der Feststellung des Gesichtspunktes, von welchem aus wir unsere Untersuchung unternehmen wollen, müssen wir noch einige Worte über die Untersuchungsmethoden der Aufmerksamkeit sagen und der Hauptsache nach gegen WUNDT Stellung nehmen. Es würde überflüssig sein, die Verdienste WUNDTs um die experimentelle Psychologie hier hervorzuheben. Sein Name ist mit der Entwicklung des Experimentes innig verbunden und dadurch seine Bedeutung vollständig charakterisiert. Trotzdem aber müssen wir den Untersuchungsmethoden,



die WUNDT aufgestellt hat,<sup>1</sup> um das „innere“ Leben des Menschen zu erforschen, diejenige universelle Anwendbarkeit absprechen, die er von denselben gehofft hat. Wenn WUNDT die Beobachtungsmethoden als diejenigen bezeichnet, welche erst die Einsicht in das innere Leben des Menschen gewähren, so hat er von seinem Standpunkt vollkommen recht. Die Apperzeption ist bei ihm eine Funktion, die selbst keiner Analyse bedarf. WUNDT glaubt daher, alles erklärt zu haben, wenn er angiebt, wie lange jeder Tätigkeitsakt der Apperzeption dauert: Indem wir aber die Aufgabe ganz anders stellen, so bleiben für uns die Zeiten nur leere Zahlen, wir glauben auch nicht, auf dem Wege der Untersuchung der Reaktionen zu der Kenntnis derjenigen Vorgänge gelangen zu können, welche vor allem erklärt werden sollen. Nach unserer Ansicht ist es auch unmöglich, allgemeine Methoden des physiologischen Experimentes zu bestimmen. Jede Fragestellung bedingt eine besondere experimentelle Methode, und für jede Frage muß auch eine passende gefunden werden. Was die Reaktionsmethode anbelangt, so glauben wir, daß sie in einer Gruppe von Untersuchungen von Bedeutung sind, nämlich in der Untersuchung der allgemeinen Änderungen des menschlichen Verhaltens, wie sie von KRAEPELIN und seiner Schule ausgeführt werden.<sup>2</sup> Die von dem letztgenannten Forscher gefundenen Daten liefern sehr bedeutende Resultate.

Der Forderung gemäß, welche wir für die psychologische Untersuchung aufgestellt haben, bestand unsere Aufgabe in der Angabe derjenigen Erscheinungen, welche mit der Aufmerksamkeit bezeichnet werden, und der Untersuchung der Bedingungen, unter welchen sie stattfinden. Die Feststellung desjenigen, was man zu den Aufmerksamkeitserscheinungen rechnet, könnten wir aber unterlassen, die sind allgemein bekannt. Es war daher die weitere Frage, die Bedingungen zu untersuchen, und zwar zuerst die Tätigkeit der Sinnesorgane.

Die folgende Untersuchung wurde im physiologischen Institut zu Wien ausgeführt.

Es sei mir vor allem hier gestattet, dem hochverehrten

---

<sup>1</sup> Vergl. *Philosoph. Stud.* Bd. I. S. 1 f. und *Physiol. Psychol.* Bd. II<sup>4</sup>. S. 362.

<sup>2</sup> Vergl. *Psychologische Arbeiten*, herausgegeben von KRAEPELIN. Heft I. S. 1 f.

Herrn Prof. SIGM. EXNER für die bereitwilligè Unterstützung und vielseitigen Anregungen, die mir zu teil wurden, meinen innigsten Dank auszusprechen.

Ich spreche zugleich den Herren Assistenten Dr. FUCHS und Dr. KREIDL für die wohlwollenden Hülfeleistungen meinen verbindlichsten Dank aus.

## II.

Die allgemein verbreitete Ansicht in Bezug auf die Thätigkeit der Sinnesorgane bei der Aufmerksamkeit ist die, daß die Erscheinungen der Aufmerksamkeit von den Sinnesorganen gewissermaßen unabhängig sind. Wohl giebt man zu, daß die günstige Akkommodation der Sinnesorgane die Einwirkung der Reize begünstigt; man nimmt aber auch an, daß die Aufmerksamkeit sich von dem Eindruck abwenden kann, ohne daß sich an den Sinnesorganen etwas geändert hat. In Bezug auf das Auge hat HELMHOLTZ diese Ansicht folgendermaßen ausgesprochen:<sup>1</sup> „Hat man komplizierte stereoskopische Photographien vor sich mit vielen Einzelheiten, so gewinnt man nur von einer deutlichen Eindruck und braucht mehrere Funken, um nacheinander das Ganze zu übersehen. Daher ist es sonderbar, daß, während man die beiden Nadelstiche fest fixiert und in Deckung erhält, man willkürlich vor dem Funken die Aufmerksamkeit auf eine bestimmte Stelle des dunklen Gesichtsfeldes richten kann, und dann während des Funkens einen Eindruck nur von den Objekten erhält, die in dieser Gegend des Sehfeldes erscheinen. Es ist in dieser Beziehung die Aufmerksamkeit ganz unabhängig von der Stellung der Akkommodation des Auges, überhaupt von einer der bekannten Veränderungen in und an diesem Organe, und demgemäß kann sie mit einer selbstbewußten und willkürlichen Anstrengung auf eine bestimmte Stelle in dem absolut dunklen und unterschiedslosen Gesichtsfelde hingerichtet werden.

Die Versuche mit momentaner Beleuchtung sind auch noch insofern für die Rolle, welche die Aufmerksamkeit bei den Doppelbildern spielt, interessant, als solche Bilder, wie  $J^2$

<sup>1</sup> *Physiol. Optik.* Leipzig 1867. S. 741 f.

<sup>2</sup> S. Taf. VII der *Physiol. Optik* von HELMHOLTZ.



ohne große Anstrengung sowohl stereoskopisch einfach, als auch mit geringer Mühe als Doppelbilder gesehen werden können; leicht gelingt, beides auch beim Lichte des elektrischen Funkens zu sehen. Der erste Eindruck ist gewöhnlich der stereoskopisch einfache; wenn man aber in Pausen von etwa zehn Sekunden, in denen die Nachbilder vollständig erlöschen können, die Beobachtung wiederholt, so fängt man an, die Doppelbilder zu sehen, trotzdem man immer denselben Punkt fixiert und jede nachfolgende Einwirkung der ersten absolut gleich ist. Ja, selbst bei solchen Figuren, wie  $M$ ,<sup>1</sup> wo es mir relativ schwer wird, die Doppelbilder zu sehen, kann ich sie bei instantaner elektrischer Beleuchtung endlich sehen, wenn ich sie mir vorher lebhaft vorzustellen suche, wie sie aussehen müssen. Der Einfluß der Aufmerksamkeit ist hier reiner zu beobachten, weil jede Einwirkung der Augenbewegungen ausgeschlossen ist.“ Kurz gefaßt, behauptet also HELMHOLTZ, daß die Aufmerksamkeit von der Akkommodation und Einstellung des Auges unabhängig ist.

Es ist wohl der großen Vertrauenswürdigkeit, welche sich HELMHOLTZ durch seine vielseitigen und genauen Angaben und Untersuchungen erworben hat, zuzuschreiben, daß diese Äußerung nicht angefochten wurde. Man ist ja mit Recht gewöhnt, in der physiologischen Optik das sicherste und genaueste Beobachtungsmaterial über die Physiologie des Auges zu finden. Trotzdem aber mußten wir schon bei Besprechung der Aufmerksamkeitslehre bei PILZECKER, der sich auf diese Behauptung stützt, dieselbe anfechten.<sup>2</sup> Wie groß auch unser Vertrauen zu den Untersuchungen HELMHOLTZS ist, so sehen wir doch in dieser Äußerung nur ein Resultat subjektiver Wahrnehmung und nicht einer objektiven Untersuchung. Und da sich bei der Selbstanalyse jeder auch noch so geübte Forscher irren kann, so war für uns die Frage offen, ob sich der Akkommodationszustand des Auges bei den Änderungen der Aufmerksamkeit ändert, oder nicht. Es galt daher, die Änderungen der Pupille und der Linse zu studieren.

Die angegebenen Untersuchungen wurden an Herrn cand. med. J. URBACH, und Dr. med. BECK vollständig durchgeführt; an

<sup>1</sup> *Physiol. Optik.* Taf. VIII.

<sup>2</sup> Vergl. zit. Schrift. S. 74.



Herrn SAWICZEWSKI wurde nur die Untersuchung der Pupille ausgeführt. Mangel an Zeit gestattete letzterem Herrn nicht, die Vollendung der Experimente abzuwarten. Ich benutze diese Gelegenheit, um den Herren für ihre Geduld und Aufopferung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. ADLER verdanke ich endlich die zwei angegebenen pathologischen Fälle, für die ich ihm sehr verbunden bin.

Die Untersuchung der Pupille wurde mit Hülfe des Ophthalmometers gemacht, anfangs bei künstlicher Beleuchtung, später bei Tageslicht. Die Anordnung bestand aus einem Perimeter, der aus einem WOJNOWSchen Spiegelapparat<sup>1</sup> hergestellt worden war und auf einem breiten Tisch aufgestellt wurde. Dicht hinter dem Perimeter wurde das Ophthalmometer angebracht und zwar so, daß die Achse des Ophthalmometers mit der Sehachse zusammenfiel. Das am vorderen Ende des Ophthalmometers angebrachte Fadenkreuz diente als Fixationspunkt. Der Abstand des Fixationspunktes von dem Auge betrug 40 cm. Bei Herrn Dr. BECK wurde der Abstand auf die Gröfse von 32 cm reduziert. Untersucht wurde nur das linke Auge temporal in horizontalem Meridian.

Die Untersuchung umfaßte Feststellung der Gröfse der Pupille: 1. beim zentralen Fixieren; 2. beim seitlichen Sehen und 3. beim Rechnen.

In allen Fällen mußte das Auge unbeweglich gehalten werden, was sehr leicht im Ophthalmometer zu kontrollieren war. Als Erkennungsobjekte beim seitlichen Sehen dienten weiße Quadrate von etwa  $2\frac{1}{2}$ —4 cm Seitenlänge mit verschiedenen Buchstaben. Der Untersuchte mußte jedesmal angeben, was er sah. Das Rechnen war natürlich Kopfrechnen, und zwar wurde die Schwierigkeit der Rechnung dem besonderen Übungsgrade des betreffenden Herrn angepaßt. Immer wurden auch die zulässig schwierigsten Multiplikations- oder andere Aufgaben gewählt, um durch diese die Aufmerksamkeit der betreffenden Herren möglichst in Anspruch zu nehmen. Es sei nebenbei bemerkt, daß die meisten Rechnungen bei schriftlicher Nachrechnung sich als ungenau erwiesen.

War die Untersuchung bei künstlicher Beleuchtung gemacht,

---

<sup>1</sup> Vergl. *Ophthalmometrische Studien*. Leipzig 1876.



so wurden im Zimmer alle Fensterläden geschlossen und eine Gaslampe mit Auerlicht angezündet; die Lampe wurde entweder dicht an das Perimeter gebracht (stärkere Beleuchtung) oder auch seitlicher gestellt (schwächere Beleuchtung), immer an der nasalen Seite des untersuchten Auges, und zwar so, daß das Fadenkreuz gut beleuchtet war und zugleich auch das Kornealspiegelbild der Lampe etwa in der Mitte der Pupille sich abspiegelte.

War die Untersuchung beim Tageslicht ausgeführt, so wurde in dem Zimmer nur ein Fenster offengelassen, und der Untersuchte saß dicht beim Fenster, nur durch etwas mehr als die Tischbreite von demselben entfernt. Man bekam dabei ein großes Spiegelbild des Fensters; da dasselbe sich aber in der Mitte der Pupille befand und die Randabschnitte nicht beeinflusste, so konnte die Messung leicht gemacht werden. Als Voraussetzung galt natürlich heiterer Himmel. Das Fenster ging auf die Nordostseite, was für die Gleichmäßigkeit der Beleuchtung günstig war. Vor jeder Untersuchung wurde das rechte Auge für die ganze Zeit der Untersuchung zugebunden, eine notwendige Vorsichtsmaßregel, denn nach dem Zubinden des einen Auges öffnet sich die Pupille gewöhnlich sehr stark und verkleinert sich dann langsam wieder. Es ist daher notwendig, einige Zeit abzuwarten und nicht gleich zur Messung überzugehen. Indem wir diese Vorsichtsmaßregel anfangs nicht befolgten, bekamen wir bei den ersten Abmessungen immer größere Zahlen, als bei den nachfolgenden derselben Art, die erst bei der dritten oder vierten Abmessung auf das bleibende Niveau zurücksanken. Als weitere Maßregel ist zu beachten, daß zwischen den einzelnen Messungen nicht fortwährend fixiert wird, das Auge vielmehr unermüdet bleibt, denn bei der Ermüdung akkommodiert das Auge unvollständig und man bekommt größere Zahlen, ebenso für die Weite der Pupille, als auch für die Größe der Krümmungsradien. Solche Zahlen bekamen wir anfangs bei der Messung der Pupillenöffnung, wo der Kopf nur durch Anlegen an eine Stütze fixiert ward. Während der ganzen Zeit der lange dauernden Messungen, um die Lage des Auges zum Apparate ungeändert zu erhalten, mußte der Kopf fixiert werden. Es wurde daher das einfache Stützen des Kopfes durch Einbeißen in ein mit Siegellack überzogenes Brettchen, das an einer mit Kienstütze versehenen und wohl

fixierten Vorrichtung festgeklemmt war, ersetzt. Dies bestimmte die Lage des Kopfes vollständig und ermöglichte daher die freie Bewegung desselben während der Zwischenpausen.

Die unter diesen Bedingungen erhaltenen Resultate sind in den Tabellen I—VI wiedergegeben. Wir geben in diesen Zahlen des Drehungswinkels, am Ophthalmometer abgelesen, die ausgerechnete Größe der Pupille; diese wurde bestimmt auf Grund der Annahmen:<sup>1</sup> Radius der Cornea  $\rho = 7,6$ ; Abstand der Pupillarfläche von dem Scheitelpunkt der Cornea 3.630 mm. Die Konstanten des Instrumentes waren  $h = 4.821$  mm, und für  $n$  der Platten haben wir die Mittelzahl aus den Brechungsexponenten der Linien  $A—H$  genommen,  $n = 1.61775$ .

Abkürzungen in den Tafeln bedeuten S = Herr SAWICZEWSKI, Dr. B. = Dr. BECK, J. U. = Herr J. UBACH, m. F. = mittlerer Fehler. Dieser wurde bestimmt, wie gewöhnlich, als Mittel aller positiv gerechneten Abweichungen von der entsprechenden Mittelgröße.

Tabelle I.

Die Pupille wurde bei mehr zentral einfallendem Lampenlicht gemessen.  
(S.) Mittelzahlen aus 20 Messungen.

	Wirkliche Größe der Pupille	Gemessene Größe des Pupillenbildes	Ablesung am Ophthalmometer	m. F.
Objekt zentral fixiert	3.1437	3.5745	45° 39' 36"	1° 3' 00"
Objekt seitlich unter 50°	3.6899	4.1953	51° 13' 12"	1° 49' 30"
Objekt seitlich unter 60°	4.1245	4.6896	54° 27' 00"	1° 42' 00"
Objekt seitlich unter 70°	3.3247	3.7802	47° 33' 36"	1° 37' 30"
Rechnen	4.3943	4.9964	57° 33' 00"	0° 12' 54"

<sup>1</sup> Wir geben absichtlich alle diese Details, um die etwaige Nachprüfung zu ermöglichen. Wie sehr dies unter Umständen notwendig sein kann, davon haben wir uns überzeugt, als uns die Nachprüfung der Bestimmungen der Krümmungsradien der Linse infolge mangelnder Angaben unmöglich wurde.



Tabelle II.

Die Pupille wurde bei mehr seitlich auffallendem Lampenlicht gemessen.  
(S.) Mittelzahlen aus 16 Messungen.

	Wirkliche Größe der Pupille	Gemessene Größe des Pupillenbildes	Ablesung am Ophthalmometer	
Objekt zentral fixiert	3.2297	3.6772	46° 34' 12"	
Rechnen	4.4149	5.0197	57° 9' 54"	

Tabelle III.

Mehr zentral auffallendes Licht.  
(J. U.) Mittelzahlen aus 20 Messungen.

	Wirkliche Größe der Pupille	Gemessene Größe des Pupillenbildes	Ablesung am Ophthalmometer	m. F.
Objekt zentral fixiert	3.0091	3.7626	47° 24' 00"	1° 38' 24"
Objekt seitlich unter 50°	4.9094	5.5820	62° 7' 30"	1° 52' 30"
Objekt seitlich unter 70°	3.9514	4.4929	53° 43' 50"	1° 58' 30"
Rechnen	6.0565	6.8895	71° 13' 42"	0° 40' 48"

Tabelle IV.

Mehr seitlich auffallendes Licht.  
(J. U.) Mittelzahlen aus 16 Messungen.

	Wirkliche Größe der Pupille	Gemessene Größe des Pupillenbildes	Ablesung am Ophthalmometer
Zentral	3.4681	3.9432	49° 1' 22" 8
Rechnen	5.1846	5.8950	64° 57' 36" 0

Betrachten wir das allgemeine Resultat, welches die unter I—IV angegebenen Tabellen liefern, so besagt dasselbe:

1. Wendet der Untersuchte seine Aufmerksamkeit dem seitlich Gesehenen zu, so vergrößert sich die Pupille; die Vergrößerung ist nicht von dem Winkel, unter welchem das seitlich betrachtete Objekt erscheint, unabhängig.

2. Wendet der Untersuchte seine Aufmerksamkeit von den Gesichtsobjekten gänzlich ab, so vergrößert sich die Pupille am meisten.

Es entsteht nun die Frage, auf welche Ursachen die Veränderungen der Pupille zurückzuführen seien. Im allgemeinen ändert sich die Pupillenöffnung:

1. Mit Änderung der Lichtintensität. Diese Ursache war hier vollständig ausgeschlossen. Die brennende Lampe lieferte ganz regelmäßige Beleuchtung.

2. Infolge der Verschiebung des Netzhautbildes; diese war hier ausgeschlossen.

3. Infolge der Änderung der Akkommodation.

4. Es könnte die Änderung eine selbständige, von der Akkommodation unabhängige, sein.

Die Frage, ob die Änderungen der 3. oder 4. Kategorie angehören, konnte nur durch direkte Messung der Krümmungsradien der Linse ermittelt werden.

Die angegebenen Zahlen machen weiter noch auf eines aufmerksam: Die Änderung der Pupille ist nicht konstant, sondern sie ändert sich mit der Größe des Winkels, unter welchem das Objekt gesehen wird. Um das Gesetz dieser Änderung zu ermitteln, haben wir bei der Untersuchung der Pupille beim Herrn Dr. BECK und auch nachträglich beim Herrn J. UBACH die Messung in je zehn Grad des Ophthalmometers gemacht; diese Messungen wurden bei Tageslicht ausgeführt und geben die in Tabelle V enthaltenen Resultate.

Diese Zahlen zeigen also, daß eine Abhängigkeit zwischen dem Winkel, unter welchem sich das Objekt befindet, und der Pupillenweite existiert. Im Vergleich mit den Änderungen auf der Tabelle I—IV sind die einzelnen Änderungen beim Herrn Dr. BECK kleiner.

Wir fügen noch hier die Resultate hinzu, welche auch nachträglich an Herrn J. UBACH gefunden wurden, obwohl wir dieselben aus weiter angegebenen Gründen nicht für normal halten.



Tabelle V.  
Tageslicht.  
(Dr. B.) Mittelzahlen aus 16 Messungen.

	Wirkliche Größe der Pupille	Gemessene Größe des Pupillenbildes	Ablesung am Ophthalmometer	m. F.
Objekt zentral fixiert	2.8956	3.2924	42° 57' 00"	0° 54' 45"
Objekt seitlich unter 30°	3.0545	3.4731	44° 42' 00"	0° 51' 00"
Objekt seitlich unter 40°	3.1697	3.6040	45° 56' 12"	0° 54' 00"
Objekt seitlich unter 50°	3.1015	3.5310	45° 15' 00"	0° 51' 56"
Objekt seitlich unter 60°	3.0463	3.4626	44° 36' 00"	0° 57' 00"
Objekt seitlich unter 70°	3.0362	3.4522	44° 30' 00"	0° 55' 50"
Rechnen	3.2707	3.7189	47° 00' 00"	0° 31' 30"

Tabelle VI.  
Tageslicht.  
(J. U.) Mittelzahlen aus 8 Messungen.

	Wirkliche Größe der Pupille	Gemessene Größe des Pupillenbildes	Ablesung am Ophthalmometer	m. F.
Objekt zentral fixiert	2.8636	3.2560	42° 36' 00"	0° 50' 24"
Objekt seitlich unter 30°	2.9216	3.3219	43° 14' 24"	2° 3' 34"
Objekt seitlich unter 40°	2.9541	3.3588	43° 36' 00"	2° 40' 12"
Objekt seitlich unter 50°	2.9722	3.3795	43° 48' 00"	2° 17' 24"
Objekt seitlich unter 60°	2.9632	3.3691	43° 42' 00"	1° 26' 26"
Objekt seitlich unter 70°	2.9722	3.3795	43° 48' 00"	1° 27' 36"

Vergleicht man die Gröfse der Differenzen zwischen der Öffnung der Pupille beim direkten und indirekten Sehen auf den Tabellen III, IV und auf der Tabelle VI, so zeigt die letzte ein auffallend anderes Bild, dabei auch einen sehr grofsen mittleren Fehler. Die Erklärung dieser Eigentümlichkeit können wir nur in folgendem Umstande suchen: Die Messungen auf der Tabelle III wurden anfangs des Semesters gemacht, die Messungen der Tabelle VI erst am Schlusse, und zwar infolge der vorgerückten Zeit an einem Vormittage. Vor der Untersuchung hat sich Herr J. UBACH einer Prüfung unterzogen. Wir glauben daher, hier einfach die Resultate einer Aufregung, die durch die Prüfung verursacht wurde, zu sehen. Diese Aufregung hat sich vor allem in einer relativ grofsen Verengung der Pupille und einer grofsen Trägheit in der Reaktion der Pupille manifestiert. Im Zusammenhange damit steht auch der grofse mittlere Fehler. Für diesen Umstand spricht noch folgendes: Gleich nach dem Abschlufs der Messungen, die auf der Tabelle III angegeben sind, haben wir probeweise, um die Möglichkeit der Messungen bei Tageslicht überhaupt zu konstatieren, einzelne Messungen, die in den Tabellen nicht angegeben sind, ausgeführt. Diese, die entsprechenden Ablesungen im Mittel aus vier Messungen, ergeben:

Objekte zentral fixiert. . . . .  $47^{\circ} 18' 00''$

„ seitlich unter  $50^{\circ}$  . . . .  $50^{\circ} 54' 00''$

„ Rechnen. . . . .  $54^{\circ} 24' 00''$

also durchweg gröfsere Differenzen. Der allgemeine Charakter der Änderungen bleibt aber auch auf Tafel VI erhalten, weshalb wir sie auch angegeben haben.

Betrachtet man das Ergebnis der Tabellen I—VI, so ergibt sich, dafs die maximale Öffnung der Pupille beim seitlichen Beobachten in denjenigen Fällen zu konstatieren ist, wo das seitlich gesehene Objekt unter einem Winkel zwischen  $40^{\circ}$ — $60^{\circ}$  sich befindet; bei S. war bei Winkel  $60^{\circ}$  die Öffnung am gröfsten, bei J. UBACH bei  $50^{\circ}$ , bei Herrn Dr. BECK bei  $40^{\circ}$ .

Bevor wir zu den Ergebnissen der weiteren Untersuchung übergehen, wollen wir noch einige allgemeine Bemerkungen über das Beobachtete sagen. Die erste auffallende Beobachtung, die man bei Messungen der Pupillenöffnung macht, ist vor allem die, dafs sich die Pupille nie in Ruhe befindet. Sie ändert ihre Gröfse beständig. Dieses kann man sehr



leicht beobachten, wenn man die beiden Bilder der Pupille, die man im Ophthalmometer zu sehen bekommt, so einstellt, daß sie sich nur mit einem sehr kleinen Teil decken. Dann sieht man leicht, wie sich der zur Deckung gebrachte Streifen in seiner Breite ändert. Diese Änderung wächst beim seitlichen Sehen, verringert sich beim Nachdenken oder Rechnen. Diese Wirkung kann man auch an dem mittleren Fehler unmittelbar beobachten: bei SAWICZEWSKI, Tabelle I, ändert sich die Differenz von  $1^{\circ} 3'$  über  $1^{\circ} 49'$ ;  $1^{\circ} 42'$  und  $1^{\circ} 37'$  zu  $0^{\circ} 12' 54''$  beim Rechnen. Bei J. UBACH, Tabelle III, ist sie beim zentralen Sehen  $1^{\circ} 38' 24''$ , wächst beim seitlichen Sehen und sinkt auf  $0^{\circ} 40' 48''$  beim Rechnen; dasselbe bei Dr. BECK. Hier ist sie beim zentralen Sehen und Tageslicht  $0^{\circ} 54' 45''$  und beim Rechnen  $0^{\circ} 31' 30''$ . Individuell fallen die Schwankungen verschieden aus. Bei Dr. BECK waren sie viel geringer, als bei den beiden anderen beobachteten Personen. Dr. BECK zeigte auch in seinen Bewegungen eine gewisse Ruhe, während das allgemeine Verhalten der beiden anderen Herren viel lebhafter war.

Die Ursache dieser kleinen Schwankungen ist ohne weiteres in den kleinen Schwankungen der Akkommodation zu sehen. Darüber geben die immer zu beobachtenden Schwankungen der Bilder, die durch Spiegelung von der vorderen Linsenfläche entstehen, den besten Aufschluß. Bei der Messung der Krümmungsradien macht man sehr leicht die Wahrnehmung, daß die Spiegelbilder bei der Akkommodation und zentralem Fixieren nicht ruhig sind, sondern daß sie immer schwanken.<sup>1</sup> Diese Schwankungen können keinen anderen Grund haben, als die Schwankungen der Krümmung der Linse.

Wir haben die kleinen Ausschläge der Pupille dadurch in den Zahlen eliminiert, daß wir immer den größten Wert der Pupille bei gegebener Lage gemessen haben. Diese wurde dadurch erreicht, daß man die Pupillenbilder so zum Tangieren brachte, daß sie sich während der positiven Richtung des Ausschlages berührten. Auf solche Weise wurden alle Messungen gemacht. Es ist auch notwendig, die Messung möglichst rasch zu machen. Geschieht dies nicht, so ermüdet das Auge,

---

<sup>1</sup> Analoge Beobachtung hat auch MANDELSTAM gemacht. *Arch. f. Ophthalm.* Bd. XVIII.



was die Abspannung der Akkommodation und Vergrößerung der Ungenauigkeit jeder Messung zur Folge hat.

Außer den normalen Untersuchungen haben wir auch Untersuchungen an anomalen Augen angestellt. Der eine Patient T. war ein ca. 45jähriger Mann, der an Retinitis pigmentosa litt und infolgedessen die Fähigkeit verloren hatte, seitlich zu sehen. Die zentrale Sehschärfe normal. Die von uns gemachte perimetrische Aufnahme im horizontalen Meridian zeigte die Größe des Gesichtsfeldes nur von 7° nasal und temporal. Es mußte daher eine Untersuchung der Änderungen beim seitlichen Sehen ausfallen. Die Untersuchung der Größe der Pupille beim zentralen Fixieren und Rechnen gaben folgende Resultate als Mittelzahlen aus vier Messungen:

	W. Größe d. Pupille	G. Größe d. Pupillenbildes	Ablesung am Ophthalm.
Zentral fixiert	3.6308	4.1283	50° 43' 30"
Rechnen . . . . .	3.8860	4,4185	53° 6' 00".

Das allgemeine Resultat kam daher auch hier zum Ausdruck: beim Rechnen eine Erweiterung der Pupille. Es ist hier noch die interessante Mitteilung des Patienten wiederzugeben, daß der große Straßenlärm ihm die Orientierung auf der Straße unmöglich macht; in solchen Fällen müsse er Halt machen und abwarten, bis es ruhiger geworden ist.

Einen zweiten Fall bildete eine Patientin, die infolge einer Netzhautabhebung zentral nicht sehen konnte. Die Untersuchung ergab keine Resultate, und zwar deswegen, weil die Patientin auch die Fähigkeit verloren hatte, das Auge in einer Stellung ruhig zu halten. Aus diesem Umstande haben die versuchten Messungen kein sicheres Resultat geliefert.

Wir haben im allgemeinen uns des Kopfrechnens als eines Mittels zur Ablenkung der Aufmerksamkeit bedient, weil dies das sicherste und zweckmäßigste war. Dieselbe Erscheinung, wie beim Kopfrechnen, haben wir übrigens an Herrn SAWICZEWSKI beim Hören auf das Ticken der Uhr beobachtet; die entsprechende Zahl der Ablesung am Ophthalmometer war 56° 9', d. h. dem mittleren Werte der Zahlen, die beim Kopfrechnen erhalten wurden, sehr nahe.

Eine andere zufällige Zahl haben wir an Herrn J. UBACH erhalten, als ihm bei einer während des zentralen Fixierens gemachten Messung die Zähne aus dem Abdruck ausrutschten.



Es war eine unmittelbare Vergrößerung der Pupille zu beobachten. Die gemachte Messung giebt die Zahl  $51^\circ$ . Diese Zahl, die um  $3^\circ$  kleiner ist, als die entsprechende Zahl beim Kopfrechnen, ist jedenfalls auch zu klein gemessen, denn die Messung hat nicht in demselben Momente stattgefunden, wo die Pupille am meisten vergrößert war.

Wir sahen, daß die Untersuchungen der Pupille, welche wir nur als über den Sachverhalt orientierende Vorversuche betrachteten, die Frage offen gelassen haben, ob die Änderungen der Pupille durch einen Akkommodationsimpuls bedingt, oder ob sie ganz selbständiger Natur sind.

Die Frage konnte nur durch die Messungen der Krümmungsradien der Linsenfläche ermittelt werden, und zwar genügte die Messung an der vorderen Fläche. Die Anordnung, der wir uns bedienten, war folgende: Als Lichtquelle diente eine elektrische Bogenlampe mit schwarzem Metallgehäuse. Die Lampe sendete durch eine breite Öffnung, in welcher sich eine Sammellinse befand, einen starken Lichtkegel nach außen. Durch die Verschiebung der Linse konnte man die Breite des Kegels und mithin auch die Stärke des Lichtes in gewissen Grenzen beliebig ändern. Wir haben immer die Stärke des Lichtes bedeutend abgeschwächt. Mit Hülfe des Woinowschen Spiegelapparates<sup>1</sup> wurde das Licht in das Auge des Untersuchten reflektiert. Das durch zwei Spiegel des Apparates reflektierte Licht lieferte zwei sehr deutlich sichtbare Spiegelbilder der vorderen Linsenfläche, deren Entfernung mit Hülfe des Ophthalmometers gemessen wurde. Um die Beeinflussung des Auges durch das grell einfallende Licht möglichst abzuschwächen, und um zugleich möglichst deutliche Bilder zu bekommen, haben wir den Winkel, unter welchem das Licht ins Auge einfiel, möglichst groß gemacht. Wir bekamen dadurch sehr deutliche Bilder, was uns wiederum gestattete, die Beleuchtung abzuschwächen. Die gegenseitige Lage der Apparate war folgende: Der Woinowsche Spiegelapparat war an ein besonderes Tischchen angeschraubt. Die Horizontalstange, an welcher sich die beiden Spiegel befanden, stand senkrecht

---

<sup>1</sup> Die näheren Angaben über denselben in *Ophthalmometrische Studien*. Leipzig 1876.

zur Axe des Auges. Der Untersuchte saß an einem besonderen kleinen Tisch, der Kopf war mittelst Einbeißens fixiert. An diesem Tische wurde mittelst eines Zirkels ein Perimeterbogen gezeichnet und eingeteilt. Auf einem dritten, sehr schmalen Tische befand sich das Ophthalmometer. Die beiden Spiegel, das Auge, die Fixierflächen und das Ophthalmometer befanden sich in einer Ebene. Alle drei Tische wurden fest an den Boden und der kleine Apparat zum Einbeißen fest an den Tisch angeschraubt. Die Anordnung blieb daher für die ganze Zeit fixiert.

Zum Fixieren des Auges bediente ich mich für die Nähe eines schwarzen Quadrates von der Seitenlänge von ca. 3,5 cm, auf welches ein weißes Kreuz gezeichnet wurde, für das Fixieren in größerer Entfernung eines weißen Quadrates an der Wand, für das seitliche Sehen weißer Quadrate mit Buchstaben. Das Fixierzeichen ebenso, wie auch die zum seitlichen Sehen benutzten Quadrate wurden an kleinen Stativen befestigt und konnten leicht verschoben werden.

Im Zimmer wurden alle Läden außer einem geschlossen. Das eine offene Fenster befand sich hinter dem Untersuchten, etwas seitlich, und beleuchtete das Fixierzeichen und die bei seitlichem Sehen benutzten Quadrate.

Die fixen Distanzen bei unserer Anordnung betrugen:

1. Die Entfernung des ersten, von der Augenaxe weiter entfernten Spiegels des WOINOWSchen Apparates von dem Auge 147.55 cm.

2. Die Entfernung des anderen, näheren Spiegels 129.8 cm.

3. Die Entfernung der Spiegel voneinander 24.6 cm.

4. Die Entfernung des Fixierzeichens für die Nähe 32.2.

5. Daraus berechnet der Winkel, den die Strahlen von dem ersten Spiegel mit der Axe des Objektes, d. h. mit der Stange, an welcher die Spiegel befestigt waren  $= 51^{\circ} 24' 30'' 8$  und die Entfernung des als Ganzes betrachteten leuchtenden Objektes  $g = 115,921$ .

6. Der Winkel, welchen die Ophthalmometeraxe mit der Gesichtslinie bildete, war  $50^{\circ}$ .

Bevor wir zur Wiedergabe der unter diesen Bedingungen erhaltenen Resultate übergehen, müssen wir noch die Formel angeben, nach welcher wir die Krümmungsradien berechnet haben. Es war vor allem klar, daß wir uns nicht derjenigen



bedienen konnten, welche, durch KNAPP<sup>1</sup> aufgestellt, bis jetzt allgemein gebraucht wurde, und zwar deswegen nicht, weil die Formel KNAPPS unter der Voraussetzung der parallel einfallenden Lichtstrahlen aufgestellt wurden. Da wir aber das Objekt möglichst seitwärts aufgestellt hatten, so bildeten die Strahlen, die durch die Spiegel hineingeworfen wurden, mit der Normalen zum Objekt, d. h. der Gesichtslinie des Auges, sehr große Winkel, und wir würden einen großen Fehler gemacht haben, wenn wir diesen Winkel nicht berücksichtigt hätten. Ein weiterer Umstand, der uns zur Aufstellung neuer Formeln nötigte, war der, daß wir die Formeln, welche KNAPP aufgestellt und benutzt hat, nicht für genau halten. Wir werden dies an den Differenzen, welche bei der Berechnung mit unseren Formeln und mit denjenigen KNAPPS resultierten, leicht begründen können.

Bei der Ableitung der Formeln gingen wir von der Erwägung aus, daß die Bilder, welche mit dem Ophthalmometer unmittelbar gemessen wurden, in folgender Weise entstehen. Die Strahlen von dem Objekte ( $S_1$ ) — in unserem Falle zwei Spiegel des WOINOWSchen Apparates — werden durch die Cornea gebrochen und geben nach der Berechnung ein Bild ( $S_2$ ). Dieses Bild spiegelt sich in der vorderen Linsenfläche ab; dadurch entsteht ein neues Bild ( $S_3$ ), welches die Strahlen nach außen sendet. Diese, durch die Cornea gebrochen, geben erst das Bild ( $S_4$ ), welches gemessen wird. Bezeichnet man die Größe des Objektes mit  $S_1$ , die Größe des Abstandes des Objektes von dem Zentrum der Cornea in der Augenaxe gemessen mit  $g$ , die Größe des Abstandes des ersten Spiegels vom Krümmungsmittelpunkt der Hornhaut mit  $\gamma$ ; den Berechnungsindex der Cornea und des Kammerwassers mit  $n$ , denjenigen der Luft mit  $1$  und den Krümmungsradius der Cornea mit  $\varrho$ , so ist nach der Formel von HELMHOLTZ

$$\frac{n}{g_1} + \frac{1}{g_2} = \frac{n-1}{\varrho} \dots\dots\dots 1)$$

wo  $g_2$  Abstand des Bildes von dem Krümmungsmittelpunkt bedeutet und der Berechnungsindex der Luft gleich  $1$  gesetzt wird.

<sup>1</sup> Arch. f. Ophthalm. Bd. VI. Abt. II.





$$r - \varphi_2 = \frac{(r + \varphi_1) r}{2 (r + \varphi_1) - r} \dots\dots\dots 3)$$

Die Gröfse des Objektes wird berechnet aus

$$S_2 : S_3 = (r + \varphi_1) : (r - \varphi_2) \dots\dots\dots 4)$$

Wie bereits gesagt, wird das Bild  $S_3$  nicht unmittelbar gemessen, sondern erst sein durch die Cornea entworfenes Bild.

Sind  $\psi_2$  und  $\psi_1$  die Brennpunkte des Bildes  $S_3$  und des gemessenen Bildes  $S_4$ , so ist

$$\psi_2 = (\varphi_2 + a) \dots\dots\dots d)$$

und es entstehen die Gleichungen

$$\frac{n}{\psi_1 + \varrho} + \frac{1}{\psi_2 - \varrho} = \frac{n - 1}{\varrho} \dots\dots\dots 5)$$

und

$$S_4 : S_3 = (\psi_1 + \varrho) : (\psi_2 - \varrho) \dots\dots\dots 6)$$

Aus den Gleichungen 1, 2, 3, 4, 5, 6 und a, b, c, d kann man die Beziehung zwischen  $r$ ,  $\varrho$ ,  $S_1$ ,  $f_1$  ohne weiteres ableiten

Aus 5) ist

$$\psi_1 + \varrho = \frac{n \varrho (\psi_2 - \varrho)}{(n - 1) (\psi_2 - \varrho) - \varrho}$$

oder mit Hülfe von d

$$\psi_1 + \varrho = \frac{n \varrho (\varphi_2 - a - \varrho)}{(n - 1) (\varphi_2 + a) - n \varrho}$$

$$S_3 = \frac{(n - 1) (\varphi_2 + a) - n \varrho}{n \varrho} S_4$$

wo mit  $B$  der Winkel bezeichnet wird, den der Radius, welcher zu demjenigen Punkt der Kugeloberfläche geführt ist, auf welchen der Strahl fällt, mit der Verbindungslinie des leuchtenden Punktes mit dem Zentrum der Kugeloberfläche bildet. Sieht man aber von den sehr seitlich fallenden Strahlen ab, für welche der Winkel groß ist, welche sich aber nicht in einen Punkt vereinigen, sondern eine Rotationsfläche bilden, die durch Drehung einer Epicycloide entsteht, so ist

$$\cos B = 1$$

zu setzen, und man hat die allgemein bekannte obige Gleichung. Für unseren Fall ist der Winkel noch zu vernachlässigen.

aus 4 ist

$$S_2 = \frac{r + \varphi_1}{r - \varphi_2} \frac{(n - 1)(\varphi_2 + a) - n\varrho}{n\varrho} S_4$$

und aus 3

$$\varphi_2 = \frac{r\varphi_1}{r + 2\varphi_1}$$

so ist

$$S_2 = \frac{(n - 1)(r\varphi_1 + ar + 2a\varphi_1) - n(r + 2\varphi_1)\varrho}{nr\varrho} S_4$$

daraus

$$r = \frac{2\varphi_1 \{(n - 1)a - n\varrho\} S_4}{n\varrho(S_2 + S_4) - (n - 1)(a + \varphi_1) S_4} \dots \dots \dots 7)$$

Wir haben uns bei der Berechnung dieser Formeln bedient. Will man nun diese noch mit Hülfe der Gleichungen 1 und  $2\varphi_1$  und  $S_2$  eliminieren, so bekommt man

$$r = \frac{-[2f_1 \{n\varrho - (n - 1)a\} + a\varrho] [(n - 1)a - n\varrho] S_4}{n\varrho[\varrho S_1 - \{(n - 1)f_1 - \varrho\} S_4] - (n - 1)[a\{(n - 1)f_1 - \varrho\} - f_1 \{n\varrho - (n - 1)a\} + a\varrho] S_4} 8)$$

Man sieht, daß es leichter ist, die Werte  $\varphi_1$  und  $S_2$  einzeln zu berechnen, da sie für jedes Auge bei fester Anordnung konstant sind, und dann mittelst der Formel 7 das  $r$ , als es unmittelbar mit Hülfe der Formel 8 zu thun.

Wir haben bereits hervorgehoben, daß die bis jetzt allgemein benutzte und von KNAPP aufgestellte Formel nicht ganz genau ist. Der Grund liegt in den Annahmen, welche KNAPP gemacht hat. Die erste, welche nur einen relativ geringen Fehler verursachte, war die Annahme, daß die Strahlen von dem Objekte parallel ins Auge hineinfallen. Diese Annahme kann mit geringem Fehler dann gemacht werden, wenn das Objekt symmetrisch zur Axe des Auges liegt. Sie war schon bei unserer Anordnung, wo das Objekt möglichst seitlich hinausgeschoben wurde, nicht zulässig. KNAPP hat aber noch weitere Annahmen gemacht. Er hat bei Berechnung des Wertes für Gleichung 2 angenommen, daß die Strahlen durch die Cornea hindurchgehen, ohne gebrochen zu werden. Auf Grund dieser Annahme hat er den Abstand des Linsenscheitels von dem Corneascheitel als eine im Vergleich zum ganzen Abstand sehr geringe Größe vernachlässigt. Daraus



wurde der Wert für die Hauptweite der spiegelnden Fläche der Linse aus der Gleichung 2

$$= \frac{h \beta}{B}$$

bestimmt, wo  $h$  den Abstand des Objektes von dem Auge,  $\beta$  die gemessene Gröfse des Spiegelbildes und  $B$  die Gröfse des Objektes bezeichnet. Die Gröfse wurde dann für weitere Berechnungen benutzt. Diese Annahme ist aber nicht zulässig, weil man 1. außer acht läßt, daß zur Spiegelung erst dasjenige Bild gelangt, welches nach der ersten Brechung durch die Cornea entsteht. Der Abstand dieses Bildes von der Linsenfläche wird aber in Millimetern und nicht in Metern ausgedrückt. Infolgedessen ist die vernachlässigte Gröfse nicht unendlich klein im Vergleich zu dem Abstände und muß in Berechnung gezogen werden. 2. KNAPP nimmt an, daß das gemessene Bild seiner Gröfse nach dem von der Linsenfläche reflektierten gleich ist. Dies ist aber auch nicht der Fall, denn gemessen wird, wie wir auseinandergesetzt haben, das Bild nicht unmittelbar nach der Reflexion, sondern nach einer nochmaligen Brechung durch die Cornea.

Die Bestimmung des Wertes von  $q$  ist daher falsch. Die weitere Korrektur, die dadurch bedingt wird, daß man den Wert für  $r$  nicht aus  $q$  direkt, sondern mittelst  $q$  berechnet, kann den Fehler nicht ausgleichen.

Berechnen wir in unserem Falle<sup>1</sup> die Werte für  $r$  mit den Formeln von KNAPP, so ist

$$F_1 = 22.515; F_2 = 30.112,$$

bei der Gröfse des Bildes  $\beta = 1.0797$

$$q = -5.0878$$

aus

$$r = - \frac{q (F_2 - a)^2}{\frac{1}{2} F_1 F_2 - q (f_2 - a)}$$

---

<sup>1</sup> Der Versuch, die fremden Resultate mit unseren Formeln zu berechnen, mußte aufgegeben werden, da nirgends genügende Angaben zu finden waren, die die Nachprüfung gestatteten; die umfangreichsten Angaben macht MANDELSTAM (*Arch. f. Ophthalm.* Bd. XVIII), doch auch diese sind nicht ausreichend.

ist

$$r = 7.6305 ;$$

wir haben gefunden

$$r = 10.6898.$$

Ist das Bild

$$\beta = 1.9226,$$

so ist

$$q = 9.0597$$

und

$$r = 11.106.$$

Wir haben gefunden

$$r = 19.1006.$$

Auf einen weiteren Umstand müssen wir noch aufmerksam machen. Nach den Brechungsgesetzen muß man annehmen, daß das Bild immer parallel zum Objekt bleibt. Es ist daher nicht gleichgültig, unter welchem Winkel zu der Normalen auf das Objekt das Ophthalmometer aufgestellt ist. Die Größe, welche man mit dem Ophthalmometer mißt, ist durch die Strecke bestimmt, welche der parallel zu sich selbst verschobene Strahl von einem Endpunkt des Objektes bis zu dem anderen durchläuft. Diese Strecke ist auf der Senkrechten zu dem verschobenen Strahl gemessen. Sie fällt mit der Größe des Bildes nur dann zusammen, wenn der verschobene Strahl senkrecht zu dem Bilde steht; in allen übrigen Fällen wird sie kürzer, und zwar ist die wirkliche Größe des Bildes gleich der gemessenen, dividiert durch den Cosinus des Winkels, den die Axe des Ophthalmometers mit der Senkrechten zu dem Objekte, die zugleich auch die Senkrechte zum Bilde ist, einschließt. Bei unserer Anordnung war der Winkel der Axe des Ophthalmometers mit der Senkrechten zu der Stange, auf welcher die Spiegel befestigt waren,  $50^\circ$ . Wir haben daher die direkt durch Messung bestimmten Größen noch durch  $\text{Cos. } 50^\circ$  dividiert.

Es war uns unmöglich, die Nachprüfung fremder Resultate mit Berücksichtigung dieses Umstandes durchzuführen, da wir nirgends eine Erwähnung von diesem Winkel gefunden haben. Wir glauben dadurch aber erklären zu können, warum REUSS,



der bei seiner Anordnung einen sehr kleinen Winkel gehabt hat, durchweg gröfsere Zahlen bekommen hat.<sup>1</sup>

Die von uns bekommenen Zahlen unter den schematischen Annahmen für  $\varrho = 7.6$ , für  $a = 3.430$  und für  $n = 1.3376$  liefern Zahlen, die in den Tabellen VII und VIII zusammengestellt sind.

Tabelle VII.  
(J. U.) Auge schwach hypermetropisch.  
Jede Zahl im Mittel aus 30 Messungen.

	r der Linse	Wirkliche Gröfse des Bildes	Gemessene Gröfse des Bildes	Ablesung am Ophthalmo- meter	m. F.
Zentral . . . . .	10.6898	1.0797	0.69401	10° 42' 00"	0° 30' 00" 0
Seitlich 40° . . .	12.3401	1.2455	0.80062	12° 16' 12"	0° 46' 55" 2
Seitlich 70° . . .	12.0440	1.2158	0.78151	11° 58' 48"	0° 36' 7" 2
Re . . . . .	12.0984	1.2208	0.78471	12" 1' 48"	0° 48' 00" 0
C <sub>1</sub> . . . . .	15.4830	1.5608	1.00330	15° 15' 00"	0° 47' 45" 6
C <sub>2</sub> . . . . .	17.0620	1.7188	1.09750	16° 42' 54"	0° 48' 25" 2
Re <sub>1</sub> . . . . .	19.1006	1.9226	1.23580	18° 34' 30"	1° 13' 12" 0

Die Abkürzungen bedeuten: Zentral=Fixieren des Zeichens in 32,2 cm, C<sub>1</sub>=Fixieren eines Punktes in 384 cm Entfernung, C<sub>2</sub>=Fixieren eines Punktes in der Entfernung von etwa 15 m, Re=Rechnen beim Fixieren des Punktes in 32.2 cm, Re<sub>1</sub> Rechnen beim Fixieren des Punktes in 382 cm Entfernung.

Tabelle VIII.  
(Dr. B.) Auge 3 D Myopie.  
Jede Zahl im Mittel aus 20 Messungen.

	r der Linse	Wirkliche Gröfse des Bildes	Gemessene Gröfse des Bildes	Ablesung	m. F.
Zentral . . . . .	10.5908	1.0697	0.68762	10° 34' 48"	0° 13' 48" 8
Seitlich 40° . . .	11.8107	1.1923	0.76644	11° 45' 40"	0° 31' 48" 0
Seitlich 70° . . .	11.7218	1.1834	0.76070	11° 40' 30"	0° 24' 00" 0
C <sub>1</sub> . . . . .	12.2090	1.2324	0.79216	12° 8' 42"	0° 26' 2" 4
R . . . . .	12.5585	1.2675	0.81472	12° 28' 48"	0° 36' 36" 0

Der Fernpunkt ist beim Fixieren des Punktes in 382 cm erhalten.

<sup>1</sup> Vergl. Arch. f. Ophthalm. Bd. XXIII u. XXVI.

Wie der Vergleich mit den Zahlen, welche in den HELMHOLTZschen Laboratorien gefunden wurden, zeigt, sind unsere Zahlen durchweg gröfser. Der Grund dafür liegt in der von uns für nötig gehaltenen Korrektur. Würden wir diese nicht gemacht haben, so würden, wie man aus dem Vergleich der Gröfsen der Bilder leicht ersehen kann, die Werte für  $r$  bei J. UBACH etwa zwischen 6.8 mm und 12.2 mm, und dieselben Werte für  $r$  bei Dr. BECK etwa zwischen 6.7 mm und 8.0 mm schwanken.

Eigentümlich sind die Werte für das Auge bei J. UBACH, dessen Auge beim Untersuchen mit dem Augenspiegel schwach hypermetropisch gefunden wurde. Sie können zwar nicht auf absolute Genauigkeit Anspruch erheben, und zwar aus dem Grunde, weil wir für  $\rho$  und  $a$  die Werte angenommen und nicht für das Auge besonders berechnet haben. Dieser Fehler wird aber sehr gering sein und alle Zahlen in demselben Mafse beeinflussen, so dafs die allgemeinen Resultate nicht geändert werden. Vor allem sind die Werte für die Krümmungsradien bei Fernsehen sehr grofs. Das Auge akkommodierte auf die Entfernung von 182 mm und vermutlich auf die Entfernung von 15 m. Die entsprechenden Zahlen übersteigen aber auch die gröfsten von REUSS. Die Zahlen von REUSS, die mit den Formeln von KNAPP berechnet wurden, werden aller Wahrscheinlichkeit nach auch gröfser ausfallen, wenn man sie mit unseren Formeln berechnet. Der geringe mittlere Fehler zeigt weiter auf die gröfsere Genauigkeit der Messungen als die bisher allgemein erreichte; der Beobachtungsfehler übersteigt nicht 5%, während derselbe Fehler bei den Untersuchungen im HELMHOLTZschen Laboratorium 11% war.

Bei der Untersuchung der Pupille mufsten wir die Frage: was bedingt die Änderungen der Pupille beim seitlichen Sehen? offen lassen. Die jetzt angegebenen Tabellen beantworten diese Frage unzweideutig: Es ändert sich der Akkommodationszustand des Auges, wenn nicht der zentral gesehene Punkt fixiert, sondern die Aufmerksamkeit einem seitlich gelegenen zugewendet wird. Das Auge akkommodiert überhaupt nicht mehr, wenn die Aufmerksamkeit durch Rechnen beansprucht wird, trotzdem die Sehrichtung unverändert geblieben ist.

Da wir an einzelnen Beispielen, die an der Pupille beob-



achtet wurden, gesehen haben, daß dieselbe Vergrößerung der Pupille zu beobachten war, wenn der Untersuchte dem Ticken der Uhr zuhörte oder durch Abrutschen der Zähne in Anspruch genommen war, so können wir im allgemeinen sagen: wird die Aufmerksamkeit durch nicht-optische Eindrücke in Anspruch genommen, so verliert das Auge seinen Akkommodationszustand.

Von besonderem Interesse ist noch eine Beobachtung, welche an Hrn. J. UBACH gemacht wurde. Vergleichen wir die Gröfse des Krümmungsradius beim Rechnen, während das Auge auf das Fixierzeichen in der Entfernung von 32.2 cm gerichtet wurde, so ist die Zahl kleiner als beim seitlichen Sehen, und bedeutend kleiner als diejenige, welche beim Rechnen gefunden wurde, wenn das Auge auf den Punkt in 382 cm Entfernung gerichtet war. Die relative Kleinheit der Zahl wird durch die Angabe des Hrn. J. UBACH erklärt, daß er bei den schwierigen Rechnungen sich die Zahlen auf dem Fixierpapier aufgeschrieben dachte, um sich auf solche Weise das Behalten der einzelnen Zahlenreihen im Kopfe zu ermöglichen. Dies konnte bei dem nahen Fixierpunkt infolge der kleinen Distanz, welche die Entfernung des Buches beim Lesen oder des Papiere beim Schreiben nicht viel überstieg, sehr leicht geschehen. Bei der zweiten Gruppe der Rechnungen war dies infolge der großen Entfernung schwer zu machen. Die Rechnungen wurden ohne das Hilfsmittel gemacht, und deswegen sind die letzten Zahlen durchwegs größer. Vergleicht man die entsprechenden Zahlen der Pupillenöffnung, so sieht man auch, daß dort überall die größten Werte beim Rechnen zu beobachten waren, d. h. daß die Abflachung der Linse während des Rechnens auch dort immer die größte war. Es bleibt noch die Frage zu beantworten, ob die Linse während des Kopfrechnens in denjenigen Ruhestand zurückkehrt, welcher dem Fernsehen entspricht. Auf Grund der gegebenen Daten muß man annehmen, daß die Abflachung der Linse noch größer als beim Fernsehen ist, daß also die Linse diejenige Form annimmt, welche künstlich bei der Behandlung mit Atropin zu erhalten ist.<sup>1</sup> Vergleicht

---

<sup>1</sup> FUCHS (*Lehrbuch der Augenheilkunde*, Leipzig-Wien 1893) sagt folgendes: „Die Einträufelung von Atropin hat nebst der Lähmung der Akkommodation auch noch eine leichte Änderung der Refraktion zur Folge. Die-

man nämlich die Gröfse des Krümmungsradius bei Dr. BECK bei der Fixierung des Punktes in 382 cm Entfernung mit demjenigen beim Rechnen, so ist der zweite etwas gröfser. Da aber Dr. BECK Myope von 3  $D$  ist, so liegt sein Fernpunkt in 33.33 cm. Er mufs daher den Punkt in 382 cm schon akkommodationslos sehen. Die Gröfse des Krümmungsradius beim Rechnen ist aber noch gröfser als beim Fixieren auf 382 cm Entfernung.

Ganz dieselbe Erscheinung ergibt sich bei Hrn. J. UBACH während des Rechnens, wenn das Auge auf den Punkt in der Entfernung von 382 cm gerichtet ist. Hier bekommen wir die auffallend grofse Zahl 19,1 mm, eine Zahl, die auch diejenige übersteigt, welche erhalten wurde, wenn das Auge einen Punkt in 15 m Entfernung fixierte, und wo Hr. J. UBACH angab, dafs er keine Akkommodationsspannung fühle.

Vergleicht man den mittleren Fehler bei den einzelnen Gruppen von Beobachtungen, so sieht man, dafs er am geringsten beim Fixieren des Punktes in 32.2 cm ist, und dafs er bei den anderen Zahlen wächst. Die Zunahme des Fehlers ist erstens durch die Zunahme der Gröfse und der Undeutlichkeit der Spiegelbilder bei wachsendem Krümmungsradius bedingt. Besonders grofs und verwaschen waren die Bilder bei Hrn. J. UBACH in der letzten Gruppe. Daher auch trotz der relativen Ruhe, in der das Auge sich befand, der sehr grofse Beobachtungsfehler.

Die kleinen Bewegungen der Bilder bei Akkommodation haben wir schon beschrieben; zu erwähnen sind noch die kleinen Rollungen des ganzen Augapfels von oben nach unten, die beim seitlichen Sehen zu beobachten waren, und die bei Hrn. J. UBACH stärker zum Ausdruck kamen als bei Hrn. Dr. BECK.

Einer weiteren Untersuchung wurde die Änderung der Konvergenz der beiden Augen unterworfen. Um mich über die allgemeine Tendenz der Konvergenz zu orientieren, habe ich, durch Hrn. Prof. EXNER veranlaßt, folgenden Versuch angestellt: In vollständig dunklem Zimmer wurde, 40 cm von

---

selbe wird nämlich etwas niedriger. Bestand z. B. vorher Emmetropie, so ist das Auge nach der Atropinisierung in leichtem Grade hypermetropisch.“ (S. 746.)



meinen Augen entfernt, ein schmaler Papierstreifen von 6 mm Breite und bis 30 mm Länge so aufgestellt, daß er von der Seite mittelst eines elektrischen Funkenapparates beleuchtet werden konnte. Letzterer wurde mit Hülfe eines kleinen schwarzen Papierschirmes vor dem Auge verdeckt, so daß das Auge den Funken nicht zu sehen bekam. Hinter dem Streifen befand sich ein schwarzer Pappenschirm; das Stativ, auf welchem der Streifen befestigt wurde, war auch mit einem solchen Schirm verdeckt. Um mich über die Lage der Doppelbilder, die ich zu sehen bekam, zu orientieren, legte ich eine zweifarbige Brille aus Plangläsern an. Nachdem ich mich von der Lage des Streifens bei Kerzenlicht orientiert hatte, löschte ich das Licht aus und bemühte mich, den Streifen im Dunklen zu fixieren. Wenn ich die richtige Konvergenzstellung erreicht zu haben glaubte, ließ ich den Funken überspringen. Bei allen Versuchen habe ich immer gekreuzte Doppelbilder von etwa 3—4 mm Entfernung bekommen. Ich änderte die Entfernung des Kopfes vom Streifen auf die Entfernung von 30 bis 60 cm, bekam immer dasselbe Resultat. Die Doppelbilder vereinigten sich zu einem Bilde erst dann, wenn die Funken so rasch aufeinanderfolgten, daß ich mit Hülfe der Nachbilder konvergieren konnte.

Nun wurde der Streifen mit einer Hand festgehalten und dann fixiert. Auch in diesem Falle bekam ich Doppelbilder, aber in einer geringeren Entfernung. Bald tangierten sie sich, bald deckten die beiden Bilder einander teilweise, bald waren sie in einer Entfernung von etwa 0,5 mm voneinander zu sehen.

Die einfachen Bilder bekam ich erst dann zu sehen, wenn ich den Streifen mit beiden Händen festhielt. Erst dann gelang es mir, bei sehr angestrengtem Sehen, keine Doppelbilder zu bekommen. Es mußte dabei der Streifen festgehalten werden. Versuchte ich denselben in den Händen zu drehen, so bekam ich sich teilweise deckende Doppelbilder.

Aus den erhaltenen Resultaten geht hervor, daß die Konvergenz beim Fixieren im Dunklen eine ungenügende war; die beiden Augenachsen schnitten sich hinter dem fixierten Punkte. Man ist also nicht im stande, die Augen ohne die Mitbestimmung des Objektes oder anderer Hilfsmittel in eine bestimmte Konvergenzstellung

zu bringen. Die Augenaxen weichen dann immer in der Richtung der Parallelstellung voneinander ab.

Die subjektiven Eindrücke, die ich dabei gehabt habe, sind folgende: Beim einfachen Fixieren habe ich immer das Gefühl gehabt, als ob ich einen Punkt fixierte, der näher war, als der Papierstreifen. Dieses Gefühl war nicht zu unterdrücken, wenn ich auch von dem Entgegengesetzten durch Beobachtung überzeugt war.

Beim Halten des Streifens mit einer Hand entstand ein Gefühl, als ob jetzt die eine Richtung, in welcher sich der Streifen befand, gegeben wäre. Das Auge konnte aber nicht den Punkt in dieser Richtung bestimmen. Eine volle Bestimmtheit trat beim Halten des Streifens mit beiden Händen ein; hierbei fühlte man, daß der Punkt durch zwei sich schneidende Richtungen vollkommen fest bestimmt ist.

Zur Untersuchung des Verhaltens der Konvergenz beim Rechnen habe ich die Messung direkt an den Herren J. UBACH und Dr. BECK gemacht. Die Messung wurde mit einem Fernrohr mit Skala gemacht. Die beiden Herren fixierten zuerst einen Punkt in 32,2 cm Entfernung mit beiden Augen. Es wurde die Lage des einen Auges auf der Skala des Fernrohrs bestimmt, dann ein Rechnungsexempel gegeben und beobachtet, inwiefern sich das Auge verschiebt. An einem später an die Stelle des Auges gestellten Maßstabe wurde dann die lineare Verschiebung des Augapfels bestimmt: sie betrug in beiden Fällen 0,5 bis 1 mm. Nimmt man daher an, daß der Drehpunkt des Auges sich in einer Entfernung von etwa 14 mm vom Hornhautscheitel befindet, so ergibt dies eine Drehung um 2—4° temporalwärts.

Fassen wir alle Resultate der Untersuchung zusammen, so lautet diese:

1. Die Akkommodation des Auges ist nicht unabhängig davon, ob der zentrale oder periphere Teil des Gesichtsfeldes angeschaut wird. Bei der Anschauung der Objekte in den seitlichen Teilen des Gesichtsfeldes ändert sich die Akkommodation, trotzdem der Abstand der angeschauten Objekte derselbe bleibt, wie der der zentral gesehenen. Die Änderung offenbart sich in der Abflachung der Linse und in der Vergrößerung der Pupille.



2. Wird die Aufmerksamkeit nicht-optischen Eindrücken zugewendet, so wird das Auge akkommodationslos, es kann sogar eine noch stärkere Abflachung der Linse eintreten, wie beim Fernsehen.

3. Der Krümmungsradius nimmt beim seitlichen Sehen mit dem Winkel, unter welchem sich das Objekt zur Axe befindet, anfangs zu, von dem Winkel  $50^\circ$  an ab. Diese Änderungen sind relativ gering.

4. Wird die Aufmerksamkeit von den optischen Eindrücken abgewendet, so ändert sich die Konvergenz der Augenaxen. Diese nähern sich der Parallelstellung.

### III.

Unsere Untersuchung hat die Änderungen, welche bei dem Auge zu beobachten sind, festgestellt. Es muß nun die physiologische Bedeutung der beobachteten Resultate ermittelt und das Verhältnis des Ermittelten zu denjenigen Angaben, welche über die Erscheinungen der Aufmerksamkeit gemacht werden, festgestellt werden.

Die Bedeutung der genauen Akkommodation ist bekannt und bedarf keiner näheren Begründung. Die Strahlen, welche ein Objektpunkt entsendet, vereinigen sich nach den Brechungen durch das dioptrische System des Auges zu einem Bilde des Punktes. Die Akkommodation bewirkt, daß dieses Bild mit der Retinafläche zusammenfällt. Dadurch wird die Wirkung des Reizes eine möglichst groÙe sein, denn alle Strahlen, die von einem Punkte des Objektes ausgegangen sind, werden in einem Punkte auf der Retina vereinigt, d. h. auf einen Punkt der Retina wirken. Es wird dadurch auch die möglichst groÙe Deutlichkeit erzielt, denn die einzelnen Punkte wirken distinkt auf die Retina ein. Der allgemeine Effekt einer genauen Akkommodation läßt sich daher dahin aussprechen: die Einwirkung der Lichtstrahlen geschieht unter den möglichst günstigsten Bedingungen. Ziehen wir noch das Sehen mit beiden Augen in Betracht, so schneiden sich die Augenaxen in dem fixierten Punkte. Infolgedessen fallen die Strahlen auf die korrespondierenden Punkte der Netzhaut, was die Gesamtwirkung noch erhöht. Das genaue Konver-

gieren der Augen vergrößert in sehr hohem Grade die Günstigkeit der Bedingungen, unter welchen der Eindruck wirkt.

Betrachten wir die Bedingungen der Einwirkung der zentral einfallenden Strahlen bei einer ungenauen Akkommodation, wie in den Fällen, wo das Objekt seitlich betrachtet wurde. In diesem Falle war der Krümmungsradius der Linse größer, die Linse flacher. Infolgedessen rückt das optische Bild des unverändert gebliebenen Objektes nach rückwärts. Das Bild kommt nicht auf die Retina zu liegen. Jetzt wird einem Punkte des Objektes nicht ein Punkt, sondern ein Zerstreuungsbild auf der Retina entsprechen. Die Strahlen, die von einem Punkte ausgehen, wirken nicht auf einen Punkt der Retina, sondern auf eine Fläche derselben, auf diejenige Fläche, auf die der Zerstreuungskreis fällt. Die Einwirkung der Strahlen auf je einen Punkt der Retina wird daher abgeschwächt. Werden die Strahlen nicht von einem Punkte, sondern von einem Objekte ausgesandt, so ist das Verhalten dasselbe. Jeder Punkt des Objektes liefert einen Zerstreuungskreis. Das Bild verliert an Deutlichkeit. Die Zerstreuungskreise werden jetzt nicht mehr so genau voneinander abgegrenzt, wie es früher die Punkte waren. Die Ränder greifen vielmehr ineinander über, und das Ganze wird nicht nur abgeschwächt, sondern auch undeutlich. Mit der Änderung der Linse vergrößert sich zwar gleichzeitig auch die Pupille, was die Anzahl der auffallenden Strahlen vergrößert. Dieses Moment trägt aber nur zur Vergrößerung der Zerstreuungskreise bei und nicht zur Stärkung der Einwirkung auf die distinkten Punkte der Retina.

Nimmt die Abflachung der Linse noch weiter zu, so vergrößern sich die Zerstreuungskreise, das Licht eines Punktes wirkt auf noch größere Retinaflächen, und es wird daher die charakteristische Reizung eines Retinapunktes noch mehr abgeschwächt. Die Verschwommenheit des Bildes nimmt stetig zu.

Es entsteht die Frage, die wir vorläufig nicht beantworten können: Wie groß wird der Zerstreuungskreis des Lichtes, das von einem Punkte in 32.2 cm Entfernung kommt, wenn die Linse eine Abflachung angenommen hat, wie die, welche beim Kopfrechnen bei den beiden untersuchten Herren zu beobachten war? Dafs sie eine sehr beträchtliche ist, ergibt sich aus der



bedeutenden Differenz in der Größe der Krümmungsradien. Die genaue Bestimmung könnte man nur auf Grund der genauen Kenntnis aller Krümmungsradien und Entfernungen des Auges machen. Wir haben während der Untersuchung geglaubt, die früheren Daten benutzen zu können. Nachdem aber die Berechnungen der Krümmungsradien der vorderen Fläche die bereits hervorgehobenen Differenzen zwischen unseren und fremden Resultaten zu Tage gefördert hatten, und nachdem dieselben Unterschiede aller Wahrscheinlichkeit nach auch bei den Messungen der Krümmungsradien der hinteren Fläche analoge Differenzen zur Folge haben werden, müssen wir vorläufig auf eine Beantwortung dieser Frage verzichten.

Unsere Untersuchungen geben an, daß die Krümmung der Linse beim seitlichen Sehen kleiner als beim zentralen Fixieren ist. Wir müssen die Bedeutung dieser Erscheinung nicht nur für das zentral einfallende Licht, sondern auch für das von der Seite kommende untersuchen.

Nimmt man im allgemeinen an, daß ein Strahl durch eine Anzahl brechender Medien hindurchgeht und summiert die Produkte der Längen der Wege, die der Strahl in jedem Medium zu durchlaufen hat, mit dem entsprechenden Brechungs-exponenten, so bekommt man nach HELMHOLTZ<sup>1</sup> die optische Länge des Strahles.

Das allgemeine Brechungsgesetz besagt dann, daß die Lichtstrahlen, welche von einem Punkte ausgehen und durch beliebig viele Flächen von kontinuierlichen Krümmungen gebrochen werden, sich so zu einem Bilde vereinigen, daß die Strahlen des Bildes senkrecht zu derjenigen Fläche stehen, für welche sämtliche optische Längen der Strahlen einen konstanten Wert haben. Die Fläche ist die Wellenfläche. Wenn die Strahlen zentral auffallen und das brechende System durch ein System kugelig, kontinuierter Flächen abgegrenzt ist, so bildet die Wellenfläche eine Kugelfläche, und die Strahlen, die dann normal zu einer Kugelfläche stehen, vereinigen sich in einem Punkt. Ist eine der Abgrenzungsflächen der brechenden Medien etwa eine Zylinderfläche, so wird das System ein astigmatisches genannt, und man bekommt Bilder, wie sie beim astigmatischen Auge auch beim zentral auffallenden Licht

---

<sup>1</sup> *Physiol. Optik.* S. 238 ff.

zu finden sind, d. h. die Strahlen schneiden sich nicht in einem Punkte, sondern in zwei Linien, die senkrecht zu einander stehen.

Ein astigmatisches Bild liefern auch die seitlich einfallenden Strahlen bei Medien, die durch kugelige, zentrierte Flächen getrennt sind.

Mit der Untersuchung der Brechung der seitlich einfallenden Strahlen hat sich L. HERMANN eingehend beschäftigt<sup>1</sup> und die allgemeinen Formeln für die Brennweite aufgestellt.

Für unsere Angaben werden wir uns aber nur auf die Formeln beschränken, die unter besonderen Annahmen gemacht sind, und zwar aus dem Grunde, weil die Untersuchung mit vollständigen Formeln keine so übersichtlichen Resultate liefert, wie mit den gekürzten. Das Resultat bleibt in beiden Fällen, wie wir uns überzeugt haben, dasselbe.

Wir heben daher nur diejenigen Formeln heraus, die unter der Annahme gefunden wurden, 1. daß die Strahlen durch den optischen Mittelpunkt der Linse hindurchgehen, und 2. daß die Strahlen parallel auffallen. Unter diesen Voraussetzungen bekommt man für die Abstände der beiden Brennpunkte folgende Ausdrücke:

$$p_1 = \frac{\varrho}{\zeta} \cos^2 \varphi \frac{n \varrho \cos^2 \psi - \delta \zeta}{n (r + \varrho) \cos^2 \psi - \delta \zeta}.$$

$$p_2 = \frac{\varrho}{\zeta} \frac{n \varrho - \delta \zeta}{n (r + \varrho) - \delta \zeta}$$

Hierbei sind  $p_1$  und  $p_2$  die Entfernungen der beiden Brennpunkte,  $r$  Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche,  $\varrho$  Krümmungsradius der hinteren Linsenfläche,  $\delta$  das zwischen beiden Linsenflächen eingeschlossene Stück des Strahles,  $\varphi$  der Einfallswinkel des Strahles auf die vordere,  $\psi$  der Einfallswinkel des gebrochenen Strahles auf die zweite Linsenfläche,  $\zeta = n \cos \psi - \cos \varphi$  und  $n$  der Brechungsindex der Linse.

Den optischen Wert des Systems drückt die Entfernung der beiden Bildlinien  $p_1 - p_2$  aus; es bleibt daher zu unter-

---

<sup>1</sup> Die Gratulationsschrift der medizinischen Fakultät der Universität Zürich zum 25jährigen Professorjubiläum C. Ludwigs. Zürich 1874. Ferner drei Aufsätze in *Pflügers Arch.* Bd. XVIII. Bd. XX. u. Bd. XXVII.



suchen, wie sich der Wert  $p_2 - p_1$  ändert mit der Änderung der Krümmungsradien und des Einfallswinkels.

Um diese Untersuchung möglichst zu vereinfachen, nehmen wir an, daß die Änderung der zweiten Linsenkrümmung proportional den Änderungen der ersten ist, und setzen daher  $\varrho = \alpha r$ , wo  $\alpha$  der Proportionalitätsfaktor ist. Dieselbe Annahme machen wir in Bezug auf die Dicke der Linse. Auch von dieser nehmen wir an, daß sie sich in gewissem Verhältnis zu dem vorderen Krümmungsradius ändert, und setzen  $\delta = \beta r$ , es wird dann

$$p_2 - p_1 = r \left[ \frac{\alpha (\alpha n - \beta \zeta)}{\zeta \{n(1 + \alpha) - \beta \zeta\}} - \frac{\alpha \cos^2 \varphi (n \alpha \cos^2 \psi - \beta \zeta)}{\zeta \{n(1 + \alpha) \cos^2 \psi - \beta \zeta\}} \right].$$

Da der Ausdruck in den Klammern von  $r$  unabhängig ist, so ergibt sich, daß der Wert  $p_2 - p_1$  dem Werte für  $r$  (bei gegebenen Einfallswinkel und gegebenen Index) proportional ist. Er wächst und fällt mit  $r$ .

Die Abhängigkeit des Wertes  $p_2 - p_1$  von dem Einfallswinkel hat HERMANN bereits abgegeben und mit einer experimentellen Untersuchung bei einer Linse von der Brennweite 175 mm und bei Entfernung des Lichtpunktes von 500 mm bestätigt. Das Resultat war, daß die GröÙe des Wertes für  $p_2 - p_1$  bis zum  $\varphi = 50^\circ$  beständig zunimmt und sehr langsam fällt, wenn der Winkel vergrößert wird.

Bei der Bestimmung der Güte des Systems nimmt HERMANN an, daß die Güte umgekehrt proportional der GröÙe der Entfernung beider Brennweiten ist. Dieser Bestimmung können wir uns nur anschließen, wenn man mit der optischen Güte nicht zugleich die physiologische Bedeutung derselben in Betracht zieht. Denn für die letztere ist vor allem von Bedeutung, wie sich die Punkte auf der Netzhaut vereinigen. In dieser Hinsicht ist zuerst von Bedeutung, ob eine der Brennlinien auf die Retina fällt oder, wenn dies nicht der Fall ist, wie sich die Zerstreuungsellipsen mit den Änderungen des Wertes  $p_2 - p_1$  ändern. Es liegt die Annahme nahe, daß in diesem Falle die große Entfernung der beiden Brennlinien physiologisch vorteilhafter ist, als eine geringe. Die Beantwortung dieser und der damit verknüpften Fragen müssen wir hinausschieben.

Die Frage, ob eine Art der Akkommodation des Auges auf

die Entfernung auch bei seitlichem Sehen stattfinden kann, müssen wir offen lassen. Genaue Akkommodation wird wohl ausgeschlossen sein, eine approximative ist denkbar.

Nachdem wir die Art und Bedeutung der Änderungen, die am Auge zu beobachten sind, festgestellt haben, bleibt nur noch übrig, den Zusammenhang dieser Änderungen mit den Aussagen, welche über die Aufmerksamkeit gemacht werden, festzustellen. Diese sind am genauesten bekannt und mitgeteilt worden.

Berücksichtigen wir nur diejenigen Mitteilungen, welche in Zusammenhang mit unseren Untersuchungen gebracht werden können, so besagen diese zuerst, daß die zentral gesehenen Objekte undeutlich und schwach werden, wenn die indirekt gesehenen Teile des Objektes beschaut werden. Diese Angaben stehen in unmittelbarem Zusammenhange mit dem bereits Auseinandergesetzten. Die zentral gesehenen Objekte werden undeutlich, weil die Form der Linse eine derartige wird, daß sie das deutliche Sehen nicht zuläßt.

Auch die Angabe, daß bei dem direkten Sehen das seitwärts sich Befindende unbemerkt bleibt, steht mit den gefundenen Resultaten in einer direkten Beziehung. Nimmt man an, daß die beobachtete Änderung der Linse für das indirekte Sehen vorteilhaft ist, so muß man auch annehmen, daß die optischen Bedingungen, unter welchen der von der Seite kommende Strahl einwirkt, weniger vorteilhaft werden, wenn diese Änderung nicht stattfindet. Die genaue Untersuchung hierüber werden wir nächstens mitteilen.

Die weiteren Angaben über die Aufmerksamkeit lauten dahin, daß sie gleichzeitig nur von einer Art von Eindrücken beansprucht werden kann. Bilden die optischen Eindrücke den Gegenstand der Erlebnisse, so weiß man von den akustischen nichts u. s. w. Die gelieferten Resultate geben uns die Möglichkeit, auch dieser Erscheinung näher zu treten. Wir haben gesehen, daß beim Kopfrechnen die Linse die größte Abflachung erlitten hat, die Augenaxen der Parallelstellung sich näherten. Zieht man noch die hervorgehobene Ruhe der Linse in Betracht, so ersieht man leicht, daß durch passende Stellung des Kopfes dem Auge eine Richtung gegeben werden kann, welche das Auge gewissermaßen vor der Lichteinwirkung schützt. Auch hier also bewiesen die beobachteten Änderungen



die Zurücksetzung der Reizeinwirkung. Wie groß diese ist, muß unentschieden bleiben.

Im allgemeinen also: Die Änderungen, die man an den Augen beobachtet, stehen im direkten Zusammenhange mit den Angaben über die Erscheinungen der Aufmerksamkeit. Wo die physiologischen Bedingungen die Einwirkung des Reizes begünstigen, dort lauten auch die Angaben dahin, daß der Eindruck bemerkt resp. deutlicher wird; wo dieselben Bedingungen die Einwirkung des äußeren Reizes herabsetzen, dort giebt man an, den Eindruck nicht bemerkt resp. undeutlich gesehen zu haben.

Zu den weiteren Erscheinungen, die wir noch besprechen müssen, gehören die sog. Schwankungen der Aufmerksamkeit.

Diese bestehen in der Periodizität, welcher die schwachen Eindrücke unterliegen. Die Periode besteht aus dem Abschnitt, wo der Eindruck gar nicht bemerkt wird, dann scheint er sehr schwach zu sein, nimmt an Stärke zu, um weiter wieder schwächer zu werden und zu verschwinden.

Diese Perioden wurden eingehend von URBANTSCHITSCH,<sup>1</sup> N. LANGE,<sup>2</sup> PACE,<sup>3</sup> ECKNER,<sup>4</sup> MARBE,<sup>5</sup> LEHMANN<sup>6</sup> und MÜNSTERBERG<sup>7</sup> studiert. Die Begründung dieser Erscheinungen haben unter Anderen WUNDT,<sup>8</sup> LANGE, MÜNSTERBERG und EXNER<sup>9</sup> zu geben versucht. Wir wollen hier nur auf den Gegensatz zwischen WUNDT und Schule, LANGE und MÜNSTERBERG eingehen. N. LANGE meint in Anlehnung an WUNDT, daß sie im allgemeinen Eindruck der rhythmischen Thätigkeit der Apperzeption ist. MÜNSTERBERG, der später durch LEHMANN, ECKNER, PACE, MARBE bekämpft wurde, nimmt an, daß es die Schwankungen in der Akkommodation sind, und führt diese auf den Rhythmus der Atmung zurück.

---

<sup>1</sup> *Centralbl. f. d. med. Wiss.* 1875. *Pflügers Arch.* Bd. XXVII.

<sup>2</sup> *Philos. Stud.* Bd. IV.

<sup>3</sup> *Philos. Stud.* Bd. VIII.

<sup>4</sup> *Philos. Stud.* Bd. VIII.

<sup>5</sup> *Philos. Stud.* Bd. VIII.

<sup>6</sup> *Philos. Stud.* Bd. IX.

<sup>7</sup> *Beiträge.* Heft II.

<sup>8</sup> *Physiol. Psychol.* S. 295 f.

<sup>9</sup> *Entwurf zur physiologischen Erklärung der psychischen Zustände.*

Treten wir der ersten Begründung näher, so kann von derselben nur gesagt werden, daß sie nicht als eine Erklärung betrachtet werden kann. Denn man nimmt einfach an, daß die Apperzeption, welche ja eine „besondere“ Thätigkeit bildet, die Eigenschaft hat, daß sie rhythmisch wirkt; da man aber dieser Thätigkeit nicht näher treten kann, so läßt sich auch weiter nicht streiten, ob sie eine rhythmische oder keine solche ist. Berücksichtigung müssen nur die Motive verdienen, mit welchen N. LANGE darzulegen versucht, daß die Schwankungen zentraler Natur und keine Ermüdungserscheinungen sind. Seine Gründe formuliert N. LANGE folgendermaßen: „Erstens haben wir gar keinen experimentellen Grund, anzunehmen, daß die sensiblen Nerven so rasch und bei einem so schwachen Reize ermüden. Im Gegenteil, soviel wir nach Analogie mit den motorischen Nerven urteilen können, kommt die Ermüdung bei schwachen Reizen nur nach einer sehr langen Wirkung vor. Zweitens: wäre die oben erwähnte Annahme der Reizschwäche eine Folge der Ermüdung der peripherischen Nerven, so würde es absolut unbegreiflich, wie diese Ermüdung von neuem verschwinden könnte, obgleich der äußere Reiz fort-dauert. . . . . Endlich drittens: hätten wir es hier mit einer Erscheinung peripherischer Ermüdung zu thun, so wäre es unbegreiflich, weshalb sie besonders und sogar ausschließlich bei schwachen Reizen zu beobachten ist, obgleich der Nerv bei denselben am wenigsten leidet.“ Man kann nun alle drei Motive mit LANGE teilen, ohne doch zu dem Schlusse zu kommen, die Schwankung müsse unabhängig von der Reizschwankung sein. N. LANGE zieht eben die Bedeutung und Rolle der Akkommodation gar nicht in Betracht.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Eine Bemerkung LANGES wollen wir noch berücksichtigen. Die Beobachtung URBANTSCHITSCHS wiedergebend, daß die Schwankungen der Aufmerksamkeit bei jeder Anspannung des Trommelfelles zu beobachten sind, fügt LANGE hinzu: „Wir haben diese ebenfalls mit Hülfe eines kleinen Manometers beobachtet.“ Diese Bemerkung läßt glauben, daß LANGE die Änderungen in der Anspannung des Trommelfelles mit dem Manometer beobachtet hat, und wenn man die Theorie LANGES berücksichtigt, müßte man wohl schließen, daß er auch keine Schwankungen, die etwa den Schwankungen der Aufmerksamkeit entsprechen würden, beobachtet hat. Wir müssen daher hier bemerken, daß wir versucht haben, die Spannungsänderungen des Trommelfelles mit dem Manometer zu untersuchen. Die Versuche wurden zuerst an Herrn J. UBACH, Dr. BECK



MÜNSTERBERG hat bei den Erklärungen, welche er für die Erscheinung aufgestellt hat, den richtigen Gedanken gehabt, daß die Ursache in einer Schwankung der Genauigkeit der Akkommodation zu suchen ist. Diesen durchaus richtigen Gedanken hat er mit einem zweiten verbunden, welcher sich keineswegs als stichhaltig gezeigt hat und welcher der Anschauung MÜNSTERBERGS über die Aufmerksamkeit entsprach. MÜNSTERBERG hat bekanntlich die Aufmerksamkeit auf die Muskelspannung, besonders aber auf die Spannung der Brust- und Halsmuskulatur zurückgeführt. Die Muskelspannungen sah er durch die Atmung beeinflusst und hat daher aus derselben Ursache die Schwankungen der Akkommodation ableiten wollen. Später prüfte LEHMANN die Abhängigkeit der Schwankungen der Aufmerksamkeit von der Atmung nach und gelangte zu Resultaten, die im allgemeinen den Angaben MÜNSTERBERGS widersprachen.

Auf Grund der Beobachtungen, die wir gemacht haben, glauben wir uns der Anschauung MÜNSTERBERGS insofern anschließen zu müssen, als wir auch behaupten, die Schwankung in der Genauigkeit der Akkommodation bedinge die Schwankungen der Aufmerksamkeit bei optischen Eindrücken. Wir können

---

und Prof. EXNER gemacht. In allen Fällen war absolut keine Änderung der Manometerflüssigkeit zu beobachten. Bei Versuchen, die an mir angestellt wurden, konnte man nur regelmäßige Ausschläge beobachten, die mit dem Puls vollkommen übereinstimmten. Daher keine Reaktion, die auf die Trommelfellspannung zurückgeführt werden konnte. Es wurden dabei allerlei Schallreize versucht: Pfeifen, Händeklatschen, Orgelpfeifen u. s. w. Nur in einem Falle bekam man Ausschläge, nämlich beim Schiessen aus dem Revolver. Diese Ausschläge haben aber die allgemeine Zuckung des Körpers zur Ursache gehabt. Es muß daraus der Schluß gezogen werden, daß diese Methode für derartige Untersuchungen unbrauchbar ist, weil sie überhaupt keine Resultate lieferte. Von den in der Litteratur befindlichen mir bekannten Angaben hat PINNE keine Ausschläge beobachten können. (*Prag. Vierteljahresschr. f. prakt. Heilkde.* 1855. Bd. II. S. 71.) POLITZER stellte zuerst Versuche an Präparaten mit günstigen Erfolgen an. Er allein giebt auch an, daß er an normalen Ohren Ausschläge beobachtet hat. (*Berichte d. Akad. d. Wiss. zu Wien*, 1861.) Die Untersuchungen von LUCAE (*Arch. f. Ohrenheilkde.* Bd. I.) können nicht in Betracht gezogen werden, da er an anomalen Ohren die Schwankungen bei der Atmung beobachtet hat. Wir glauben, daß die ungünstigen Resultate daraus herzuleiten sind, daß das Trommelfell infolge der Verstopfung des äußeren Gehörganges gar nicht thätig wird.



jedoch nicht weiter schliessen, die Atmung sei die Ursache der Akkommodationsschwankung, und zwar aus dem einzigen, aber vollkommen genügenden Motive, daß wir keinen Grund haben, eine solche Beeinflussung der Akkommodation von seiten der Atmung anzunehmen. Die Brust- und Halsmuskulatur kann in ihrer Spannung, wie es MÜNSTERBERG will, durch Heben und Senken der Brust beeinflusst werden, weil hier ein Zusammenhang vorhanden ist. Nichts kann aber den Schluß erlauben, daß auch die Spannung der Akkommodationsmuskulatur des Auges durch die Hebung der Brust beeinflusst werden kann.

Auf die Frage, was die Schwankung der Akkommodation bedingt, können wir keine sichere Antwort geben. Aller Wahrscheinlichkeit nach werden hierfür die Ermüdung und Ernährung der Muskeln maßgebend sein.

Wie sich die Ursache der Abspannung der Akkommodation auch gestaltet, ist die Thatsache selbst ganz zweifellos. Wir haben schon bei Beschreibung der Versuche auf die kleinen Schwankungen, die bei der Untersuchung ebenso der Pupille, wie auch der Linse zu beobachten waren, aufmerksam gemacht. Schon diese Beobachtung zeigt deutlich, daß die Akkommodation der Linse nie eine stabile ist. Auch die Linse des homotropinisierten Auges ist nicht ganz ruhig. Bei den Versuchen äußerten sich auch die untersuchten Herren immer, daß ihnen eine längere Fixierung unmöglich ist. Wir haben deshalb darauf aufmerksam gemacht, daß es notwendig ist, die einzelnen Messungen rasch zu machen, wenn man sichere Resultate haben will. Diese Daten berechtigen vollkommen zu der Annahme, daß die Schwankungen in der Genauigkeit der Akkommodation die alleinige Ursache der Schwankungen der Aufmerksamkeit bei optischen Eindrücken sind. Diese auf direkte Beobachtung gestützte Annahme beseitigt die bis jetzt rätselhaft erscheinenden Umstände. Erstens wird man die Frage der Ermüdungserscheinungen der Nerven gar nicht in Betracht zu ziehen brauchen; weiter ist es klar, warum die Erscheinung nur bei den schwachen Reizen zu beobachten ist. Die schwachen Reize bedürfen eben der größten Schärfe der Akkommodation, der günstigsten Aufnahmebedingungen. Sobald die Akkommodation eine auch nur etwas unvollständige ist, wird dadurch der Eindruck in seiner Wirkung abgeschwächt, er sinkt unter



die Reizschwelle und übt keine genügende Wirkung aus. Bei stärkeren Reizen ist die Abschwächung derselben durch ungenaue Akkommodation nicht von solcher Bedeutung. Die Reize besitzen auch dann noch die gehörige Stärke, um die Nerven zu erregen, auch wenn die Akkommodation nicht vollständig genau ist. Man beobachtet dann auch kein Verschwinden und Auftauchen des Eindrucks.

Eine weitere Bestätigung findet diese Annahme auch in den Untersuchungen, welche MARBE angestellt hat. Diese haben nämlich gezeigt, daß die Gröfse des Verhältnisses in der Stärke des Grundes und des auf demselben sich befindlichen Reizes für das Auftreten der Schwankungen von wesentlicher Bedeutung ist.

MARBE resumiert seine Untersuchung folgendermaßen:

„Die Schwankungen der Gesichtsempfindungen sind abhängig vom Verhältnis der Intensität des Unterschiedsreizes zur Intensität des Grundreizes, bzw. von den Intensitätsunterschieden der entsprechenden Empfindungen.“

Die Schwankungen finden in der Nähe der Schwelle innerhalb einer bestimmten Grenze statt. Das Verhältnis der Reize muß einen bestimmten Wert überschritten haben, wenn das Phänomen eintreten soll; bei einer bestimmten Gröfse des Verhältnisses hören die Schwankungen auf.<sup>1</sup>

Vergleichen wir dieses Resultat mit der von uns angegebenen Anschauung, so befindet sich dieses mit derselben in vollständigem Einklange. Der Unterschied zwischen der genauen und ungenauen Akkommodation besteht eben darin, daß in letzterem Falle das Bild verwaschen ist. Das Bild des Unterscheidungsreizes fließt mit dem Bilde des Grundreizes zusammen. Dieses Zusammenfließen ist desto schwieriger, je größer der Unterschied beider Reize.

Diese Anschauung erklärt auch die für MARBE rätselhaft gebliebene Erscheinung, warum die Schwankungen im seitlichen Teile des Gesichtsfeldes noch bestehen, während sie beim Fixationspunkt nicht mehr zu beobachten sind. Die seitlich gelegenen Objekte werden astigmatisch, d. h. abgeschwächt gesehen.

---

<sup>1</sup> *Phil. Stud.* VIII. S. 636.