

## XVII.

# Ueber die Accommodationslinien (sammt Zusatz).

[*Wiener akadem. Sitzungsberichte 1854 u. 1855 (Physiologische Studien).*]

(Hierzu Fig. 1 u. 2 auf Tafel 11).

---

[Mit dieser Nummer beginnt die Wiedergabe einer grösseren Reihe von Abhandlungen aus dem Gebiete der Sinnesphysiologie, welche von J. N. CZERMAK in drei Heften unter dem Titel »Physiologische Studien« in den Bänden XII, XV und XVII (Jahrgänge 54 und 55) der Wiener Sitzungsberichte veröffentlicht wurden. Die chronologische Reihenfolge der Abhandlungen wurde zu Gunsten des Zusammenhanges in diesem Abdruck einigermaassen verändert, so sind vor Allem die in dem zweiten Hefte enthaltenen Zusätze zu den Abhandlungen des ersten Heftes hier den einzelnen Abhandlungen selbst unmittelbar angefügt.]

### Von den Accommodationslinien<sup>1)</sup>.

Mit der Zunahme der Entfernung eines leuchtenden Punktes von einer Collectiv-Linse oder einer solchen Linsen-Combination, nimmt die Grösse der Vereinigungsweite der von ihm ausgehenden Strahlen ab, und umgekehrt.

Jene Zunahme und diese Abnahme geschehen aber nicht in gleichem Verhältnisse, sondern es nehmen, lässt man den leuchtenden Punkt sich stetig bis ins Unendliche von der Linse entfernen, die Vereini-

---

<sup>1</sup> Ueber diesen Gegenstand habe ich schon im Jahre 1850 in den »Verhandlungen der Würzburger med.-physikalischen Gesellschaft« Bd. I, S. 184, eine kurze Mittheilung veröffentlicht. Wenn ich hier noch einmal und ausführlicher darauf zurückkomme, so geschieht dies, weil meine erste Notiz fast ganz unberücksichtigt geblieben, und weil ich bei der vorliegenden Umarbeitung manche Verbesserung und Vermehrung anbringen konnte.

gungsweiten der Strahlen anfangs schneller ab als später, wenn der leuchtende Punkt schon weiter entfernt ist, so, dass die Differenz der Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen zweier in constanter Entfernung hinter einander gelegenen Punkte, eine verschiedene ist, je nachdem die beiden Punkte nahe oder entfernt sind.

Die Differenz der Vereinigungsweiten ist um so grösser, je weniger, um so kleiner, je mehr die leuchtenden Punkte von dem dioptrischen Apparat entfernt sind. Es versteht sich ferner von selbst, dass die Differenz der Vereinigungsweiten auch mit der Entfernung der leuchtenden Punkte von einander wächst, und abnimmt, wenn die Punkte näher an einander rücken.

Diese Gesetze kann man leicht mit Hülfe der Gleichung für die Linse durch Rechnung finden, und auch experimentell nachweisen. Ich lasse die Berechnung folgen.

Die bekannte elementare Gleichung für die Linse ist:  $\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a}$ . Hiernach haben wir die Differenz der Vereinigungsweiten ( $\alpha - \alpha^1$ ), der Lichtstrahlen zweier leuchtenden Punkte — deren constante Entfernung von einander =  $n$  sei, für zwei Fälle zu berechnen.

Erstens für den Fall, wenn der nähere der beiden Punkte um  $a$  von der Linse entfernt ist, und

zweitens, wenn der Abstand  $a$  auf  $ma$  gewachsen ist.

Im ersteren Falle ist die Vereinigungsweite der Strahlen des näheren Punktes  $\alpha = \frac{ap}{a-p}$ , des entfernteren Punktes aber  $\alpha^1 = \frac{p(a+n)}{a+n-p}$  also die Differenz der Vereinigungsweiten  $\alpha - \alpha^1 = \frac{ap}{a-p} - \frac{p(a+n)}{a+n-p} = \frac{np^2}{(a-p)(a+n-p)}$ . Wenn man nun, während die relative Distanz  $n$  der Objecte unverändert bleibt, die Entfernung  $a$  zunehmen lässt, so nehmen die beiden Factoren des Nenners zu, der Bruch wird somit kleiner. Für den zweiten Fall wird also die Differenz kleiner, was zu beweisen war.

Wenn  $a$  schon so gross ist, dass  $n$  und  $p$  dagegen vernachlässigt werden können, dann nimmt die Differenz der Vereinigungsweiten  $\alpha - \alpha^1$  nahezu im quadratischen Verhältnisse der Entfernung  $a$  ab.

Das zweite oben angeführte Gesetz ist hiermit eigentlich schon bestätigt, da durch das Wachsen von  $n$  der Zähler des Bruches im Verhältnisse zum Nenner mehr zunimmt, und der Bruch grösser wird, welcher die Differenz der Vereinigungsweiten bedeutet. Auch hier ergeben sich zwei Fälle.

Ein Mal sind die leuchtenden Punkte um  $n$  von einander entfernt, das zweite Mal um  $sn$ , während der der Linse näher gelegene Punkt seine Entfernung  $a$  von derselben unverrückt beibehält. Setzen wir die Differenz der Vereinigungsweiten im ersten Falle  $= D$ , im zweiten  $= d$ , so ist offenbar  $d > D$ ; indem von derselben Grösse  $\frac{ap}{a-p}$  erst eine grössere, dann eine kleinere Grösse subtrahirt wurde. —

Die erörterten Gesetze haben auch für den lichtbrechenden Apparat unseres Auges Geltung, und es ergeben sich hieraus wichtige Folgerungen für die Lehre von dem Accommodationsvermögen.

Die Differenz der Vereinigungsweiten von Lichtstrahlen, welche von verschieden weit entfernten Punkten herkommen, bedingt das Entstehen und *caeteris paribus* die Grösse der Zerstreungskreise und somit auch den Grad der dioptrischen Undeutlichkeit der Bilder, indem nur jene Strahlen in einem Punkte auf der Fläche der Retina sich vereinigen, die von einem Punkte des Objectes, das sich in der deutlichen Sehweite befindet, ausgehen, während die Vereinigungspunkte aller übrigen Strahlen, die von näheren oder ferneren Gegenständen kommen, entweder vor oder hinter der Retina liegen, und daher diese um so zerstreuter auf die Retina fallen müssen, je weiter die Vereinigungspunkte in dieser oder in jener Richtung von der Netzhaut entfernt sind.

Beständen nun die inneren Veränderungen des Auges, welche die verschiedenen Accommodationszustände bedingen, in einer blossen Vergrösserung und Verkleinerung des Abstandes zwischen der hinteren Fläche der Linse und der Retina, so würden offenbar die Unterschiede der Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, welche von verschieden weit entfernten Gegenständen kommen, beim Sehen in der Nähe viel bedeutender, als beim Sehen in der Ferne ausfallen müssen.

Da wir aber jetzt durch die schönen Untersuchungen von CRAMER<sup>1)</sup> in Groningen und HELMHOLTZ<sup>2)</sup> in Königsberg mit Sicherheit wissen, dass die Veränderung des Accommodationszustandes durch die Veränderung des Krümmungshalbmessers der vorderen Fläche der Linse hervorgebracht wird, so können wir obige Folgerung für das Sehen in der Nähe und in der Ferne nicht sofort acceptiren.

Für jedweden Accommodationszustand haben die erörterten Gesetze der Vereinigungsweiten freilich dieselbe Geltung, vergleichen

<sup>1</sup> Het Accommodatievermogen der Oogen, physiologisch toegelicht door A. CRAMER. Te Haarlem 1853.

<sup>2</sup> Monatsbericht der Berliner Akademie. 1853, Februar, S. 137.

wir jedoch die Verhältnisse der Vereinigungsweiten bei zwei verschiedenen Accommodationszuständen des Auges, so werden wir *caeteris paribus* verschiedene absolute und relative Zahlenwerthe finden. Denn da durch das *Convexer* werden der vorderen Fläche der Linse beim Accommodiren für die Nähe der lichtbrechende Apparat des Auges eine kürzere Brennweite bekommt, so werden sämtliche Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen, welche von näheren und ferneren Objecten kommen, und die Unterschiede derselben, in einem gewissen Verhältnisse, geringer ausfallen müssen.

Es wäre unter solchen Umständen sogar der Fall denkbar, dass durch das Accommodiren für die Nähe, in Folge der Verkleinerung der Brennweite, die Vereinigungsweiten derart verkürzt würden, dass die von näheren Gegenständen kommenden Lichtstrahlen in Entfernungen vereinigt würden, deren Differenzen absolut geringer ausfielen, als die Unterschiede der Vereinigungsweiten von Lichtstrahlen, welche von entfernteren Objecten kommen, wenn das Auge durch Abplattung der vorderen Linsenfläche und Vergrößerung der Brennweite für die Ferne accommodirt ist. Fände dieser extreme Fall für das Auge statt, so würde das deutliche Sehen in der Nähe geringere Veränderungen nothwendig machen, als das Sehen in der Ferne. Da aber nach LISTING'S<sup>1)</sup> Berechnung das ganze Accommodations-Intervall, bei Augen von grösstem Anpassungsumfang, auf 3—4 mm anzunehmen ist, so kann der Unterschied der Brennweiten, welche den Accommodationszuständen für die Nähe und für die Ferne entsprechen, nicht in dem Grade bedeutend sein, um jenen extremen Fall für das Auge möglich zu machen.

Demnach ist es uns, trotz des neu entdeckten Adaptionselementes, doch erlaubt, die oben erörterten Gesetze der Vereinigungsweiten und die Folgerungen aus denselben im Allgemeinen auf das Auge anzuwenden, was im Folgenden geschehen soll. Bevor ich weiter fortfahre, muss ich jedoch der Feinheit des Raumsinnes des lichtempfindenden Theiles des Auges gedenken, denn dieses subjective Moment spielt in der Lehre vom deutlichen Sehen in verschiedenen Entfernungen und vom Accommodationsvermögen eine wichtige Rolle, auf welche ich a. a. O. bereits ausdrücklich aufmerksam gemacht habe.

Ich habe darauf hingewiesen, dass sich die Nothwendigkeit eines Adaptionsvermögens gar nicht einsehen und beweisen lässt, wenn man nicht neben den rein optischen Betrachtungen, auch der Schärfe der räumlichen Wahrnehmung auf der Retina Rechnung trägt.

<sup>1</sup> LISTING in WAGNER'S Handwb. IV. Bd. Art. Dioptrik des Auges.

Die optischen Argumente für die Nothwendigkeit des Accommodationsvermögens haben nämlich so lange kein Gewicht, so lange man nicht gezeigt hat, dass die Retina die, die Undeutlichkeit der Bilder bedingenden Zerstreungskreise auch wirklich wahrzunehmen im Stande ist.

Die Retina ist in der That im Stande, die Undeutlichkeit der Bilder, wie dieselbe mit optischer Nothwendigkeit entsteht, wahrzunehmen, doch da die Schärfe der Retina endlich ist, so werden Zerstreungskreise, deren Durchmesser die Bildgrösse der kleinsten noch wahrnehmbaren Objecte, welche nach VOLKMANN, HUECK und LISTING auf die Sehwinkelgrenze von  $\frac{1}{4}$  Bogenminute führen, und somit auch die durch dieselben bedingte Undeutlichkeit der Bilder nicht mehr wahrgenommen. Dies vorausgeschickt, ergibt sich zunächst:

1. dass Dringlichkeit und Grösse der inneren Veränderungen behufs der Accommodation in der Nähe viel bedeutender sind, als beim Sehen in weiteren und weiteren Fernen.

LISTING hat diesen Satz, a. a. O., S. 500, bestätigt und zugleich berechnet, dass das Auge für Objectweiten von  $\infty$  bis 65 m keiner Accommodation bedarf, da die innerhalb dieser Breite entstehenden Zerstreungskreise unter die Grenze des Sichtbaren fallen.

Aus denselben Prämissen folgern wir ferner:

2. dass das Auge niemals für einen Punkt, sondern immer für eine Reihe von hinter einander liegenden Punkten, d. i. für eine Linie accommodirt ist. Diese Linie nannte ich Accommodationslinie, und füge jetzt noch die genauere Bestimmung »im engeren Sinne« hinzu. Der Punkt dieser Accommodationslinie, für dessen Entfernung das Auge eigentlich optisch eingerichtet ist, heisst der Accommodationspunkt. Früher hatte ich diesen Punkt als den Hauptpunkt bezeichnet, glaubte aber, um nicht mit LISTING's dioptrischen Terminologie zu collidiren, diesen Ausdruck mit dem vorhin gebrauchten vertauschen zu sollen.

Alle in der Accommodationslinie i. e. S. liegenden Objecte werden zu gleicher Zeit mit derselben relativen Deutlichkeit gesehen. Die Objecte, welche diesseits oder jenseits der Accommodationslinie i. e. S. liegen, nehmen mit der Entfernung vom Accommodationspunkte an Undeutlichkeit zu.

Um dieses Verhältniss graphisch auszudrücken, könnte man die als eine einfache Linie dargestellte Accommodationslinie i. e. S. an beiden Endpunkten in dem Maasse sich verbreitern oder in zwei diver-

girende Linien auflösen lassen, als die Undeutlichkeit der Bilder der diesseits und jenseits der Accommodationslinie i. e. S. gelegenen Objecte zunähme.

Eine solche graphische Darstellung des einem jeden Accommodationszustande entsprechenden, durch die endliche Schärfe der Retina einerseits, andererseits durch die optischen Gesetze bedingten Verhältnisses der Deutlichkeit einer unendlichen Reihe stetig hintereinander gelegener Objecte, nenne ich eine Accommodationslinie im weiteren Sinne.

Es entspricht natürlich jedem Accommodationszustand eine besondere Accommodationslinie im weiteren Sinne, deren es daher für ein und dasselbe Auge unendlich viele und verschiedene geben wird. Verschiedene Individuen unterscheiden sich je nach der Beschaffenheit des optischen Apparates und der Schärfe der Gesichtswahrnehmung durch ihre Accommodationslinien.

Bei genauerer Ueberlegung kommen folgende Eigenschaften der Accommodationslinien zum Vorschein.

1. Die Accommodationslinien i. e. S. sind nicht gleich lang, sondern nehmen mit der Entfernung des Accommodationspunktes vom Auge, unter übrigens gleichen Umständen zu.

2. Die Accommodationslinien sind um so schärfer begrenzt, je näher der Accommodationspunkt dem Auge liegt.

3. Der Accommodationspunkt liegt nicht in der Mitte der Accommodationslinie, sondern näher dem, dem Auge zugewendeten Ende derselben.

4. Endlich nimmt die Verbreiterung der Linie oder die Divergenz, welche, wie oben erwähnt, das allmähliche Undeutlichwerden der diesseits oder jenseits der Accommodationslinie gelegenen Objecte graphisch andeuten soll, an dem, dem Auge zugekehrten Ende weit rascher zu, als an dem abgekehrten Ende. Dies Verhältniss wird mit der grösseren Entfernung des Accommodationspunktes vom Auge weniger auffallend.

Schliesslich erlaube ich mir eine Anzahl von Versuchen mitzutheilen, welche durch die vorangeschickten theoretischen Betrachtungen ihre Erklärung finden, und die Richtigkeit meiner Lehre von den Accommodationslinien bestätigen.

a) Spannt man einen langen dünnen Faden in der Verlängerung der optischen Axe des geöffneten Auges auf, so nimmt der Faden vollständig das Bild einer Accommodationslinie i. w. S. an. Es erscheint in der Umgebung des fixirten (Accommodations-) Punktes eine grös-

sere oder kleinere Strecke des Fadens vollkommen deutlich, während die beiden Enden des Fadens verschwommen und wie aufgerollt aussehen. Jene deutliche Strecke des Fadens entspricht der Accommodationslinie i. e. S., und der oben aufgestellte Satz, dass das Auge nie für einen Punkt, sondern für eine Linie eingerichtet ist, wird hiermit bestätigt. Lässt man das Auge, durch Aenderung der Accommodationszustände, an dem Faden hin- und zurückgehen, so wird man bemerken, wie jene deutliche Strecke (die Accommodationslinie) dem vorwärts und rückwärts geschobenen Accommodationspunkte folgt, und zugleich an Länge zunimmt und abnimmt, je nachdem der Accommodationspunkt von dem Auge entfernt, oder dem Auge genähert wird. Ferner wird man leicht beobachten können, dass je näher der Accommodationspunkt dem Auge liegt, die Accommodationslinie i. e. S. auch um so schärfer begrenzt, d. h. der Uebergang zu der Undeutlichkeit der Endstücke des Fadens viel rascher und schroffer ist.

Endlich kann dem Beobachter auch nicht entgehen, wie viel bedeutender die Undeutlichkeit des dem Auge zugekehrten Fadenendes für gleiche Längen zunimmt, als die des abgekehrten Fadenendes. Hierbei ergeben sich nach dem Grade der Schärfe der Retina und nach den Verhältnissen des optischen Apparates zahlreiche individuelle Verschiedenheiten.

b) Man mache auf eine Glasplatte einen Punkt mit Tinte oder Farbe, und halte dieselbe vor eine Druckschrift. Mit dem Auge nähere man sich der Platte so viel als möglich, doch so, dass man den aufgetragenen Punkt noch vollkommen deutlich sehen kann. Bei der geringsten Aufmerksamkeit stellt sich nun heraus, dass, wenn der Punkt auf der Glasplatte deutlich gesehen wird, die dahintergelegene Druckschrift ganz undeutlich erscheint, und umgekehrt.

Es hängt von der Willkür ab, bald dieses, bald jenes Object klar und deutlich zu sehen. Dies ist, beiläufig gesagt, der einfachste und schlagendste Beweis für die Existenz eines willkürlichen Accommodationsvermögens. Beobachtet man während dieses Versuches noch etwas genauer, so wird man eine auffallende Verschiedenheit in dem Grade der Undeutlichkeit jenes Objectes finden, für welches das Auge gerade nicht accommodirt ist, wenn man sich mit dem Auge von der Glasplatte entfernt, ohne jedoch an der Stellung derselben zu der Druckschrift das Mindeste zu ändern. Je weiter sich nun das Auge von den Objecten, oder die Objecte vom Auge entfernen, desto geringer wird die Undeutlichkeit des Gegenstandes, für welchen das Auge nicht accommodirt ist, bis endlich in einer bestimmten Entfernung, welche *caeteris paribus* mit der Grösse des Abstandes zwischen

den beiden Objecten (hier der Glasplatte und der Druckschrift) wächst, beide Gegenstände zu gleicher Zeit mit derselben relativen Deutlichkeit gesehen werden. Dies ist der experimentelle Nachweis, dass die beiden oben entwickelten Gesetze der Differenzen der Vereinigungsweiten, trotz der Veränderung des Krümmungshalbmessers der vorderen Linsenfläche beim Accommodiren für die Nähe und Ferne, doch für unser Auge volle Geltung haben.

Beim Sehen in der Nähe genügt schon ein Abstand von wenigen Linien zwischen zwei hinter einander liegenden Objecten, um eine auffallende Differenz der Vereinigungsweiten der Lichtstrahlen dieser Objecte zu setzen, und einen hohen Grad von Undeutlichkeit desjenigen Objectes zu bedingen, für welches das Auge nicht accommodirt ist; während beim Sehen in der Ferne klafferweit aus einander gelegene Thürme noch mit derselben relativen Deutlichkeit erscheinen, mag man den näheren und den ferneren derselben fixiren.

Betragen die Entfernungen zwischen 65 m und  $\infty$ , so hört mit dem Bedürfnisse auch die Möglichkeit einer weitem Accommodation auf.

Hiermit ist auch der Satz experimentell erwiesen, dass die Dringlichkeit und Grösse der Accommodationsbewegungen beim Sehen in der Nähe viel bedeutender sind, als beim Sehen in weiteren und weiteren Fernen.

Diesen Satz, welchen ich schon a. a. O. aufgestellt habe, hat neulich CRAMER in seiner angeführten trefflichen Preisschrift »über das Accommodationsvermögen der Augen«, ohne auf meine frühere Veröffentlichung Rücksicht zu nehmen, bestätigt.

c) Da in den eben mitgetheilten Versuchen alle Hauptsätze meiner Lehre von den Accommodationslinien experimentell nachgewiesen sind, so will ich es nur noch versuchen, zwei bestimmte Accommodationslinien meines rechten Auges graphisch darzustellen.

Ich bediene mich zu diesem Zwecke des oft gebrauchten SCHEINER'schen Versuches und des Optometers, welches HASNER in der Prager Vierteljahrschrift, Bd. 32. beschrieben hat.

Ich befestigte in der rechten Augenöffnung der an dem einen Ende des horizontalen Brettes des Optometers angebrachten Larve ein Kartenblatt, in welches zwei feine Löchelchen gestochen waren, und stellte auf das horizontale Brett in verschiedenen Entfernungen vom Kartenblatte Nähnadeln auf, welche die Spitzen frei nach oben kehrend, in kleinen Wachsklötzchen staken.

Sah ich durch die Löchelchen des Kartenblattes auf die in gerader Linie hinter einander stehenden Nadeln, so sah ich dieselben je nach

ihrer Entfernung und je nach dem festgehaltenen Accommodationszustande, in bekannter Weise einfach oder doppelt.

In dem einen Versuche war mein Auge für eine Entfernung von 7 Wiener Zoll accommodirt. Die in dieser Entfernung stehende Nadel erschien daher einfach. Die Nadel, welche 4" entfernt war, erschien schon im Doppelbilde, ebenso die Nadel, welche 27" entfernt war, mit dem bemerkenswerthen Unterschiede jedoch, dass der Abstand der Doppelbilder von einander im ersten Falle  $\frac{3}{4}$  Wiener Linien, im zweiten aber nur  $\frac{3}{8}$ " betrug. Die Nadel von 10" Entfernung, war hingegen mit fast derselben Deutlichkeit und einfach zu sehen, wie die 7" weit entfernte Nadel, welche im Accommodationspunkte stand. Die Accommodationslinie i. e. S. beträgt also bei 3".

Im zweiten Versuche war das Auge für eine Entfernung von 13" accommodirt. Eine daselbst aufgestellte Nadel erschien einfach und klar, aber auch noch bei 19" Entfernung war dies der Fall. Die Accommodationslinie i. e. S. betrug hier schon 6". Bei 27" Entfernung erschien die Nadel zwar schon unzweifelhaft in Doppelbildern, allein der Abstand derselben war kaum mit Sicherheit zu messen. Erst in einer Entfernung von 844" betrug die Distanz der Doppelbilder einer Dachrinne des gegenüber liegenden Hauses  $\frac{1}{2}$ ". Hingegen standen die Doppelbilder einer 7" entfernten Nadel  $\frac{2}{3}$ " von einander ab.

Tragen wir nun die Entfernungen in verkleinertem Maassstabe als Abscissen auf eine gerade Linie, und verzeichnen die Abstände der Doppelbilder (ohne dieselben auf einen kleineren Maassstab zu reduciren), als Ordinaten, so erhalten wir folgende zwei Curven (Fig. 1 und 2 Taf. 11), deren Vergleichung eine abermalige Bekräftigung der Lehre von den Accommodationslinien ist.

Es wäre wünschenswerth, zahlreiche und genaue Messungen von Accommodationslinien zu besitzen, da dieselben über die optischen Eigenschaften des lichtbrechenden Apparates der Augen, und über die Schärfe der Retina zugleich Aufschluss geben. Es würden sich individuelle Verschiedenheiten des Verhältnisses zwischen diesen beiden Momenten des Sehens ergeben, aus welchen sich ein normaler Mittelwerth dieses Verhältnisses gewinnen liesse.

Freilich müsste man eine bessere Messungsmethode anwenden, als die oben mitgetheilte, da dieselbe manche Schwierigkeit und Fehlerquelle bietet.

Ich hebe namentlich die Schwierigkeit heraus, eine Reihe von Nadeln so in einer geraden Linie hinter einander aufzustellen, dass sich die entstehenden Doppelbilder nicht decken, und den Beschauer nicht verwirren. Da man nicht sicher ist, dass der Accommodations-

zustand, dessen Accommodationslinie man zu bestimmen sucht, genau derselbe bleibt, so kann man nicht eine Nadel nach der andern untersuchen, was sehr bequem wäre, sondern man muss immer wenigstens zwei Nadeln zu gleicher Zeit im Gesichtsfelde behalten; nämlich: die Nadel, welche im Accommodationspunkte steht, und während des Versuches stets einfach und deutlich bleiben muss, und eine andere beliebig wo stehende Nadel, deren Doppelbild gemessen wird. Hiermit ist wohl diese Schwierigkeit gehoben. Könnte die Fehlerquelle des Verfahrens so leicht vermieden werden, als diese Schwierigkeit gehoben wurde, dann könnte man sich bei dem oben angewendeten Verfahren beruhigen, allein dies ist nicht der Fall, denn als Fehlerquelle bezeichne ich vornehmlich die Wirkung der feinen Löchelchen des Kartenblattes, durch welche man schaut, auf den Accommodationszustand und auf die Grösse der Netzhautbildchen.

### Zusatz.

a Da nach AD. FICK'S und Anderer Untersuchungen<sup>1)</sup> der optische Apparat des Auges die in der verticalen und horizontalen Ebene verlaufenden Strahlen niemals gleichzeitig auf der Retina zur Vereinigung bringt oder, anders ausgedrückt, da der Accommodationspunkt für die verticale Ebene in einer andern Entfernung vom Auge liegt, als der für die horizontale: so muss man offenbar für jeden einzelnen Accommodationszustand verschiedene Accommodationslinien erhalten, je nachdem man die Strahlenbrechung in der horizontalen, in der verticalen oder in einer geneigten Ebene betrachtet.

Wollte man alle diese Verhältnisse in Einer Accommodationslinie ausdrücken, so müsste man derselben eine körperliche, nach den drei Dimensionen des Raumes ausgedehnte Gestalt geben, indem man die Ebene, in welcher die flächenförmige Accommodationslinie verzeichnet ist, um die Sehaxe ein Mal in Gedanken rotiren liesse.

Wenn die brechende Kraft des optischen Apparates in allen Richtungen genau dieselbe wäre oder wenn die Unregelmässigkeiten der brechenden Kraft keine wahrnehmbaren Unterschiede der Vereinigungsweiten setzen könnten, so würde die körperliche Accommodationslinie die Gestalt zweier dünnen Kegel erhalten, deren

<sup>1)</sup> Zeitschrift für rationelle Medicin. Neue Folge, II, S. 83. — Vergleiche auch STURM: Ueber die Theorie des Sehens. POGGENDORFF'S Annalen, Band LXV, S. 116 und FECHNER'S Centralblatt für Nat. und Anthropologie. Nr. 5, S. 73, Jahrg. 1853.

Basen und Querschnitte kreisförmig und deren Spitzen durch eine Linie (Accommodationslinie i. e. S.) verbunden wären und von denen der Kegel, dessen Basis auf der Cornea steht, einen stumpferen Scheitelwinkel besässe, als jener dessen Basis vom Auge abgewendet ist.

Wenn hingegen die brechende Kraft unseres optischen Apparates, wie es nach A. FICK wirklich der Fall ist, in der verticalen Ebene eine andere wäre, als in der horizontalen und wenn diese beiden Extreme allmählich in einander übergängen, dann würden die beiden Kegel der körperlichen Accommodationslinie elliptische Basen und Querschnitte bekommen, deren Durchmesser sich für jeden einzelnen Accommodationszustand und innerhalb einer und derselben Accommodationslinie in bestimmten Verhältnissen gesetzmässig ändern müssten.

Eine solche körperliche Accommodationslinie wäre der vollständige Ausdruck der einem bestimmten Accommodationszustand entsprechenden, bei demselben Grade der Aufmerksamkeit, durch die Schärfe der Retina einerseits (physiologisch), andererseits durch den optischen Apparat (physikalisch) bedingten Verhältnisse der Deutlichkeit, mit welcher leuchtende in einer unendlichen Reihe hintereinander liegende Punkte wahrgenommen werden können.

b) Die Lehre von den Accommodationslinien, welche ich in der vorstehenden Abhandlung nur in den allgemeinsten Grundlinien skizzirt, und deren weitere Ausführung in Bezug auf die von A. FICK erkannten Eigenschaften des optischen Apparates ich durch den eben mitgetheilten Zusatz angedeutet habe, muss auch noch in Beziehung auf das in directe Sehen ausgeführt werden, da bisher hiervon nicht ausdrücklich die Rede gewesen ist.

Es ist bekannt, dass die Feinheit des Raumsinnes der Retina von dem Axenpunkte an nach der Peripherie hin in überaus rascher Progression abnimmt. Diese Abnahme der Feinheit des Raumsinnes ist nun so bedeutend, dass die Zerstreungskreise, welche in Folge unpassender oder unvollkommener Accommodation auftreten, nur für die um den Axenpunkt gelegene etwa  $\frac{1}{2}$  Pariser Linien im Durchmesser haltende Fläche<sup>1)</sup> der Retina leicht wahrnehmbar und merklich störend sein können, während dieselben für den stumpferen peripherischen Theil der Retina immer bedeutungsloser werden und endlich so gut wie gar nicht vorhanden sind.

Von der Richtigkeit des Gesagten kann man sich leicht überzeugen, wenn man ein passendes Object indirect, d. h. mittelst

<sup>1)</sup> Vergl. E. H. WEBER: »Ueber den Raumsinn«, in den Berichten über die Verhandl. der kön. sächs. Gesellschaft der Wissensch. zu Leipzig. II, 1853, S. 136.

eines mehr oder weniger weit von dem Axenpunkte entfernten Theiles der Retina fixirt und dabei den optischen Apparat des Auges für die verschiedensten Entfernungen einrichtet.

Man findet dann von den Veränderungen, welche die verschiedenen Accommodationszustände (die selbstverständlich nicht ohne Einfluss auf die optische Schärfe und Reinheit des Netzhautbildchens bleiben können) hinsichtlich der Deutlichkeit der Wahrnehmung des indirect gesehenen Objectes hervorbringen sollten, um so geringere Spuren, je näher die afficirte Netzhautstelle an der *Ora serrata* liegt.

Wenn kein Undeutlicherwerden des Details und der Umrisse des indirect gesehenen Gegenstandes mehr in unpassender Accommodation auftritt, dann nehme ich meistens noch ein Blässerwerden der fixirten Objecte wahr und erkläre mir dasselbe hauptsächlich aus der geringeren Intensität zerstreuter Bilder. Beiläufig sei bemerkt, dass wir hier in der Retina die Fähigkeit geringe Licht-Intensitätsunterschiede wahrzunehmen mit einer sehr geringen Feinheit des Raumsinnes gepaart antreffen. Die Haut der Augenlider und der Wangen bietet hierzu ein Analogon in der Sphäre des Tastsinnes, indem dieselbe nach WEBER'S Untersuchungen einen relativ feineren Temperaturals Raumsinn besitzt. Ueber die Beschaffenheit der Accommodationslinien für das indirecte Sehen mögen folgende Andeutungen, welche sich aus den berührten Prämissen ergeben, genügen.

Mit der Abnahme der Feinheit des Raumsinnes, welche bedeutender und rascher in horizontaler als in verticaler Richtung stattfinden soll<sup>1)</sup>, wächst die Länge und die Breite der Accommodationslinie i. e. S. [wir haben hier die in einer Ebene verzeichnete Linie im Sinne, welche beiläufig bemerkt niemals, auch nicht für das directe Sehen, eine mathematische Linie ist], bis es endlich keinen Unterschied mehr zwischen einer Accommodationslinie i. e. S. und i. w. S. gibt. Ferner müssen die elliptischen Basen und Querschnitte der körperlichen Accommodationslinien allmählich in Kreise sich verwandeln und die beiden Kegel zu Einem Cylinder verschmelzen, indem die Verschiedenheit der Vereinigungsweiten der in der verticalen und in der horizontalen Ebene befindlichen Strahlen eben so wenig indirect wahrnehmbare Zerstreungskreise zu setzen im Stande ist, als der Unterschied der Vereinigungsweiten von Strahlen leuchtender Punkte, die diesseits und jenseits des Accommo-

<sup>1</sup> Vergl. G. MEISSNER'S wichtige »Beiträge zur Physiologie des Sehorgans«, Leipzig 1854, S. 58.

dationspunktes liegen. Für das indirecte Sehen wird die Dringlichkeit der Accommodations-Veränderungen behufs des möglichst deutlichen Sehens und die Nothwendigkeit der Existenz eines sogenannten Accommodations-Vermögens, wie die Accommodationslinien beweisen, immer geringer und endlich gleich Null. Ich habe schon in meiner ersten Mittheilung über die Accommodationslinien (Verhandlungen der Würzburger med.-physik. Gesch., Band I, S. 184) darauf hingewiesen, dass sich die Nothwendigkeit des Accommodations-Vermögens gar nicht einsehen und beweisen lässt, wenn man nicht neben den rein optischen Betrachtungen auch der Schärfe der räumlichen Wahrnehmung auf der Retina Rechnung trägt. Die Betrachtung der Accommodationslinien für das indirecte Sehen liefert nun den schlagenden Beleg für die Richtigkeit dieser meiner Behauptung.

---