Die Akkommodation des Alciopidenauges.

Von

Prof. Dr. Reinhard Demoll, München.

Mit Tafel I und II und 1 Textabbildung.

(Eingegangen am 13. Januar 1919.)

Die Augen von *Alciopa* erfuhren in letzter Zeit von Hesse¹⁾ (1899) und neuerdings von mir²⁾ (1909) eingehende Untersuchungen. Hinsichtlich der Augenmuskulatur ergab meine Untersuchung eine vollständige Bestätigung der Ergebnisse von Hesse. Das Bild, das wir uns von der Akkommodation des Auges machten, war jedoch etwas verschieden, hatte aber auf beiden Seiten nur den Wert einer Vermutung. Nun hatte sich in diesem Jahre v. Hess mit dieser Frage beschäftigt. Seine Ergebnisse veranlassen mich, auf meine frühere Untersuchung zurückzukommen, einmal, weil seine Beobachtungen der Linsenbewegung bei elektrischer Reizung mir eine wichtige Stütze für meine Auffassung des Akkommodationsvorganges zu sein scheinen, und dann, weil v. Hess selbst auf Grund eigener unzutreffender histologischer Befunde eine neue Hypothese aufstellt und die Ansicht vertritt, dass die älteren Auffassungen von Hesse und von mir „leicht als irrig dargetan werden können“ (S. 1489 Münchner Med. Wochenschr. 1914, Bd. 27).

Meine eigene Auffassung ergibt sich aus den beigegebenen Textabbildungen, die ich meiner früheren Arbeit entnehme. Danach beruht die Akkommodation auf der Tätigkeit von Meridionalfasern (in der Textabbildung ist ihre Lage mit *M* bezeichnet), deren Kontraktion eine Verringerung des Querdurchmessers und eine Verlängerung der Hauptachse des Auges bedingt. Gleichzeitig mit dieser Verlängerung (Abb. 1c) wird die Linse nach vorn geschoben, so dass der Abstand von der Retina wächst; es liegt also eine aktive Nahakkommodation vor. Bei Nachlassen der Kontraktion der Muskeln mag wohl die Elastizität des Augapfels ohne weiteres wieder die frühere Form bedingen.

Es wurde von Hesse zum erstenmal darauf hingewiesen, dass die Zellen der inneren Cornea ihrer Gestalt und ihrer Färbbarkeit nach

1) Die Augen der polychäten Anneliden. Zeitschr. wiss. Zool. 1899 S. 65.

2) Zoolog. Jahrb. Abtlg. Anat. 1909 Bd. 27.

von gewöhnlichen Epithelzellen abweichen und so Veranlassung geben, in ihnen kontraktile Elemente zu vermuten. Ich habe mich dieser Ansicht von Hesse angeschlossen, und glaubte mir die Kontraktionswirkung dieser Zellschicht so erklären zu müssen, dass sie zu einer Abflachung der Cornea, damit zu einer Ausbuchtung der nachgiebigen Zone, in der die Meridionalmuskelfasern liegen, führen. So würden

Abb. 1. Schema zur Erläuterung der Hypothese hinsichtlich der Wirkungsweise der Akkomodationsmuskeln. *Co* Cornea. *M* Bezirke der meridionalen Muskelfasern. *a* Ruhezustand. Mittlere Entfernungseinstellung. *b* Kontraktion der inneren Cornea. Dadurch wird die Linse der Retina nahe gebracht und der Bezirk *M* passiv nach aussen gewölbt = Feineinstellung. *c* Kontraktion der Meridionalfasern. Linse und Cornea werden distal vorgedrängt = Naheinstellung. Die Pfeile in *b* und *c* geben die Druckwirkung an, in *a* die Kontraktionsrichtung der Muskeln.

sie schliesslich eine Zurückdrängung der Linse gegen die Retina hin bewirken (Abb. 1*b*). Durch ihre Tätigkeit würde demnach nicht nur nach Aufhören einer Nahakkommodation die Wirkung der Elastizität des Augapfels unterstützt und dadurch das Auge in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden, sondern es könnte noch darüber hinaus zu einer aktiven Fernakkommodation beitragen.

Ich hatte dann in einem besonderen Abschnitte die Frage untersucht, inwiefern bei Alciopa eine derartige doppelte aktive Entfernungsanpassung entstanden sein mochte.

Ich schrieb damals S. 681: „Alciopa besitzt keine Extremitäten, um die Beute festzuhalten und sie zum Munde zu führen. Sie ist darauf angewiesen, sie sicher zu erschnappen. Dies setzt aber ein scharfes Sehen des Objekts in dem Moment voraus, in welchem dieses erfasst werden soll. Nun liegt aber die Öffnung des ausgestülpten Schlundrohres in ganz unbedeutendem Abstand von den Augen. Mithin ist hier eine maximale Nahakkommodation erwünscht. Vielleicht ist man geneigt, dieselbe Betrachtung auch auf die Fische anzuwenden, die ebenfalls die Beute erschnappen und dennoch nur zwei Akkommodationsstellungen haben. Hierzu ist anzuführen, dass bei den Fischen durch ihre geradlinigere Fortbewegungsart ein Sehen der Objekte direkt vor der Mundöffnung nicht so unbedingt nötig erscheint wie bei dem mehr schlangenartigen Schwimmen der Alciopoden. Weiter kommt hinzu, dass der absolute Objektstand bei den Fischen stets viel grösser ist als bei den Alciopoden. Nehmen wir einen kleinen Raubfisch von der Länge von 20 cm. Man wird annehmen müssen, dass er im Augenblicke des Zusehnappens die von ihm abgelegene Hälfte des Beutetieres scharf sieht. Daraus ergibt sich etwa eine Einstellung auf 5 cm Objektstand. Nehmen wir die 100fache Entfernung (5 m) als Maass für die Feineinstellung, so ergibt sich eine Differenz der Dioptrienstärke — die hier als Maass für die Linsenbewegung gelten mag — von $20 - \frac{1}{5} = 19\frac{4}{5}$ D. Nehmen wir anderseits für Alciopa eine Naheinstellung auf 5 mm an — ein Wert, der eher zu hoch als zu niedrig bemessen ist — und eine Feineinstellung auf 50 cm, so ergibt sich eine Dioptriendifferenz von $200 - 2 = 198$ D. Daraus geht hervor, dass bei Wechsel der Einstellung innerhalb geringerer Entfernungen ungleich stärkere Ortsveränderungen der Linse nötig werden. Dieses Moment scheint mir nicht unwesentlich bei der Beurteilung der drei Akkommodationsstellungen der Alciopiden zu sein.“

v. Hess kommt zu einer hiervon vollständig abweichenden Auffassung. Veranlasst wurde er dazu durch seine Beobachtungen bei Reizung der Augen mittels Elektroden. Weiterhin versucht er nun durch erneute anatomische und histologische Untersuchung des Objekts die morphologischen Daten mit seiner Hypothese in Einklang zu bringen.

Er schreibt in seiner neuesten Publikation hierüber (Pflüger's Arch. Bd. 172 S. 454 unten, 1918): „Reizt man nun, ohne die Elektroden mit dem Auge selbst in Berührung zu bringen, mit schwachen Strömen, so sieht man regelmässig an der unteren Hälfte der Augenhüllen, gerade nach unten von der Linse, eine leichte Zusammenziehung der Hülle mit Bildung feinsten Fältchen; dabei werden auch die seitlich angrenzenden Teile der Augenhülle bis zur Hornhautbasis ein wenig herangezogen. An den nach oben und seitlich von der Linse gelegenen Teilen der Augenhülle sowie an der übrigen Hornhaut sind niemals Bewegungen sichtbar, auch nicht bei Reizung mit starken Strömen. Die Veränderungen in der unteren Hälfte der Augenhüllen sind bis nahe an den „Pupillarsaum“ sichtbar, der zuweilen auch noch deutliche, wenn auch wenig ausgiebige Lageveränderungen zeigt.“

An genügend frischen Augen, die so liegen, dass die Linse im Profil sichtbar ist, sieht man bei jeder Reizung die Linse deutlich, wenn auch wenig, nach vorn, das ist hornhautwärts rücken. Man kann einerseits das Hervortreten der Linse aus der Pupillenöffnung, anderseits die Annäherungen des vorderen Linsenscheitels an die Hornhaut an solchen Augen beliebig oft zur Anschauung bringen. Das Vorrücken der Linse bei Reizung erfolgt ziemlich rasch und plötzlich, während die Rückkehr in die Ruhelage nach Aufhören der Reizung etwas langsamer vor sich geht. Diese Versuche sind an ganz frischen, noch gut gefüllten Augen vorzunehmen; wenn man ein enukleiertes Auge längere Zeit hindurch oft gereizt hat, so fallen die Hüllen allmählich zusammen, und obschon die Muskeln bei Reizung sich auch jetzt noch gut zusammenziehen, sind die Lageveränderungen der Linse an so deformierten Augen nicht mehr einwandfrei zu verfolgen.

Die mitgeteilten Beobachtungen bringen den Nachweis, dass die Alciopiden eine positive Nahakkommodation besitzen, die durch Vorrücken der in ihrer Form unveränderten Linse und Vergrößerung des Abstandes zwischen ihr und der Netzhaut herbeigeführt wird.“

Mit diesem Reizeffekt bringt v. Hess die Glaskörperdrüse (s. Abb. 8 unten, Tafel II) in Beziehung.

Er schreibt darüber S. 459: „Diese Glaskörperausstülpung finde ich nun gerade an jener Stelle der unteren Augenwand, an der allein, wie die elektrische Reizung uns zeigte (s. oben), Muskeln vorhanden sind, deren Kontraktion in entsprechenden Gestaltsveränderungen der Umgebung zum Ausdruck kommt; wenn sich diese Muskeln zusammenziehen, müssen sie einen gewissen Druck auf jene Ausstülpung ausüben, etwa so wie auf einen mit Flüssigkeit gefüllten Gummiballon. Dadurch gelangt etwas von ihrem ausserhalb der Bulbushülle befindlichen Inhalte in den Glaskörperraum, wodurch die der vorderen Glaskörperfläche leicht beweglich aufliegende Linse etwas nach vorn gehoben werden muss. Mit dem Nachlassen der Muskelkontraktion tritt der zähflüssige Inhalt wieder in die Ausstülpung zurück.“

Da er durch diese Auffassung der Glaskörperdrüse eine den gewöhnlichen Drüsen fremde Aufgabe zuschreibt, andererseits aber doch nicht bestreiten möchte, dass hier ein wirkliches Drüsenorgan vorliegt, so schreibt er in einer Anmerkung hierzu:

„Die Frage, ob dem merkwürdigen Gebilde neben der von mir nachgewiesenen akkommodativen auch eine sekretorische Funktion zukommt, wird durch meine Befunde natürlich nicht berührt; im allgemeinen haben sezernierende Gebilde in der Tierreihe ein ganz anderes Aussehen als die hier in Rede stehende Ausstülpung.“

Es wird sich also hier nicht darum handeln, zu entscheiden, ob Drüse oder mit unveränderter Glaskörpermasse erfüllter Ballon, sondern die Frage wird zu lauten haben: Liegt hier nur eine Drüse vor oder ein den v. Hess'schen Anforderungen genügendes Organ, gleichgültig, ob diesem ausserdem noch Drüsenfunktionen zukommen?

Ich stelle nun einander gegenüber die Forderungen, die die Hypothese von v. Hess und die, die meine Hypothese an die Morphologie

des Auges stellt und lasse den Leser selbst an der Hand der beigegebenen Photogramme entscheiden, welche Forderungen erfüllt werden.

	Die Auffassung von v. Hess verlangt:	Meine Auffassung verlangt:
1. Glaskörperdrüse.	Eine zum mindesten teilweise Anfüllung der Drüse mit nicht veränderter Glaskörpermasse.	Normalen Drüsencharakter.
2. Akkommodationsmuskel	Anordnung der Muskulatur, die ein Auspressen der Glaskörperdrüse möglich erscheinen lässt.	1. In Höhe der lentikulären Retina (Abb. 1 <i>L R</i> , Abb. 8 unten) vor der Glaskörperdrüse meridional das Auge vollständig umschliessende Muskelzüge. 2. Kontraktilität der Zelle der inneren Retina.
3. Mechanismus der Linsenverschiebung.	Linse vor dem Glaskörper liegend, von diesem nicht umschlossen.	Lage der Linse vor oder in dem Glaskörper gleichgültig.

Zur Beurteilung (Punkt 1) der Frage nach dem Charakter der Glaskörperdrüse und ihrer rein sekretorischen Tätigkeit, sei auf Abb. 4, ferner auch auf 2 und 3 *Gl. D.* verwiesen. Ihre Lage ist aus dem schematischen Bild Abb. 8 zu ersehen. Das Wichtigste ist, dass der Inhalt der Drüse sich in zwei nicht scharf voneinander zu unterscheidende Bezirke trennt, von denen der eine, zentrale, wesentlich dünnere sekretartige und dem Glaskörper ähnlichere Beschaffenheit aufweist als der deutlich plasmatische periphere Teil. Es könnte demnach in der Tat der Gedanke auftauchen, dass hier die mittlere Partie bei Akkommodation in den Glaskörperraum ausgepresst wird und nachher wieder zurückströmt. Doch wird eine solche Anschauung unmöglich gemacht durch den Umstand, dass in dieser flüssigen Phase der Drüsenmasse stets der Kern, und zwar nicht der „Kern“ und auch nicht der „sogenannte Kern“, wie ihn v. Hess stets nennt, sondern der, wie in Abb. 4 ersichtlich, typische und wohl nicht als solcher zu verkennende Kern liegt. In Abb. 2 liegt ein Anschnitt des Auges vor, wie aus der Retina und Cornea zu ersehen ist, daher ist dort der Kern nicht getroffen (Taf. Abb. 2 und 3).

Der zweite Punkt handelt von den Akkommodationsmuskeln. Was hier v. Hess an Tatsachen bringt, ist folgendes:

Er schreibt S. 458: „Die ganze Ausstülpung (nämlich der Glaskörperdrüse) ist von einem zarten, kernarmen Häutchen allseitig umschlossen. Als Muskeln, deren Zusammenziehung den Inhalt der Ausstülpung nach dem Glaskörper hin drängt (s. unten), sind wohl in erster Linie die zwischen

der Ausstülpung und dem Greeff'schen Organ sichtbaren Fasern anzusprechen.“ (Greeff'sches Organ = lentikuläre Retina.)

Die zweite Stelle, die von Muskulatur handelt, ist bereits oben zitiert. Wir lesen dort: „Diese Glaskörperausstülpung finde ich nun gerade an jener Stelle der unteren Augenwand, an der allein, wie die elektrische Reizung uns zeigte, Muskeln vorhanden sind usf.“

Damit sind die positiven Angaben über Muskulatur erschöpft. Was sonst noch bei v. Hess über Akkommodationsmuskeln zu finden ist, beschränkt sich darauf, die von Hesse und mir festgestellten histologischen Befunde beiseite zu schieben.

Man beachte im vorhergehenden, dass v. Hess aus der elektrischen Reizung (von mir durch Sperrdruck hervorgehoben) auf die Lage der Muskeln schliesst.

Stellen wir uns nun auf den Standpunkt, dass die Angaben von Hess richtig wären, die zum Ausdruck bringen, dass „in erster Linie“ „die zwischen der Ausstülpung und dem Greeff'schen Organ sichtbaren Fasern“ für die Akkommodation in Betracht kommen, so wäre auch unter diesen Bedingungen nicht einzusehen, wie eine Kontraktion ein Auspressen des Glaskörperinhalts zur Folge haben sollte. Man vergegenwärtige sich (auf der Abb. 8 C), wirkliche Längsmuskelfasern zögen von der Glaskörperdrüse nach vorn zu in der Richtung nach der lentikulären Retina. Für die von v. Hess geforderte Wirkung einer Auspressung der Drüse wäre der Faserverlauf der denkbar ungünstigste. Doch ist es belanglos, hierüber Betrachtungen anzustellen, da derartige Muskeln überhaupt nicht vorhanden sind, und die, die existieren, in anderer Weise verlaufen. Sie sind auf dem Schema Abb. 8 in Querschnitt getroffen, als schwarze, kurze Striche erkenntlich, die in einer Reihe angeordnet, oben und unten sich zwischen die Epidermis und zwischen das Auge etwa in Höhe der lentikulären Retina und von da noch etwas nach hinten schieben. Die Photographie lassen sie deutlich erkennen; am besten kommen sie auf Anschnitten zum Ausdruck, so in Abb. 4 *M. M.*; dort wird deutlich, dass sie in starker Lage das Auge umziehen. Wir finden sie wieder in Abb. 2 und 3 links vollständig quer geschnitten; rechts im Bild (immer mit *M. M.* bezeichnet) etwas schräg angeschnitten. In Abb. 1 sind sie ebenfalls noch gut als vollständig das Auge meridional umschliessende, also als Ringmuskeln zu erkennen. Dass diese Muskeln — man betrachte nochmals Abb. 4 — nur das Auge, nicht aber die Drüse zusammenpressen; bedarf keiner weiteren Erläuterung. Wohl sieht man auf der Abbildung einige wenige Fasern, die in der oberen Umgrenzung der Drüse eingelagert sind, während die ganze übrige Drüse (Abb. 3 und 4 lassen dies deutlich erkennen) ohne jede Muskelhülle in ein synzytiales Parenchym eingebettet ist. Diese spärlichen

Muskelfasern, die auf der Abb. 4 zu erkennen sind, strahlen von der Basis des in der Nähe festsitzenden Tentakels aus, und hier glaube ich die Quelle des v. Hess'schen Irrtums zu finden. Ich vermute, dass bei der elektrischen Reizung die Kontraktion der Akkommodationsmuskel äusserlich kaum oder gar nicht mit den Mitteln, die v. Hess angewandt hat, zu erkennen ist, dass also nur ihr Effekt, die Linsenverschiebung, unter diesen Umständen wahrgenommen werden kann. In der v. Hess beobachteten feinen Fältelung im unteren Teil des Auges dagegen, die er auf Kontraktion der Akkommodationsmuskeln zurückgeführt hat, vermute ich eine Wirkung der Kontraktion der Muskelfasern, die von der Basis der Tentakeln ausgehen und natürlich ebenso gut gereizt werden wie die Akkommodationsmuskeln, zumal da die Elektroden mit dem Auge direkt gar nicht in Berührung kommen, sondern nur in das Wasser eintauchen.

v. Hess wirft mir vor, dass ich zu apodiktisch eine Vermutung als Behauptung aufstelle (S. 450):

„Während Hesse das Hypothetische der seiner Theorie zugrunde liegenden morphologischen Annahmen ausdrücklich betont, betrachtet Demoll (1909) diese Annahmen über die Natur der fraglichen beiden Fasergruppen als Tatsachen, obschon er sich auf die Untersuchung gehärteten Materials beschränkt und sich der Darstellung von Hesse nur anschliesst. Er beschreibt „in dem Bezirk zwischen dem Rande der Hauptretina und der Cornea reichlich Maskelfasern, die die distale Hälfte der Augenblase meridional und teilweise auch in Art einer Schraubenlinie umziehen.“

Dieser Satz, den er nach meiner Arbeit zitiert, bezieht sich — wie ja daraus ohne weiteres zu ersehen — auf die meridionale Muskulatur. Dass ich Gebilde, wie sie in Abb. 4 mit *M. M.* bezeichnet sind, als Muskelfasern anspreche und hier nicht mit „Vermutungen“ und mit „es scheint, dass“ arbeite, wird mir wohl kaum ein Histologe verübeln. Hinsichtlich der Muskelfunktion der inneren Cornea habe ich mich jedoch nicht positiver ausgedrückt wie auch Hesse, da ich mich ihm hinsichtlich seiner Auffassung voll angeschlossen habe und weiter auch betonte, dass ich hierfür wie Hesse in der verschiedenen Färbbarkeit ein wichtiges Argument sehe. Was den Akkommodationsvorgang schliesslich selbst betrifft, habe ich ihn deutlich als Hypothese bezeichnet. Ich glaube daher, dass auf meiner Seite apodiktische Behauptungen nicht vorliegen.

Was nun den Charakter der Zellen der inneren Cornea anlangt, so war natürlich das färberische Verhalten nicht das einzig Maassgebende, um in ihnen kontraktile Elemente zu sehen. Die Abb. 2 und 3 *I. R.* lassen im Anschnitt den von dem normalen Epithel abweichenden und zu dem Typus der Muskelfasern hinneigenden morphologischen Charakter dieses Gewebes erkennen.

In seiner Abhandlung hat v. Hess festgestellt, dass die Linse nicht direkt an die Hornhaut anstösst. Daran anschliessend schreibt er S. 453 unten:

„Den vorher erwähnten Akkommodationshypothesen von Hesse und Demoll lag die Annahme zugrunde, die Linse liege der Hornhaut unmittelbar an; dies ist ein Irrtum, der entweder auf Beobachtung an nicht tadellos konserviertem Material oder, soweit frisches in Betracht kommt, auf Beobachtung in Luft zurückzuführen ist, wo eine unmittelbare Berührung zwischen Hornhaut und Linse vorgetäuscht werden kann.“

Einige Seiten später allerdings scheint er sich wieder zu erinnern, dass dasselbe von mir auch ausdrücklich hervorgehoben wurde. Dort lesen wir das Gegenteil über meine Ansicht (S. 459):

„Während also nach Demoll's Beschreibung und Abbildung die Linse von dem nach ihm bis zur hinteren Hornhautfläche reichenden Glaskörper allseitig vollständig umgeben sein sollte, ruht sie nach Hesse in einer Art Vertiefung der vorderen Glaskörperoberfläche.“

Diese Angabe trifft den Sachverhalt. Auf dem Schema, das ich meiner früheren Arbeit beigegeben habe, war in derselben Weise, wie auf dem hier in Abb. 8 niedergelegten, deutlich gemacht, dass die Linse nicht direkt an die Cornea anstösst, sondern vollständig von dem Glaskörper umgeben wird. Dass Hesse dies früher nicht beachtete, ist sehr leicht erklärlich, wenn man die Abb. 1 betrachtet, die erkennen lässt, dass die Glaskörpermasse, die sich zwischen Linse und Cornea hindurchschiebt, bei der Fixierung meist zu einem feinen Strang zusammenfällt; nur die eigentümlich zackigen Umrisse des vorderen Linsenrandes und die einzelnen Granula, die hier isoliert im Raume liegen, deuten darauf hin, dass durch Schrumpfung das Bild verändert sein musste.

Es kommt als weitere Komplikation hinzu, dass der präretinale Raum, wie in Abb. 8 angegeben, seitwärts sich zwischen Glaskörper und Augenwandung als feinste Spalte einschiebt. Dieser Spaltraum, der zum Beispiel in Abb. 1 rechts sehr deutlich hervortritt, des weiteren auch in Fig. 5 und 6 (*P. S.*) wird von v. Hess, seiner Zeichnung nach zu schliessen, die das Auge wiedergibt, nicht gefunden.

Nun sollte man meinen, dass v. Hess sich meiner Ansicht ganz angeschlossen hätte hinsichtlich der Einbettung der Linse in den Glaskörper. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Es würde dies auch seiner Auffassung von der Akkommodation die grössten Schwierigkeiten bereitet haben. Denn so wie die morphologischen Tatsachen liegen, müsste die im Glaskörper ganz eingebettete Linse bei Vermehrung der Glaskörperflüssigkeit durch Auspressen der Drüse von allen Seiten gleichmässigen Druck empfangen. könnte also eine Ortsveränderung nicht vornehmen. Diese Schwierigkeiten konnten für v. Hess nicht bestehen, da er annimmt, dass die Linse zwar, wie bei Betrachtung des ganzen Auges zu ersehen ist, von der Hornhaut durch einen

deutlichen Zwischenraum getrennt ist, dass aber dieser Zwischenraum nicht von Glaskörpermasse erfüllt wird. Von welcher Substanz aber der von ihm deutlich erkannte Zwischenraum zwischen Linse und Hornhaut ausgefüllt wird, sagt er nicht. Versuchen wir, uns an seiner Abbildung zu orientieren, so sehen wir dort nur, wie die Zeichnung der granulierten Glaskörpermasse etwa im Äquator der Linse unvermittelt, d. h. ohne Abgrenzung durch Membran aussetzt und an ihrer Stelle ein Nichts tritt, ein Spaltraum mit nicht ausgefüllter Fläche, der zwischen Linse und Cornea hindurchläuft. Eine Abschliessung gegen diesen Raum hat er also selbst nicht finden können. So bleibt er uns die Antwort schuldig auf die Frage: Grenzt hier der Glaskörperraum ohne abgrenzende Wand an einen Luftraum oder an einen Raum, der mit irgendeiner wässerigen Flüssigkeit erfüllt ist? Ich glaube nicht, dass er auf Grund seiner Abbildung Nr. 2 in seiner Arbeit das erstere behaupten wird. Wenn aber irgendeine Flüssigkeit, die in freiem Austausch mit dem Glaskörper steht, sich hier anschliesst, so gilt dasselbe, wie wenn der Glaskörper selbst die Linse allseitig umschliesen würde; d. h. wir müssen dann ein Vorrücken der Linse auf Grund eines Einspritzens von Glaskörperflüssigkeit von der Drüse aus schon aus diesem Grunde ablehnen.

Falls aber v. Hess doch der Ansicht sein sollte, dass hier ein luftgefüllter Raum existiert, so würde er uns die Antwort auf die zweite Frage schuldig bleiben: wie es kommt, dass die Linse mit der Grösse des Auges, also mit der Grösse des Tieres ständig wächst, und zwar nicht einseitig, sondern ringsum? Dies Moment allein fordert schon — wie ich bereits in der ersten Arbeit hervorgehoben habe — die Annahme, dass die Linse allseitig von Glaskörpermasse umgeben ist.

Ich glaube hiermit dem Leser selbst die Möglichkeit gegeben zu haben, zu beurteilen, welche von beiden Hypothesen den Vorzug verdient. In der Beobachtung von v. Hess, dass bei Reizung mit Elektroden eine Vorwanderung der Linse, mithin eine aktive Nahakkommodation stattfindet, sehe ich eine wichtige Stütze meiner Ausfassung. Das, was v. Hess irregeführt hat, die Faltenbildung auf der unteren Seite, war — wie sich aus den anatomischen und histologischen Tatsachen ergibt — jedenfalls ein falscher Indikator für die Tätigkeit der Akkommodationsmuskeln. Es scheint mir — wie schon ausgeführt —, dass die Kontraktion der Tentakelmuskeln diese Veränderung hervorbringt.

Schliesslich sei hier noch eine Bemerkung von v. Hess über die Nebenretina angefügt. Er schreibt darüber S. 458:

„Bei manchen meiner Präparate kam mir die Frage, ob dieses Gebilde auch als eine Art Stütze dienen könne, auf der die Linse mit ihrem unteren Pole aufliegt. Es findet sich ausschliesslich unten, dehnt sich nach den

Seiten nur eine kleine Strecke weit aus, sein oberer Rand liegt in nächster Nähe des unteren Linsenrandes: eine solche Stütze würde also wesentlich dazu beitragen können, Zerrungen zu verringern, wie sie insbesondere beim akkommodativen Vor- und Zurückrücken der Linse an der vorderen Glaskörperfläche leicht stattfinden können, da die Linse an letzterer gewissermaassen frei schwebend befestigt ist. Die Beantwortung dieser Frage muss ich dem Histologen überlassen; vom physiologischen Standpunkte stehen der Auffassung des Gebildes als Nebenretina, soweit ich sehe, keine Bedenken entgegen. Für die Erörterung des Akkommodationsmechanismus ist die Frage nach seiner Natur ohne Belang.“

Danach gibt er selbst zu, dass er sich histologisch nicht zu intensiv mit diesen Gebilden befasst hat. Unter diesen Umständen hätte der Satz, der von der Ausdehnung dieses Gebildes handelt: „es findet sich ausschliesslich . . .“ weniger apodiktisch sein dürfen. Zumal, da ich früher ausdrücklich eine grössere Ausdehnung beschrieben habe. Ich hatte auf Grund von vielen Schnittserien und mühsamen Rekonstruktionen festgestellt, dass sich diese Nebenretina median vorn bis etwa zur horizontalen Hauptebene des Auges ausdehnt.

Der nervöse Charakter dieses Gebildes lässt sich bei günstiger Schnittserie meist an einer Unzahl von Schnitten feststellen. In Abb. 5 und 6 ist deutlich das Auslaufen der Retinazellen in Nervenfasern und die Vereinigung derselben zu einem Nervenstrang zu ersehen.

Ich habe in meiner ersten Arbeit wohl erkannt, dass hier Retinazellen vorliegen, konnte mir jedoch damals über die Form der Rezeptoren nicht ganz klar werden. Die anscheinend sehr harten und durch das Mikrotommesser häufig feine aufgesplitterten Cuticularröhren haben mir damals einen Stiftehensaum vorgetäuscht. Neuerdings konnte ich mich nun einwandfrei überzeugen, dass hier dieselbe Form der Rezeptoren vorliegt wie in der Hauptretina, nämlich cuticulare Röhren, die nach ihrem freien Ende zu eine trompetenförmige Öffnung zeigen.

Das mit stärksten Vergrösserungen hergestellte Photogramm (Abb. 7) zeigt (bei X) eine recht gut erhaltene, nicht gesplitterte derartige Röhre. Auch in der Abb. 6 (X) ist eine solche zu erkennen. Auf dem Übersichtsbild Abb. 8 sind diese entsprechend eingetragen.

Erklärung der Abbildungen.

<i>A. C.</i> = äussere Cornea.	<i>P. R.</i> = Präretina.
<i>G. L.</i> = Glaskörper.	<i>P. S.</i> = Spalt, in dem sich die präret. Masse fortsetzt.
<i>Gl. D.</i> = Glaskörperdrüse.	<i>R.</i> = Rezeptoren.
<i>I. C.</i> = innere Cornea.	<i>R. Z.</i> = Retina-Zellen.
<i>L. R.</i> = lentikuläre Retina.	<i>S.</i> = Synzytiales Parenchym.
<i>M. M.</i> = Meridionale Muskelfaser.	<i>S. S.</i> = Sekretstrom.
<i>N.</i> = Nerv der lentic. Retina.	
<i>P.</i> = Pigment.	

Abb. 2.

Abb. 1.

Abb. 4.

Abb. 3.

Abb. 5.

Abb. 6.

Abb. 7.

Abb. 8.