

SCHRIFTEN DER GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER
WESTFALISCHEN WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU MÜNSTER

37

HELLMUT BECHER

AUGE UND ZWISCHENHIRN



VERLAG ASCHENDORFF
MÜNSTER WESTF. 1956

№

V 9238

1957 T 85

*Rede, gehalten anlässlich des
Rektoratsantrittes
am 11. November 1955*



Druck der
Aschendorffschen Buchdruckerei
Münster Westfalen

R. 11. 1

Hochansehnliche, festliche Versammlung!

Nach dem bekundeten Willen des großen Senates dazu bestimmt, der Westfälischen Wilhelms-Universität für ein Jahr an vornehmster Stelle zu dienen, übernehme ich in dieser feierlichen Stunde das Amt des Rektors. Es ist mir ein wahrhaft empfundenenes Anliegen, meine ersten Worte an den scheidenden Rektor, Herrn Prof. Dr. Volk zu richten und ihm herzlichen Dank für die vorbildliche Rektoratsführung in seinem Amtsjahr auszusprechen. Wir haben soeben aus seinem Bericht ein Bild von den vielfältigen Ereignissen und den für die Universität bedeutungsvollen Vorgängen erhalten. Wer ein wenig Einblick hatte in den Vollzug und die Steuerung dieser Universitätsereignisse, der weiß, mit welchem Fleiß und Ernst, mit welchem nimmermüden und tatkräftigen Einsatz der scheidende Rektor sich zum Gedeihen und Wohle der Sache eingesetzt hat und wie alles das, was geschaffen und erreicht wurde, ihm in besonderem Maße zu danken ist. Durchdrungen von den hohen Aufgaben der Universität, hat er unsere Hochschule auf dem Weg durch das Jahr geleitet und ihr die geistige Würde und den Anteil kultureller Geltung beigegeben, der den Universitäten im deutschen Geistesleben seit Jahrhunderten zusteht. So klingt für mich durch dieses Wort des Dankes die Stimme der Verpflichtung und das Gelöbnis, nach meinen Kräften mich einzusetzen, um

auch im kommenden akademischen Jahr an den Aufgaben unserer Alma mater erfolgreich zu schaffen und den Zielen zu dienen, denen wir Hochschullehrer Leben und Arbeit gewidmet haben: dem Finden der Wahrheit, Mehrung der Erkenntnis, dem Streben nach durchgeistigter Menschlichkeit und der Hingabe an unsere Studenten, eine Hingabe mit unserer ganzen Persönlichkeit als Mensch und Forscher und Lehrer.

Auge und Zwischenhirn

Nach akademischem Brauch beginnt der Rektor seine Amtstätigkeit mit einem Vortrag aus seinem Fachgebiet. So darf ich Ihnen in einer Zusammenfassung der Ergebnisse eigener Arbeiten und der meiner Mitarbeiter von Untersuchungen und Gedanken berichten, die mich in den letzten Jahren beschäftigt haben.

Seit meiner Studentenzeit hat mich das Auge in seiner Gestalt und seinen Leistungen in besonderem Maße gefesselt. Aus meiner morphologischen Sicht habe ich immer wieder Anlaß zu ernster Beschäftigung mit dem Auge gefunden.

Die Anatomie bemüht sich um die Erforschung und das Verständnis ihres Gegenstandes in dem doppelten Licht von Form und Funktion, Bauweise und Leistung. Ausgehend von der Wesensart des erforschbar Lebendigen als einer Synthese von Gestalt und Geschehen versucht die Anatomie aus dem morphologischen Befund die funktionellen Äußerungen zu verstehen und die belebten Naturkörper als biologische Einheit zu sehen. So geht das Bestreben, die Formbestandteile des Körpers nicht nur als anatomische Konstruktionen nach ihrer Entstehung und ihrem fertigen Zustand aufzudecken, sondern sie in Beziehung zu ihren Leistungen zu bringen und derart systemmäßige Zusammenhänge zu erkennen. Dieses Streben nach Systembetrachtung gilt sowohl für den makroskopischen wie für den mikroskopischen Be-

reich anatomischer Forschung. Knochen, Gelenke und Muskeln zusammen mit ihren Gefäßen und Nerven werden zu dem funktionellen System Bewegungsapparat. Kollagene Fasern des Bindegewebes, elastische Fasern und glatte Muskelzellen werden zu elastisch-muskulösen Systemen. Bestimmte Zellgruppen an der Wandung der Blut- und Lymphstrombahn in Leber, Milz, Lymphknoten und Knochenmark sind ohne unmittelbaren anatomischen Zusammenhang und bilden keine höhere morphologische Einheit, vielmehr verbindet sie die gemeinsame Leistung im Dienste einer Abwehrfunktion und die Fähigkeit, Fremdstoffe zu speichern, zu einem funktionellen System mikroskopischer Größenordnung. So besteht unser Körper in dem Gefüge seiner Glieder aus ganzheitsbezogenen Ordnungen, aus funktionellen Systemen (Benninghoff). Dieser Begriff wird zur Kennzeichnung einer Betrachtung des Lebendigen, die Form und Leistung umschließt.

Ich möchte heute über einen derartigen Systemzusammenhang berichten, den man baulich als Verbindung von Auge und Zwischenhirn, leistungsmäßig in der Bedeutung des Auges für die vegetativen Lebensvorgänge kennzeichnen kann.

Wer vom Auge spricht, denkt an das Sehen. Im allgemeinen Sprachgebrauch und nach Kennzeichnung und Funktionsbestimmung ist das Auge das Sehorgan. Die Sehfunktion ist die für jedermann erfahrungsgemäß beherrschende und eindrucksvollste Leistung des Organs. Nach Aristoteles ist der Gesichtssinn das begriffliche Wesen des Auges. In hervorragender Weise ist das Auge auf diese Sehfunktion eingerichtet.

Drei Hüllen umgeben den Augapfel, der durch Muskeln beweglich in der Augenhöhle eingebettet liegt und durch die Augenlider geschützt und von der Außenwelt abgedeckt werden kann. Im Innern enthält der Augapfel im wesentlichen zwei Räume, die durch eine veränderliche Ringblende, die Regenbogenhaut, unvollständig getrennt sind. Die vordere Augenkammer ist mit Kammerwasser, der hintere größere Raum mit der gallertigen Masse des Glaskörpers gefüllt. Hinter der Öffnung der Ringblende, der Pupille, liegt die Augenlinse, deren Vorderfläche durch einen besonderen Spannaparat in ihrer Krümmung veränderlich ist, wodurch die Scharfeinstellung des Auges auf Fern- und Nahsehen ermöglicht wird. Die Lichtstrahlen dringen durch die klare, uhrglasartig in die äußere Augenhaut eingesetzte Hornhaut, durch vordere Augenkammer, Schloch, Linse und Glaskörper und werden nach den physikalischen Gesetzen des Strahlenganges im Augenhintergrund auf der innersten der drei Hüllen, der Netzhaut, vereinigt. Die Netzhaut oder Retina ist die lichtempfindliche, nervöse Augenhaut. Nur im hinteren Anteil des Augapfels ist sie zum Sehen befähigt, wobei eine bevorzugte Stelle als die des deutlichsten Sehens in der Zentralgrube gelegen und durch eine gelbliche Färbung gekennzeichnet ist. Wollen wir einen Gegenstand „ins Auge fassen“, so wenden wir die Blickrichtung unwillkürlich und koordiniert derart, daß er auf dieser Stelle des deutlichsten Sehens abgebildet wird.

Die Netzhaut ist ein System von drei reihenweise geordneten Nervenzellschichten oder Neuronen. Die äußerste Schicht besteht aus den eigentlichen Sinneszellen. Diese sind zu zwei Arten differenziert: den Zapfensehzellen,

die für die bunten Farben empfindlich sind und den Stäbchensehzellen, die von den tonfreien Farben erregt werden. Mit der Schicht der Sehzellen stellen die Nervenzellen eines zweiten und dritten Neurons in synaptischem Zusammenhang. Die Nervenzellen des dritten Neurons, denen wir uns im besonderen zuwenden werden, bilden die Ganglienzellschicht der Retina. Die von diesen Ganglienzellen ausgehenden Nervenfasern sammeln sich in radiärem Verlauf an der Ansatzstelle des Sehnervs am Augapfel, dem sogenannten blinden Fleck. Die von den Lichtstrahlen in den Stäbchen- und Zapfensehzellen als den Empfängern und Vermittlern der Lichtreize hervorgerufenen Erregungen werden auf dem Wege der Sehnerven und der zentralen Sehleitung dem Großhirn zugeführt, um hier das sehend Bemerkte als Lichtempfindung dem Erleben zu vermitteln (Lersch). In dieser Bahn sind in den primären Sehzentren vielfältige Beziehungen und Umschaltungsmöglichkeiten für die Pupillenweite, die Scharfeinstellung des Auges, Lidschlag, Muskeltätigkeit, Tränenabsonderung u. a. gegeben und gewährleistet.

Die zentrale Stelle des Gehirns, in der uns das durch den Augensinn Bemerkte in Erlebnisse übersetzt und zu bewußten Vorstellungen wird, liegt im Hinterhauptslappen des Großhirns. Hier kommt es im psychischen Bereich zum Gestalterleben, zu optischen Erinnerungsbildern und vielfältigen Verknüpfungen mit anderen Regionen der Großhirnrinde und subkortikalen Gebieten des Hirnstammes. So schenkt uns das Auge die wunderbare und beglückende Gabe des Sehens.

Aber, das Auge ist nicht nur zum Sehen da! Allgemein ist bekannt, daß das Auge ein stark ausdrucksbegabtes

Organ ist und im Auge sich im besonderen Gemütsbewegungen und gefühlsbetonte Stimmungslagen spiegeln und zu erkennen geben. Das Auge ist der Spiegel der Seele. Ein japanisches Sprichwort lautet:

Das Auge spricht mehr als der Mund.

Damit werden Zusammenhänge und Beziehungen in volkstümlicher Erfassung angedeutet, die in den Leistungsbereich des vegetativen Nervensystems gehören und damit schon auf den Weg führen, der hier aufgezeigt werden soll.

Allein ich möchte nicht so sehr von dem „Ausdruck“ des Auges sprechen, obwohl es hierüber Wesentliches und Bedeutungsvolles zu sagen gäbe. Gerade für den Arzt sind Blick und Ausdruck des Auges sprechendes Merkmal über Zustand und Ergehen des Patienten. Und Schmerz, Trauer, Verzweiflung und Verzicht sprechen ebenso wortlos wie Hoffnung, Genesung, Trost und freudige Erwartung. So wird das Auge für den erfahrenen und in dieser Sprache ansprechbaren Arzt zu einem einzigartigen Bekenner des körperlich-seelischen Zustandes seines Patienten. Es wäre verlockend, aber nicht im Rahmen unserer Absichten, davon zu sprechen, wie das Auge auch zu einem sehr wertvollen Anzeiger und Gradmesser von vielen Allgemein-Erkrankungen des Körpers werden kann, so daß der Augenarzt nicht selten der erste ist, der aus objektiven Befunden am Auge allgemeine und Systemerkrankungen bei seinem Patienten erkennt und bestimmt.

Wir halten es für eine wichtige Aufgabe, unseren Studierenden der Medizin das richtige ärztliche Sehen bei-

zubringen, sei es am Krankenbett, sei es im mikroskopischen Gesichtsfeld oder vor dem Röntgenschirm:

Was ist das Schwerste von allem?

Was Dir das Leichteste dünkt:

Mit den Augen zu sehen,

Was vor den Augen Dir liegt.

(Goethe)

Zahlreiche biologische Beobachtungen und medizinische Untersuchungen haben in neuerer Zeit den Einfluß des Lichtes auf körperliche Vorgänge und seelisches Befinden erwiesen. Wir sind hineingestellt in die kosmischen Rhythmen von Tag und Nacht, Sommer und Winter und unterstehen diesen Wirkungen des *Ens astrale* im Sinne von Paracelsus als steuerndem Prinzip der vegetativen Lebensvorgänge.

Nur einige Beispiele seien genannt. Der Einfluß des Lichtes auf den Farbwechsel der Tiere, besonders bei Fischen und Amphibien, ist allgemein bekannt und experimentell vielfältig überprüft. Aktivierend und fördernd wirkt der Lichteinfluß auf Wachstum und Tätigkeit der Keimdrüsen, auf die Beeinflussung der Sexualfunktionen, auf die Legetätigkeit der Hühner, auf den Zeitpunkt des Fettabbaues und der Mauserung, auf die Zugunruhe der Zugvögel, auf das Wachstum des Gehörns beim Reh und des Geweihs beim Hirsch. Unter dem Einfluß des Lichtes erfolgt die Regeneration des Blutes bei anämischen Hähnchen beschleunigt, beim Kaninchen hat mehrtägiger Augenabschluß eine Störung der 24-Stunden-Periodik des Blutzuckers zur Folge. Weitere Wirkungen fehlenden Lichtes sind Störungen im Wachstum und der Knochenbildung, Rückbildung

der Nebenschilddrüsen, Änderungen im Zellbild der Hypophyse. Bei Blinden kommt es zu einer Umstellung des Wasserhaushaltes auf erhöhte Nachtausscheidung. Flackerlicht löst beim Menschen eine Hemmung der Wasserdiurese aus. Funktionelle Prüfung des Kohlehydrathaushaltes mit Insulinbelastung bei Blinden ergibt einen verzögerten und abgeschwächten Eintritt der Gegenregulation. Es sind Fälle bekannt, in denen es nach Entfernung der stargetrübten Linsen und damit wieder freiem Lichteintritt in das Auge zur Heilung eines Diabetes mellitus kam. Auch die im Polarwinter auftretenden vegetativen Störungen sind auf die Änderung des Tag-Nachtrhythmus und dadurch bedingter Unterfunktion der Hypophyse und des Zwischenhirns zurückzuführen.

Nach diesen Beispielen über die Wirkung des Lichtes auf die Stoffwechselfunktionen verweisen wir noch auf die vertraute Tatsache des Lichteinflusses auf Stimmungslage und Wohlbefinden, wobei volkstümlich Helligkeit und Lichterglanz mit Freude, Dunkelheit mit Trauer und Bedrückung verknüpft sind.

Damit sind wir mitten in unserer Fragestellung, auf welchem Wege der Lichteinfluß zu den Auslösungsgebieten dieser vielfältigen Funktionen im Zentralnervensystem gelangt. Man hat von einer energetischen Bahn im Sehnerv gesprochen und es sind mehrfach Nervenfaserbündel im Sehnerv und der weiteren Sehleitung als sogenannte hypothalamische Bahn beschrieben und als Weg für die vegetativen Funktionen angesprochen worden. Mit Sicherheit ist anzunehmen, daß eine solche optische Bahn Beziehungen zu den Kernen des Zwischenhirns hat.

Als Zwischenhirn bezeichnen wir den Hirnteil, der zwischen dem Endhirn oder Großhirn und dem Mittelhirn gelegen ist, er stellt beim menschlichen Gehirn einen verhältnismäßig kleinen Anteil dar und wird vom Großhirn völlig überwachsen. Gleichwohl kommen dem Zwischenhirn oder Diencephalon vielfältige und lebenswichtige Aufgaben zu. Von den beiden Teilen des Zwischenhirns, dem Thalamus oder Sehhügelanteil und dem darunter gelegenen, der Gehirnbasis zugewandten kleineren Teil oder Hypothalamus interessiert uns vornehmlich der letzte, in dessen zu beiden Seiten der dritten Gehirnkammer gelegenen Wandungen sich zahlreiche Ganglienzellgruppen vorfinden und der unter trichterartiger Verjüngung mit der Hypophyse, dem Hirnanhang, verbunden ist.

Das Zwischenhirn stellt ein Ordnungssystem dar, welches die vegetative Regulation, den Innendienst im Körper, „die Ordnung im Innern“ wie Ferdinand Hoff sagt, zu besorgen und aufrechtzuhalten hat. Dazu gehört, um nur einiges zu nennen, die Steuerung und Koordinierung von Atmung, Kreislauf, Körperwärme, Wasserhaushalt, Zusammensetzung des Blutes, die Schlafsteuerung und vieles andere. Jedoch bleiben diese Funktionen des Zwischenhirns in engster gegenseitiger Beziehung und Wechselwirkung mit den anderen Anteilen des Zentralnervensystems, vor allem mit dem Großhirn verbunden, da die Einheitlichkeit des Organismus nur durch die Einheit des Zentralnervensystems gesichert und leistungsfähig ist.

Kehren wir jedoch zu der gesuchten optisch-diencephalen Bahn zurück, über die nur Umstrittenes bekannt und von der völlig unklar war, wo die Bahn ihren Be-

ginn haben könne. Daß dieser Anfang in der Retina erfolge, ist als einzige Möglichkeit unterstellt und stillschweigend angenommen worden. Aber auf die Frage, wo der Anfang einer solchen vegetativen Bahn genauer zu finden wäre, wird man vergeblich in der Literatur eine Antwort suchen.

Ich bin von der entwicklungsgeschichtlichen Tatsache ausgegangen, daß die Netzhaut durch eine Ausstülpung des Zwischenhirns entsteht und mit der Einstülpung der primären Augenblase der zweischichtige retinale Augenbecher zustandekommt. Da aber das Zwischenhirn für die vegetativen Vorgänge und ihre Regulationen eine große Bedeutung besitzt, vermute ich, daß mit dieser Ausstülpung auch ein Ganglienzellbestand von vegetativem Charakter in den Bereich der späteren Retina verlagert worden ist. Ich habe daraufhin die Ganglienzellen der Netzhaut erneut untersucht und bin zu der Feststellung gekommen, daß bei den Ganglienzellen des dritten Neurons zwei Arten von Nervenzellen unterschieden werden müssen.

Die eine Art besteht aus großen multipolaren Ganglienzellen, die flächenhaft ihre mächtigen Dendriten über große Areale ausbreiten und in mehreren Lagen der inneren plexiformen Schicht Verknüpfungen mit dem zweiten Neuron eingehen. Der Neurit dieser großen Ganglienzellen verläuft in die Nervenfaserschicht. Ich will hier nicht in eine Darstellung der morphologischen Einzelheiten eintreten und nur erwähnen, daß der Zellleib mit groben Tigroidschollen bis in die Dendriten hinein erfüllt und der blasenförmige Kern ohne nachweisbares Kerngerüst, aber mit sehr großem, an der Oberfläche unregelmäßig beerenartigen Kernkörperchen versehen ist.

Die zweite Art von Ganglienzellen ist meist von geringerer Größe, aber weit häufiger als die erste. Die Zellen sind ebenfalls multipolar, ihre Fortsätze jedoch viel feiner und verzweigen sich meist erst nach einiger Entfernung vom Zellkörper. Im Innern des Zellkörpers hat der Kern eine ausgesprochen exzentrische Lage, ja er liegt gelegentlich mit einem Teil seiner Circumferenz außerhalb des Zelleibes. Neben dem exzentrisch gelegenen Kern befindet sich ein heller Kernhof, der durch staubfeine Granulation oder durch gröbere Körnereinsparung gekennzeichnet ist. In diesem Bereich sind Lipoideinschlüsse färberisch nachweisbar, während ein Teil der Körnerfraktion als Mitochondrien zu deuten ist. Der äußerste Teil dieser Ganglienzellen besteht aus einem schmalen, sichelförmigen Rand mit Tigroideinsparungen. Diese Ganglienzellen, deren Neuriten ebenfalls in die Nervenfaserschicht ziehen, haben enge Nachbarschaft zu den Netzhautgefäßen, an deren Wand sie oft dicht anliegen.

Nach dieser kurzen Kennzeichnung der beiden morphologisch verschiedenen Arten von Ganglienzellen des dritten Neurons möchte ich die zwei Typen auch nach ihrer verschiedenen Bedeutung herausstellen und die erste Art als die großen, eigentlich optischen Ganglienzellen ansprechen. Ihre Aufgabe sehe ich darin, die durch die Lichtstrahlen erfolgten Erregungen der Stäbchen und Zapfen über den Sehnerv und die Sehbahn zum optischen Zentrum an der medialen Fläche des Hinterhauptlappens weiterzuleiten, wo das sehend Bemerkte in Empfindungen übertragen und die Außenwelt unserem Erleben als gesehen vermittelt wird.

Die zweite Art der Nervenzellen, die uns bei der heutigen Betrachtung im besonderen beschäftigt, halte ich für vegetative Ganglienzellen, die in ihrer Gesamtheit ein dem Diencephalon entstammendes, in der Ganglienzellschicht der Netzhaut flächenhaft ausgebreitetes, zentrales vegetatives Kerngebiet darstellt. Diese Ganglienzellen bedeuten den Beginn eines heliotropen Wirkungssystems, einer Bahn, die nach meiner Meinung für das Zustandekommen der Lichtbeeinflussung vegetativer Vorgänge von entscheidender Bedeutung ist. Trotz mannigfacher Bemühungen hatte diese optisch-diencephale Bahn bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden können. So erschien es wünschenswert, den Verlauf einer solchen Bahn, die von den vegetativen Ganglienzellen des dritten Neurons ihren Anfang nimmt, erneut zu untersuchen, was in meinem Institut erfolgt ist.

Nach Durchschneidungsversuchen an verschiedenen Stellen des Sehnervs und der Sehleitung sowie nach Elektrokoagulation umschriebener Sektoren der Retina, haben wir das Bild der daraufhin entstehenden Faserdegeneration verfolgt und an Versilberungspräparaten den Verlauf der Bahn aufdecken und zur Darstellung bringen können. Diese Untersuchungen haben ergeben, daß die Bahn, aus markfreien oder markdünnen Fasern bestehend, durch den Sehnerv gekreuzt und ungekreuzt die Sehnervenkreuzung passiert und auf dem Wege des tractus opticus in den eigentlichen diencephalen Bereich geleitet wird. Hier strahlt ein großer Teil der Nervenfasern durch die Lamina terminalis in die Seitenwand des Hypothalamus ein und gewinnt Verbindung zu den dicht unter dem Ependym gelegenen Kerngebieten des Nucleus paraventricularis und infundibularis. Durch

diese Gebiete hindurch und an ihnen vorbei ziehen unsere degenerierten Fasersysteme in den Hypophysenstiel zum Hypophysenhinterlappen einerseits und in den Hirnstamm andererseits. Schon im Hypothalamus kann allerdings von einer zusammenhängenden einheitlichen Bahn nicht mehr die Rede sein, sondern unter vielfacher Aufspaltung und Verflechtung verliert das System seinen Zusammenhang, und es kommt zu Aufteilungen der Bahn in feinere Bündel und einzelne Fasern, deren letzte Endigungen nicht auszumachen sind. Aus den Reizversuchen von W. R. Hess wissen wir, daß die Zwischenhirnzentren teilweise diffus verteilt und nicht unbedingt an Kerngruppen gebunden sind.

Diese wichtigen Untersuchungen haben uns eine morphologische Klarstellung der Bahn erbracht, die für die Beeinflussung vegetativer Lebensvorgänge durch das vom Auge übermittelte Licht wirksam ist. Sie haben darüber hinaus neue Einsichten und Erklärungen der sinnvollen Bauweise und Bedeutung des Systems Auge-Zwischenhirn erkennen und bekannte Tatsachen in neuer Beleuchtung erscheinen lassen.

Während meiner Studienzeit in Münster war mein unvergeßlicher Lehrer der Physiologie Rudolf Rosemann. Wenn er in seiner meisterhaften Art des Dozierens die Leistungen des Auges als Sehwerkzeug erklärte, vergaß er nicht den Hinweis, daß das Auge mancherlei Mängel und Unvollkommenheiten in seinem Bau zeige, und er zitierte den großen Helmholtz, der in diesem Bezug gesagt habe, daß er seinem Werkmeister ein in Auftrag gegebenes optisches Instrument mit solchen Fehlern, wie das menschliche Auge sie aufweise, als mangelhaft und unvollkommen zurückgeben

würde. Mit diesen Mängeln waren einmal dem menschlichen Auge in der Tat anhaftende Unvollkommenheiten der sphärischen und chromatischen Aberration der brechenden Medien gemeint, des weiteren aber auch die Tatsache, daß beim invertierten Wirbeltierauge die Lichtstrahlen alle Schichten der Netzhaut durchdringen müssen, bevor sie die in der äußersten Schicht gelegenen eigentlichen Sinneszellen, die Stäbchen- und Zapfenzellen erreichen und damit erregen können. Dies gilt zwar nicht für die Stelle des deutlichsten Sehens, wohl aber für den größten Teil des sehenden Bezirks der Netzhaut. Es ist etwa so, als ob das durch die Linse eines photographischen Apparates einfallende Licht nicht unmittelbar auf die lichtempfindliche Schicht des Films auffallen würde, sondern vor diesem Film mehrere Schichten, wenngleich durchsichtiger Folien durchdringen müßte. So liegt die Meinung nahe, daß hier nicht die letzte und beste technische Lösung gefunden sei. Unsere Untersuchungen haben ergeben, daß in der Schichtenfolge der Retina eine sehr sinnvolle und zweckmäßige Ordnung gefunden ist. Dem großen Werkmeister des Auges ist kein Fehler unterlaufen, sondern in einem Bauplan ist die Verwirklichung und Bewältigung zweier lebenswichtiger Leistungen des Auges erfüllt. Durch die Einstülpung der Augenblase zum zweischichtigen Augenbecher wird erreicht, daß die oben geschilderten vegetativen Ganglienzellen der Ganglienzellschicht unmittelbar von Licht erreicht und durch dieses erregt werden können, wodurch die Einwirkung des Lichtes auf das vegetative Nervensystem ermöglicht wird.

Das Sehen mit der Fovea centralis, der Stelle des deutlichsten Sehens, schafft optimale Bedingungen für die Aufgaben des Auges als Sehorgan.

Haben uns unsere Untersuchungen derart eine Erklärung für das invertierte Auge erbracht, so können sie auch die hervorragende Bedeutung des Zwischenhirns dem Verständnis näher bringen. Man bezeichnet das Zwischenhirn als übergeordnete Führungszentrale des vegetativen Nervensystems, von dessen Kerngebieten auslösende und regulierende Einflüsse auf die Kerngebiete des Hirnstammes und des Rückenmarkes weitergeleitet werden und auf dem Wege des Hypophysenstieles Einfluß auf diese entscheidende Drüse des inkretorischen Systems ausgeübt wird. Auch müssen aus vielfältigen Beobachtungen und Erfahrungen enge, wechselseitige Beziehungen zwischen der Großhirnrinde und dem Zwischenhirngebiet bestehen und angenommen werden. Wodurch erlangt nun das Zwischenhirn diese führende Rolle? Meiner Meinung nach in erster Linie durch seine unmittelbaren Beziehungen und nervösen Verknüpfungen zum Auge, die schon in der Entwicklung des Organs als einer Ausstülpung des Zwischenhirns zum Ausdruck kommen und die das ganze Leben hindurch bestehen bleiben. Die Wand des Zwischenhirns zeigt eine Neigung zu Ausstülpungen, von denen die Bildung der Augenblasen, die zur Bildung des nervösen Anteils des Auges führen, bei den höheren Wirbeltieren die auffälligsten sind. Durch die Ausstülpung der Augenblase wird aber nicht nur das hochdifferenzierte Lichtsinnesorgan im Sinne des Sehens gebildet, sondern ein lichtempfindlicher Apparat entwickelt, der die Einwirkungen des Lichtes aufnimmt und auf das vegetative Nerven-

system überträgt. Dadurch wird eine doppelte Funktion des Auges erreicht. Es wird gleichzeitig Empfangsapparat des Lichtes zur eigentlichen Seh wahrnehmung und zur Vermittlung des Lichtes an das autonome Nervensystem. Im Dach des Zwischenhirns gibt es, besonders bei den Amphibien und Reptilien, weitere Ausstülpungen, sog. Parietalorgane, Gebilde, die verschiedenartige Ausgestaltungen z. B. im Sinne eines optischen Sinnesorgans als Scheitelaug e oder als inkretorische Drüse, Zirbeldrüse, wie beim Menschen, erfahren können. Die Ausbildung des Epithels des Scheitelauges weist gewisse Ähnlichkeiten mit unseren Befunden an der Netzhaut auf und ich habe die Vermutung, daß auch die Ausstülpungen des Zwischenhirndaches der Parietalorgane ursprünglich Lichtaufnahmeapparate nicht im Sinne des Sehens, sondern zur Vermittlung des Lichtes an die Kerne des Zwischenhirngebietes darstellen. Ich halte die hier dargelegte Ansicht von der Netzhaut als Aufnahmeapparat des Lichtes zur Vermittlung an die Kerne des Zwischenhirns für die phylogenetisch ältere Aufgabe der Netzhaut und bin der Meinung, daß das Sehen im eigentlichen Sinne einer stammesgeschichtlich jüngeren Leistung entspricht, die eine besondere Differenzierung des Neuroepithels zu den Stäbchen- und Zapfensehzellen zur Voraussetzung hat. Unser heliotropes Bewirkungssystem hat als eine stammesgeschichtlich alte Bahn, als primitiv optisch-vegetatives Steuerungssystem des Diencephalons zu gelten.

In diesen Auffassungen werde ich noch durch eine weitere Beobachtung gestützt, die ich an den nervösen Elementen der Netzhaut aller drei Neuronen feststellen

konnte. Ich meine neurosekretorische Vorgänge. Es ist heute kein Zweifel, daß Ganglienzellen durch Abscheidung besonderer Sekrete wirksam sein können, und diese Leistung steht zur Zeit stark im Vordergrund mikroskopisch-anatomischer Untersuchungen. Hier kann das Problem der Neurosekretion in seiner Breite nicht behandelt werden. Es sei nur soviel gesagt, daß auch bezüglich dieser sekretorischen Leistung das Neuron als eine funktionelle Einheit aufzufassen ist und grundsätzlich alle Abschnitte der Zelle, d. h. sowohl der zentrale Zelleib wie auch die Fortsätze und deren evtl. spezifisch ausgebildete Endorgane an dem Sekretionsvorgang teilnehmen können. Es ist bekannt, daß die vegetativen Ganglienzellen, besonders in den Kerngebieten des Zwischenhirns, aber auch an anderen Stellen wie in den Seitenhörnern des Rückenmarks und dem Nebennierenmark neurosekretorisch tätig sind. Auch in den Ganglienzellen Wirbelloser sind sekretorische Vorgänge eindeutig nachgewiesen worden. Hier interessiert, daß in Zellen, die man als Sinneszellen, besonders als Lichtsinneszellen differenziert annimmt, den sogenannten Ozellen, neurosekretorische Vorgänge beobachtet wurden. In der Retina sind nach meiner Erfahrung neurosekretorische Vorgänge in den vegetativen Ganglienzellen des dritten Neurons besonders auffällig. Ich habe an anderer Stelle das Erscheinungsbild, unter dem sich in den Zellen die Sekretbildung kundgibt, näher beschrieben. Es ist sicher, daß die Bilder, wie wir sie an noch so gut fixiertem Material sehen, vielfach schon von postvitalen Geschehnissen mitbestimmt und die vitalen Vorgänge vergrößert, verstärkt und übertrieben wiedergegeben sind. Jedoch haben erst vor kurzem in unserem

Institut angestellte supravitale Beobachtungen an den Ganglienzellen der Netzhaut im Phasenkontrast und im Fluoreszenzlicht gezeigt und zytochemische Reaktionen bestätigt, daß sekretorische Vorgänge sich im prinzipiellen, auch während des Lebens, derart abspielen, wie wir es aus guten mikroskopischen Dauerpräparaten abzuleiten vermögen. Es ist kein Zweifel, daß die ersten Anfänge eines solchen Geschehens sich in prämorphologischen Veränderungen und an funktionsfähigen Strukturen abspielen und erst ein fortgeschrittenes Stadium der Sekretion die lichtmikroskopische Sichtbarkeitsgrenze erreicht und offenbart. Sicherlich spielen bei diesem Vorgang die Mitochondrien eine Rolle, deren Quellung, tropfige Entmischung und Vakuolisierung in ihrem Ablauf durch Zeitbeobachtungen supravitaler Präparate festgestellt werden konnte. Mir scheint, daß die Neurosekretion nach Art einer apokrinen Drüsensekretion sich abspielt, an der auch der Kern teilnimmt und besonders die peripheren Anteile des Plasmas durch eine Verflüssigung zu dem Sekret werden. Ich halte diese Vorgänge für rhythmisch und zyklisch sich abspielende und wiederholende Prozesse, zu denen durch eine Neubildung von Kern- und Zellsubstanz auf Grund der Reduplikantensysteme eine Wiederherstellung der Zelle zu einer präsekretorischen Ausgangslage erfolgt.

Es besteht die Lehre, daß sich die Ganglienzellen, etwa von der Geburt ab, nicht mehr teilen und uns das ganze Leben bis Wegesende begleiten. Aber wenn sie auch die Teilungsfähigkeit eingebüßt haben, so bleiben sie doch nicht dieselben, sondern sie erfahren durch die geschilderten rhythmischen Vorgänge von Sekretion und Regeneration eine ständige Erneuerung, eine Erneue-

rung, die zu keiner Zeit die Leistungen der Zelle beeinträchtigen darf, wie beim Umbau eines Geschäftshauses, an dem man die Ankündigung liest: „Der Verkauf geht weiter“. Viele Fragen tun sich hier auf, besonders auch die nach dem Verhalten und der Möglichkeit der Reizleitung der nervösen Elemente während oder zwischen den sekretorischen Zyklen. Ich will über diese noch in der Werkstatt befindlichen Untersuchungen, zumal ich hier auf das an sich erforderliche Anschauungs- und Beweismaterial verzichten muß, nicht weiter berichten und abschließend noch über den Weg und die Bedeutung der Neurosekrete sprechen, an deren Herstellung die nervösen Elemente aller drei Neuronen der Netzhaut beteiligt sind.

Die Neurosekrete führen zunächst zu einer Durchtränkung der Netzhautschichten und helfen damit zur Schaffung der unbedingt erforderlichen flüssigen Milieuvoraussetzung. Es ist kein Zweifel, daß ein Teil der Neurosekrete in die Blutgefäße übergeht und ihre Verteilung und ihr Wirkungsbereich in den Schichten der Retina bis zu den Sinneszellen reicht. Die besonders dichten Lagebeziehungen der vegetativen Ganglienzellen zu den Blutgefäßen deuten auf enge Austauschmöglichkeiten hin. Eine weitere Bedeutung der von den nervösen Elementen der Netzhaut ausgehenden sekretorischen Vorgänge scheint mir in dem Ersatz der Glaskörperflüssigkeit zu liegen. Schon entwicklungsgeschichtlich entsteht der Glaskörper aus dem retinalen Blatt des Augenbechers und morphologisch ist der Übergang der Sekrete in den Glaskörper eindeutig nachweisbar. Die Glaskörperflüssigkeit erfährt einen ständigen, wenn auch langsamen Ersatz. In diesem Zusammenhang

interessiert, daß der Augendruck beim Menschen eine tagesperiodische Schwankung in Abhängigkeit vom 24-stündigen Helligkeitswechsel zeigt. Hier berühren sich unsere Untersuchungen unmittelbar mit praktisch-ärztlichen Fragen. Eine übersteigerte Neurosekretion und ein vermehrter Übergang der Sekrete in den Glaskörper könnte zu einer Erhöhung des Augendruckes und damit zur Auslösung der gefürchteten Augenkrankheit, des grünen Stars oder Glaukoms, führen.

Zur Erforschung der Fragen nach Art und Bedeutung der Neurosekrete der Netzhaut wird der Anatom nicht allein stehen dürfen, sondern die Mitarbeit anderer Fachrichtungen, vor allem der Physiologie, chemischen Physiologie, Pharmakologie, Ophthalmologie und Psychologie wünschenswert und erforderlich sein. Die neurosekretorische Tätigkeit der Netzhaut scheint mir zunächst für die Entstehung und Steuerung der Belichtungspotentiale in der Retina von Bedeutung. Zwischen Hornhaut und Augenhintergrund besteht, wie Du Bois-Reymond bereits gelehrt hat, ein ständiges elektrisches Potential, das Bestandpotential. Schon G a r t e n hatte das Bestandpotential in die Netzhaut verlegt und als Ausdruck sekretorischer Leistungen der retinalen Sinnesepithelien angesehen. Auch nach den Untersuchungen des hiesigen Physiologischen Institutes ist die Netzhaut Sitz des Bestandpotentials und dieses steigt unter Belichtung um einen von der Lichtintensität abhängigen Betrag an, um in der Dunkelheit zum Ausgangswert wieder abzunehmen. So scheinen quantitative und qualitative Änderungen der Neurosekretion Ladungsverschiebungen möglich und Potentialdifferenzen abstufffähig und regulierbar zu machen, was nach

Au trum eine Hemmung oder Auslösung des photochemischen Zerfalls des Sehfärbstoffes zur Folge hat. Die Neurosekrete der Netzhaut dürften ferner für die Bildung der Ausgangsstufen der Vitamin-A-Synthese in der Netzhaut eine Rolle spielen. Vitamin-A-Mangel führt nicht nur zum Aufhören der Sehpurpurbildung, sondern hat schwere Schädigungen der Stäbchen und von Teilen der Ganglienzellschicht der Netzhaut zur Folge. Im Zusammenhang mit der Neurosekretion ist auch an Stoffe zu denken, die als Sehsubstanzen, im besonderen als Zapfensubstanzen (v. Studnitz) für das Farbsehen eine Rolle spielen und durch die die Farbenqualitätserregung bestimmt werden soll. Da es sich bei den oben beschriebenen Ganglienzellen nach meiner Meinung um vegetative Elemente handelt, ist anzunehmen, daß an dieser Stelle der Netzhaut bereits der emotionale Wert des Farbeindruckes und seine gefühlsmäßige Zuordnung, die sinnlich-sittliche Wirkung der Farbe, im Sinne von Goethe erfolgt. Farbpsychologische und sinnesphysiologische Untersuchungen haben gezeigt, daß eine enge Wechselwirkung und Abhängigkeit zwischen der Farbempfindung und der jeweiligen Stimmung besteht und diese umgekehrt den Erlebniswert und gefühlsmäßigen Gehalt der Farbe bestimmt. Von Buddenbrock, ein besonderer Kenner der Sinnesphysiologie, stellt fest, daß die meisten Tiere in einer bestimmten Stimmung sein müssen, um einem Reize zu folgen, z. B. phototaktisch zu reagieren. Lersch betont, daß das Sehen von Farben mit Gefühlserlebnissen eng verknüpft ist. Ich bin der Meinung, daß die gefühlsmäßigen Assoziationen farbiger Seheindrücke in den vegetativen Ganglienzellen der Netzhaut

koordiniert werden und stelle mich damit an die Seite unseres Zoologen Rensch, der in seiner ästhetophysischen Hypothese glaubhaft dargelegt hat, daß Empfindungen und Vorstellungen Vorgängen in den Sinneszellen der Sinnesorgane parallel laufen.

Oft führt ein Drang nach Licht Mensch und Tier in den hellen Tag und Sonnenschein, nicht um etwas zu sehen, sondern in instinktmäßiger Handlung, um den Wirkungen des Lichtes Zugang zu ermöglichen und seines belebenden Einflusses auf Körper und Geist teilhaftig zu werden. Hier sind die Augen offene Fenster, die nicht nur dem Sehen dienen, sondern die Wirkung des Lichtes über das vegetative Nervensystem auf alle grundlegenden Lebensfunktionen ermöglichen. Die eingreifenden Wirkungen des Polarwinters auf das psychophysische Verhalten des Körpers sind ebenso bekannt wie die instinktiven und vielfältig in das kultisch-symbolische übertragenen Verhaltensweisen der Menschen im herankommenden Frühling.

So kommen wir zu dem Ergebnis, daß das Auge nicht nur zum Sehen da ist und der retinale Sehvorgang nicht nur dem Innewerden des sehend Bemerkten in der Großhirnrinde dient, sondern durch den neurovegetativen Anteil der Netzhaut eine unmittelbare Einwirkungsmöglichkeit des biologischen Faktors Licht auf das übergeordnete vegetative Steuerungssystem im Zwischenhirn erreicht ist. Dieses heliotrope Bewirkungssystem steht in mannigfachen wechselseitigen Verknüpfungen zu den Integrationsorten und Kerngebieten des Stammhirns wie des Großhirns, und es erhält durch den direkten Zusammenhang mit der Hypophyse Einfluß auf das gesamte hormonale Geschehen. Alle Teilsysteme

des Körpers aber vollführen ihre Aufgaben nicht als Selbstzweck, sondern in der harmonischen Einordnung im Dienste der Einheit der geistig-körperlichen Persönlichkeit des Menschen.

Immer wieder, wenn wir forschend und suchend den Naturgeheimnissen nachspüren, sind wir erfüllt von dem Gefühl der Bewunderung und der tiefen Ehrfurcht, jedoch zugleich von der erhabenen und beglückenden Einsicht, daß dem Menschen die Gabe des Erkennens und Deutens göttlicher Schöpfung gegeben ist.

Wär nicht das Auge sonnenhaft,
die Sonne könnt es nie erblicken.
Läg nicht in uns des Gottes eigne Kraft,
wie könnt uns Göttliches entzücken?

(Goethe)



B
9424
t