Zur Kenntnis der Physiologie und Pathologie der Pupillenbahnen.

Von

Professor Dr. G. Levinsohn,

Augenarzt in Berlin.

Trotz der sehr zahlreichen klinischen und experimentellen Untersuchungen über die Bahnen des Pupillarreflexes sind wir zur Zeit von einer sicheren Kenntnis der hier in Frage kommenden Verhältnisse weit entfernt. Immerhin erscheint es gegenüber den sich widerstrebenden Anschauungen nicht unfruchtbar, das tatsächliche Material, das für die Beurteilung des obigen Problems von Wichtigkeit ist, aus der Fülle der Pupillenarbeiten herauszuschälen und so evtl. eine Basis zu schaffen, auf der die wissenschaftliche Forschung mit einer gewissen Sicherheit weiterzubauen in der Lage ist. Dabei leitet den Verfasser dieser Arbeit auch der Gedanke, einige eigene Beiträge auf diesem Gebiete, die bisher weniger Berücksichtigung gefunden hatten, seiner Ansicht nach aber auf die Klärung der Sachlage nicht ganz ohne Bedeutung geblieben sind, etwas stärker zu unterstreichen. Mit Rücksicht auf die grosse Kompliziertheit der Materie soll die Registrierung der tatsächlichen Unterlagen nur in grossen Zügen erfolgen, ohne dass der Anspruch erhoben wird, sämtliche das Gebiet berührende Arbeiten einer Berücksichtigung unterzogen zu haben. Die Besprechung wird sich auf folgende Abschnitte aus dem Gebiete der Pupillenlehre erstrecken:

1. Zentripetale Pupillenbahnen.
2. Sphinkterzentrum.
3. Sympathicus und Pupille.
4. Hirnrinde und Pupillenbewegung.
5. Reflektorische Pupillenstarre und Miosis.

Die Annahme, dass im Sehnerven eigene zentripetal verlaufende Fasern existieren, welche nur für die Auslösung des Pupillarreflexes bestimmt sind, ist seit einiger Zeit durch Hess¹⁾ in Zweifel gezogen worden. Der Lösung dieser Frage kann nur eine untergeordnete Be-

1) Hess, Archiv f. Augenheilkde. Bd. 60, Heft 4.

deutung zuerkannt werden. Immerhin dürfte mit Rücksicht auf die Tatsache, dass bei zweifellos festgestellter Amaurose infolge von Erkrankung der Netzhaut die Pupille mitunter noch immer tadellos durch Licht erregbar war, dass ferner bei Erkrankung des Nervus opticus das Verhalten der reflektorischen Erregbarkeit und dasjenige des Visus öfters gar nicht miteinander in Einklang stehen, dass nicht selten die Intensität der erhaltenen Funktion zwischen beiden erheblich differiert, insbesondere aber durch den Nachweis, dass nach einem Trauma des Oculomotoriusstammes Fälle von reiner reflektorischer Pupillenstarre beobachtet worden sind, dass demnach mit einer isolierten zentrifugalen Bahn des Pupillarreflexes gerechnet werden muss, die Anschauung, welche eine Trennung der Pupillenfasern schon im Verlauf des Opticus annimmt, eine grössere Wahrscheinlichkeit besitzen. Es ist jedenfalls sicher, dass der Verlauf der zentripetalen Pupillenfasern sich mit demjenigen der Sehnervenfasern bis in die Nähe des Corpus genic. extern. deckt, denn die Lösung des Chiasma an der Gehirnbasis bleibt, wie Bumké und Trendelenburg¹⁾ nachgewiesen haben, auf die Pupillenerregbarkeit ohne Wirkung, Verletzungen der Sehnervenbahn aber jenseits des Chiasmata lassen Störungen des Pupillarreflexes sowohl beim Menschen wie beim Tiere im hemianopischen Sinne auftreten. Entgegenstehende Versuche von Karplus und Kreidl²⁾, nach denen beim Affen im Gegensatz zur Katze der Pupillarreflex durch die Tractusdurchschneidung keine Änderung erfährt, müssen vorläufig mit grosser Vorsicht aufgenommen werden, da sie im direkten Widerspruch zu allen diesbezüglichen Tierversuchen und namentlich zu den Beobachtungen an Menschen mit Tractus-Erkrankungen stehen.

Der weitere Verlauf der zentripetalen Pupillenfasern ist dann vorzugsweise durch experimentelle Untersuchungen des Verfassers festgelegt. Diese haben ergeben, dass Durchschneidungen in der Tiefe der vorderen Hälfte des vorderen Vierhügels beim Kaninchen den Pupillen- und Blinzelreflex bei Beleuchtung auf der gekrenzten Seite aufhoben, während Durchschneidungen spinalwärts von der Mitte des vorderen Vierhügels den Blinzelreflex auf der gleichen Seite vernichteten, den Pupillarreflex aber intakt liessen³⁾. Durch

1) Bumke und Trendelenburg, Beiträge zur Kenntnis der Pupillarreflexbahnen. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde. 1911, Bd. 49.

2) Karplus und Kreidl, Über die Bahnen des Pupillarreflexes. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 149, S. 115, 1913.

3) G. Levinsohn, Beiträge zur Physiologie des Pupillenreflexes, I u. II. v. Gräfes Arch. f. Ophthalm., 59. Bd., 2. u. 3. Heft. — Über Lidreflexe. v. Gräfes Arch. f. Ophthalm., 59. Bd., 3. Heft.

diese Versuche ist zunächst der exakte Nachweis geliefert worden, dass die zentrifugalen Pupillarreflexbahnen beim Kaninchen einen ungekreuzten Verlauf besitzen. Da nämlich die zentrifugalen Reflexfasern des optischen Blinzelreflexes in der Bahn des Nervus facialis verlaufen, vom Facialiskern daher ungekreuzt spinalwärts ziehen, so muss auch den mit ihnen gemeinschaftlich verlaufenden zentrifugalen Pupillenfasern ein gleiches Verhalten zuerkannt werden. Die Tatsache des ungekreuzten Verlaufs für die zentrifugale Pupillenbahn ist zwar schon früher sehr wahrscheinlich gewesen, hat aber erst durch die eben angeführten Versuche eine sichere Grundlage erhalten. Andererseits ist durch diese Versuche der Beweis geliefert worden, dass die zentrifugalen Pupillenfasern ausser der Kreuzung im Chiasma eine nochmalige Kreuzung und zwar etwa in der Mitte des vorderen Vierhügels unterhalb des Aquaeductus Sylvii durchmachen ¹⁾. Entsprechend der unvollständigen Kreuzung der Sehnerven beim Säugetier wie beim Menschen springt die doppelte Kreuzung der Pupillenfasern bei diesen weniger deutlich in die Augen; aber schon die Tatsache, dass die direkte Pupillenreaktion in Anbetracht der grösseren Masse der Pupillenfasern bei Tieren und Menschen intensiver als die indirekte ausfällt, lässt an dieser doppelten Kreuzung auch beim Menschen einen Zweifel nicht aufkommen. Durch neue klinische Untersuchungen von Behr ²⁾ an Menschen hat die vom Verfasser sicher gestellte Kreuzung der zentripetalen Pupillenbahn eine neue und intensive Beleuchtung erfahren. Behr hat durch sorgfältige Beobachtung der Pupillenerregbarkeit in Fällen von amaurotischer, reflektorischer und hemianopischer Pupillenstarre in exakter Weise gezeigt, dass die zentripetalen Pupillenfasern jenseits des Chiasma als geschlossener Faserzug in der Vierhügelgegend eine nochmalige und zwar totale Kreuzung erleiden.

Die Kenntnis aber des Verlaufs der Pupillenfasern vom Corpus genic. extern. bis zur Mitte des vorderen Vierhügels steht noch aus. Es existiert zwar eine Anzahl von Vermutungen und Feststellungen über den diesbezüglichen Faserverlauf, die indes der Kritik nicht standhalten. Bernheimer ³⁾ beschreibt auf Grund von Marchiuntersuchungen beim Affen einen Faserzug, der in die lateralen Partien des Vierhügels einstrahlt und in der Höhe des Aquaeductus nach ab-

1) G. Levinsohn, Doppelte Kreuzung d. zentripetalen Pupillen- und Lidbahnen. Verhandlungen d. physiol. Gesellsch. zu Berlin 1904, S. 42.

2) Behr, Zur Physiologie u. Pathologie d. Lichtreflexes d. Pupille. v. Gräfes Arch. f. Ophthalm., 86. Bd., S. 468.

3) Bernheimer, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol. Bd. 47, 1.

wärts zum 3. Kern hinzieht. Bach¹⁾ und Dimmer²⁾ sowie Karplus und Kreidl³⁾ haben auf Grund einer Nachprüfung dieses Ergebnis nicht bestätigen können. Held, Cayal, v. Gehuchten, Edinger, Dejerine und Bechterew⁴⁾ fassen die im vorderen Vierhügel gelegenen Kerne als Zentren für den Pupillenreflex auf und lassen die Pupillenbahn ventralwärts in der Meynertschen fontäneartigen Haubenkreuzung die Mittellinie passieren. Nach Monakow dienen die im mittleren Grau des Vierflügels gelegenen Zellen zur Reflexübertragung des optischen Reizes auf den 3. Nerven. Majano⁴⁾ nimmt auf Grund pathologisch-anatomischer Untersuchungen Fasern in Anspruch, die in den lateralen Kern des vorderen Vierhügels einstrahlen, von wo aus ein neues Neuron beginnt, dessen zentrifugale Faserrichtung durch das prädorsale Bündel und die in der Meynertschen Haubenkreuzung dahinziehenden Bogenfasern repräsentiert wird. Bach⁴⁾ schliesst sich im grossen und ganzen dieser Auffassung an.

Alle diese Annahmen über den Verlauf der Pupillenfasern dürften durch Untersuchungen des Verfassers⁵⁾ widerlegt worden sein. Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass die Ausschaltung des ganzen Vierhügels bis zur Basis des Aquaeductus Sylvii die auf Belichtung sich einstellende Verengung der Pupille vollständig unbeeinflusst lässt. Die Versuche sind am Kaninchen ein- und doppelseitig, an Affen einseitig mit genauester mikroskopischer Kontrolle der gesetzten Verletzung gemacht worden. Sie unterscheiden sich daher von den bisher angestellten Versuchen dieser Art durch Flourens, Stefani, Longet, Budge, Renzi, Lussana, Lemoigne Knoll, Gudden, Bechterew, Ferrier und Turner, sowie Bernheimer⁴⁾, die alle der exakten mikroskopischen Kontrolle entbehren. Die Tatsache, dass die Ausräumung des ganzen Vierhügels auf den Pupillarreflex ohne Einfluss ist, lässt gar keine andere Schlussfolgerung zu, als diejenige, die Bumke⁶⁾ mit den Worten ausspricht: „Somit wissen wir, wenn die zentrifugale Pupillenbahn überhaupt bis zum äusseren Kniehügel

1) Dimmer, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 48, S. 473.

2) Bach, Zeitschr. f. Augenheilkde., Bd. 11, S. 104.

3) loc. cit.

4) Literatur ist zusammengestellt in meiner Arbeit. v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., 72. Bd., 2. Heft u. 59. Bd., 3. Heft.

5) G. Levinsohn, Experimentelle Untersuchungen über die Beziehung des vorderen Vierhügels zum Pupillarreflex. v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 72, S. 367.

6) O. Bumke, Die Pupillenstörungen bei Geistes- u. Nervenkrankheiten. 2. Auflage. Jena 1911.

läuft, über ihre Verbindung mit dem Sphinkterkern heute schlechtthin gar nichts.“

In allerletzter Zeit haben Karpus und Kreidl¹⁾ nach einseitiger Durchschneidung des vorderen Vierhügelarms beim Affen den Pupillarreflex bei Beleuchtung intakt gefunden, nach doppelseitiger Durchschneidung aber vollständige reflektorische Pupillenstarre festgestellt. Sie glauben daher, dass die zentrifugalen Pupillarfasern ihren Weg durch die vorderen Vierhügelarme nehmen; Reizung derselben führte sowohl bei der Katze wie beim Affen stets zur Pupillenverengung. Das Resultat der von dem Verfasser angestellten Versuche steht ihrer Ansicht nach im vollen Einklang mit ihren Versuchen, die von dem ersteren gezogenen Schlüsse dagegen halten sie für irrig. Gegen die Versuche von Karplus und Kreidl muss der schon oben betonte Einwand erhoben werden, dass es im hohen Grade auffallend ist, wenn nach Durchschneidung des Tractus opticus oder dessen unmittelbarer Verlängerung der Pupillarreflex keine Störung im hemianopischen Sinne aufweist. Ausserdem zeigte bei dem einen von den beiden Affen mit doppelseitiger Tractus-Durchschneidung eine Pupille nach längerer Zeit wieder einen geringen Rest von reflektorischer Erregbarkeit. Die Versuche von Karplus und Kreidl können daher vorläufig nicht als ausreichende Stütze dafür angesehen werden, dass die zentripetalen Pupillenfasern in der Tat ihren Weg durch die vorderen Vierhügelarme nehmen.

Sphinkterzentrum.

Die Lage des Ausgangspunktes der zentrifugalen Sphinkterbahnen steht einwandfrei noch nicht fest. Durch Reizversuche ist allerdings mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit bewiesen worden, dass die vorderste, an der Mittellinie gelegene Partie des Oculomotoriuskerns hierfür in Anspruch genommen werden dürfte. So zeigten Hensen und Völkers²⁾, später Bernheimer³⁾ und Angelucci⁴⁾, dass nach Spaltung der Vierhügelgegend in der Mittellinie auf eine Reizung der vordersten Schicht mit schwachen elektrischen Strömen eine Pupillenverengung antwortete. Ein gleiches Resultat erhielt der Verfasser⁵⁾, welcher, um die Wirkung des Reizeffektes auf der gekreuzten Seite nicht aufzuheben, die Reizung dieser Partie an dem unverletzten

1) loc. cit.

2) Hensen und Völkers, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 24, Heft 1.

3) Bernheimer, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 48, Heft 2.

4) Angelucci, Revue générale d'Ophth., 1900, 433.

5) G. Levinsohn, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., 54. Bd., S. 444.

vorderen Vierhügel ausführte. Die Unsicherheit aber für die Lokalisation ganz eng umgrenzter Hirnteile allein durch den Reizversuch liegt auf der Hand. Auch die anatomischen Untersuchungen einschlägiger klinischer Fälle haben ein sicheres Resultat bisher nicht ergeben. Im Gegenteil sind diese Befunde sich sehr widersprechend. Die Frage, die hier im Vordergrund der Forschung steht, war die, ob der Westphal-Edinger-Kern als Sphinkterzentrum aufzufassen ist. Während durch die Arbeiten von Kostenitsch¹⁾, Kahler und Pick²⁾, Darkschewitsch³⁾, Oppenheim⁴⁾ diese Fragen im positiven Sinne beantwortet wurden, haben die einschlägigen Untersuchungen von Juliusburger und Kaplan⁵⁾, Cassirer und Schiff⁶⁾, Kalischer⁷⁾, Panegrossi⁸⁾, Majano⁹⁾, Bach¹⁰⁾, v. Monakow¹¹⁾ und Tsuchida¹²⁾, u. a. ein negatives Resultat ergeben.

Insbesondere aber war es Bernheimer¹³⁾, der auf experimentellem Wege mit aller Bestimmtheit das Sphinkterzentrum in den Westphal-Edingerschen Kern verlegte. Die Versuche Bernheimers bestanden einmal darin, dass er nach Exenteration des Augeninhalts in diesem Kern auf der Operationsseite vermöge der Nissl-Methode deutliche Degenerationszeichen nachwies, und dass es ihm gelang, durch isolierte Zerstörung des Kerns absolute Pupillenstarre hervorzurufen. Was die ersten Versuche anbetrifft, so erscheint der positive Befund Bernheimers etwas auffallend, da es jetzt wohl als zweifellos angesehen werden muss, dass die den Sphinkter iridis versorgenden Fasern im Ganglion ciliare endigen und die schnelle Beeinflussung eines präcellularen Neurons nicht als gewöhnlich angesehen werden kann. Die negativen Ergebnisse, die bei Anstellung der gleichen Versuche von Bach¹⁴⁾ und Marina¹⁵⁾ gefunden sind, erscheinen daher

1) Kostenitsch, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde. 1893.

2) Kahler und Pick, Arch. f. Physiol. 1880.

3) Darkschewitsch, Neurol. Zentralbl. 1887.

4) Oppenheim, Neurol. Zentralbl. 1888.

5) Juliusburger und Kaplan, Neurol. Zentralbl. 1899.

6) Cassirer und Schiff, Arbeiten aus dem Institut von Obersteiner 1896.

7) S. Kalischer, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde., 6. Bd.

8) S. Panegrossi, Monatsschr. f. Psych. u. Neurol., Bd. 15, 1904.

9) Majano, Monatsschr. f. Psych., Bd. 13, 1903.

10) Bach, Zeitschr. f. Augenheilkde., Bd. 15, 1906.

11) v. Monakow, Arch. f. Psych., Bd. 20 u. Gehirnpathologie, 2. Aufl.

12) Tsuchida, Arbeiten aus dem hirnanatomischen Institut Zürich. 1906, Heft 2.

13) Bernheimer, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 44, 47 48 u. 52.

14) Bach, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 49, 1898.

15) Marina, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde., Bd. 14, 1899.

eher verständlich. Diese Versuche sind auch vom Verfasser und zwar bei der Katze einer Nachprüfung unterzogen worden, aber so, dass nicht der Augeninhalt, sondern das Ganglion ciliare und somit die Endigungen der Sphinkterfasern entfernt wurden¹⁾. Die 2 bis 12 Tage später vorgenommene Untersuchung der Vierhügelgegend mit Thionin ergab eine zwar nicht immer ausgesprochene und totale, aber doch partielle und meist auffallende Veränderung in den vordersten Partien des Westphal-Edingerschen Kerns sowohl, als auch in den vor diesem gelegenen Zellen des Nucleus median. anter., der von Bernheimer und Bach als zugehörig zum Oculomotoriuskern überhaupt nicht berücksichtigt wird.

Auch die direkten Exenterationsversuche des Westphal-Edinger-Kerns sprechen zugunsten einer Zusammengehörigkeit dieses Kerns mit dem Sphincter iridis. Bernheimer war die isolierte Zerstörung des Kerns mit nachfolgender Mydriasis und Pupillenstarre gelungen, doch hat v. Monakow²⁾ darauf hingewiesen, dass nach den Mitteilungen Bernheimers von einer isolierten Zerstörung dieser Partie nicht die Rede sein kann. Bei der Nachprüfung dieser Versuche war es dem Verfasser³⁾ gleichfalls möglich gewesen, beim Affen Pupillenlähmung und Mydriasis herbeizuführen, die histologische Kontrolle ergab aber, dass die Verletzung entweder nur bis in die Nähe des Westphal-Edinger-Kerns gedungen war oder neben diesem auch noch Teile des Hauptkerns des Oculomotorius getroffen hatte. Jedenfalls lassen alle diese Versuche eine sichere Lokalisation des Sphinkterkerns nicht zu⁴⁾. Sie sprechen aber doch zugunsten der Auffassung, dass die zentrifugalen Pupillenfasern ihren Ausgangspunkt von der Basalpartie des vordersten Teiles des Aqueductus Sylvii resp. des hintersten Abschnitts des dritten Ventrikels nehmen und wahrscheinlich mit dem Westphal-Edinger-Kern und dem Nucleus median. anter. in inniger Beziehung stehen. Die Auffassungen Bechterews und v. Monakows scheinen dem Verfasser von dieser Annahme nicht so sehr abzuweichen, da nach der Auffassung des ersteren höchstwahrscheinlich die verkleinerten Ganglionzellen am Frontalpol des lateralen Hauptkerns vor allem den zentrifugalen Ast des Pupillar-

1) G. Levinsohn, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 59, S. 436, 194.

2) loc. cit.

3) loc. cit.

4) Bei diesen Versuchen wurde auch zum ersten Male der experimentelle Nachweis von dem Verf. geführt, dass eine Verletzung des Oculomotoriuskerns in vorderster Partie desselben eine Levatorlähmung auf der Operationsseite hervorruft; Bernheimer ist später (v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 70, S. 539) zu demselben Resultat gekommen.

reflexes beherrschen. Diese Zellen dürften mit denjenigen des Nucleus median. anter. mehr oder weniger identisch sein oder wenigstens als die unmittelbare und von diesem nicht zu trennende Fortsetzung gelten, um so mehr, als v. Monakow selbst hervorhebt, dass eine sichere anatomische Trennung dieser Zellen gar nicht möglich ist¹⁾. Ob neben den Zellen auch noch in der mehr kaudalwärts gelegenen Zellengruppe des Hauptkerns der Sphinkter iridis und der Ciliarmuskel ihre zentrale Vertretung finden, kann dahingestellt bleiben. Jedenfalls mag hier nochmals auf die Versuche des Verfassers hingewiesen werden, nach welchen tiefe Durchschneidungen des vorderen Vierhügels bis zur Mitte desselben beim Kaninchen den Pupillarreflex auf der gekreuzten Seite aufheben, dagegen in der spinalen Hälfte unversehrt lassen. Mit Rücksicht auf den verschiedenen Ausfall der anatomischen Untersuchungen bei reflektorischer Pupillenstarre und die so mannigfaltige leichte Beeinflussung des Sphincter iridis wird man aber der Auffassung v. Monakows beipflichten müssen, dass das Sphinkterzentrum nicht ein eng begrenztes Gebilde darstellt, sondern eine grosse räumliche zentrale Ausdehnung besitzt.

Sympathicus und Pupille.

Bei der Nachprüfung der Bach und Meyerschen Versuche durch den Verfasser²⁾, welche ergab, dass die von diesen angenommenen Hemmungszentren an der Spitze der Rautengrube nicht existieren, und dass die auftretenden Pupillenanomalien neben sonstigen Fehlerquellen besonders auf Reizung des Trigemini und die bei jeder stärkeren Nervenreizung einsetzende Entspannung des Oculomotorius-tonus zu beziehen sind, konnte auch der sichere experimentelle Nachweis geliefert werden, dass die den Dilator pupillae versorgenden Sympathicusfasern durch das Halsmark und die Medulla der gleichen Seite ziehen. Dieser Nachweis ist dann von Trendelenburg und

1) v. Monakow schreibt in seiner Gehirmpathologie S. 1059: „Bernheimer fand nach Zerstörung des vorderen med. Kerns und des kleinzelligen Nucleus anter. (Macacus) Mydriasis und Pupillenstarre im gleichseitigen Auge; er verlegt daher die Pupillenfasern in diese beiden Kerne.“ Da Bernheimer in allen seinen Arbeiten der Westphal-Edinger-Kerngruppe ausschliesslich das Sphinkterzentrum zuschreibt, ein anderer Kern, insbesondere der Nucleus median. anter., wie schon oben hervorgehoben ist, von ihm überhaupt nicht erwähnt wird, scheint hier von seiten v. Monakows eine Verwechslung der Arbeiten Bernheimers mit denjenigen des Verfassers vorzuliegen.

2) G. Levinsohn, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol., Bd. 59, S. 191.

Bumke¹⁾ bestätigt worden. Der weitere zentrale Verlauf des Sympathicus ist den ausgedehnten Untersuchungen von Karplus und Kreidl²⁾ zu danken. Diese Autoren haben ein subcortikales Sympathicuszentrum festgestellt, das dem medialen Anteil der frontalsten Partie des Corpus subthalam. entspricht und in die vom Frontalhirn zum Halssympathicus verlaufende Bahn eingeschaltet ist. Das Zentrum stellt einen vom Cortex unabhängigen Mechanismus für den Halssympathicus dar. Klinische Erfahrungen, die sich im Einklang mit diesen experimentellen Feststellungen befinden, stehen allerdings noch aus. Über das allmähliche Nachlassen der Pupillenverengung bei Sympathicusdurchschneidung und über das verschiedene Verhalten der Pupillenverengung nach Durchschneidung des Sympathicus resp. Ausräumung des Ganglions sowie über die paradoxe Pupillenerweiterung ist eine Klärung noch nicht herbeigeführt. Die Auffassung Röbrecks³⁾ und Langendorffs⁴⁾, nach welcher es sich um einen irritativen Prozess der degenerierenden peripheren Dilatorfasern handelt, dürfte jetzt wohl allgemein verlassen sein, da es wohl unmöglich erscheint, einen jahrelangen Reizprozess in den ihres Ganglions beraubten Nervenfasern anzunehmen. Dagegen ist es noch strittig, ob das allmähliche Zurückgehen der Pupillenverengung nach Exstirpation des Ganglions cervicale suprem. durch automatische Wiederherstellung des Tonus des seiner nervösen Verbindung beraubten Dilator zustande kommt, wie Lewandowsky⁵⁾ annimmt, oder ob es sich im Sinne Budges um ein Nachlassen des Sphinktertonus handelt, das der Entspannung des Dilators parallel läuft. Das Nachlassen des Sphinktertonus ist von dem Verfasser experimentell bewiesen worden⁶⁾. Es ist festgestellt worden, dass der Sphinktertonus nach Entfernung des Ganglions eine sowohl physikalische (Grünhagen) als auch anatomisch nachweisbare Einbusse erleidet, und dass der entnervte Dilator gegenüber gewissen Giften eine erhöhte Erregbarkeit besitzt. Schliesslich konnte der Verfasser⁷⁾ zeigen,

1) Trendelenburg und Bumke, *Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde.* 1907.

2) Karplus und Kreidl, *Pfügers Arch.* 1909, Bd. 129, Heft 3, 4 u. 5; 1910, Bd. 135, Heft 9 u. 10.

3) Röbreck, *Het ganglion suprem. colli nervi sympathici*, Utrecht 1895.

4) Langendorff, *Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde.*, 1900, S. 129.

5) Lewandowsky, *Sitzungsber. d. königl. Akad. d. Wissensch.*, 1900, S. 129.

6) G. Levinsohn, *Über den Einfluss des Halssympathicus auf das Auge.* v. Gräfes *Arch. f. Ophthalmol.*, Bd. 55, Heft 1 und *Zur Frage der paradoxen Pupillenerweiterung.* *Arch. f. Anat. u. Physiol.* 1904, S. 475.

7) Derselbe, *Über den Einfluss der Lähmung eines Irmuskels auf seinen Antagonist.* *Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde.*, 1900.

dass bei der Iris ganz allgemein in Fällen, in denen ein Muskel gelähmt ist, der Antagonist im Laufe der Zeit eine deutliche Schwächung erfährt.

Über das physiologische und anatomische Verhalten des Ganglion cervicale suprem. zum Sympathicus geben die Untersuchungen von Röbbreck¹⁾, Bruckner²⁾ und dem Verfasser³⁾ Aufschluss. Aus den Untersuchungen des letzteren geht hervor, dass die Zellen dieses Ganglions nicht nur vom Sympathicus, sondern auch von den obersten Spinal- bez. letzten Gehirnnerven beeinflusst werden, und dass das Ganglion die Sammelstelle verschiedener Neurone bildet, deren Achsenzylinder teils durch die kapitalen Ausläufer, teils durch die Carotisfäden, teils rückwärts in den Sympathicus ziehen.

Hirnrinde und Pupille.

Gegenüber der Fülle der Arbeiten, welche die Beziehungen der Hirnrinde zur Pupille beleuchten, ist das Verhalten zwischen Cortex cerebri und Pupille alles weniger als geklärt. Der wesentliche Grund hierfür dürfte darauf zurückzuführen sein, dass es sich meist um gelegentlich gemachte Beobachtungen handelt, die naturgemäss das höchst komplizierte Problem zu klären nur wenig geeignet erscheinen. Was die klinischen Beobachtungen anbetrifft, die bei Erkrankung des Cerebrum nicht selten gemacht worden sind, so liegt es ja auf der Hand, dass es durch diese nicht gelingen kann gegenüber der meist schweren und diffusen Gehirnerkrankung resp. den sekundären in Mitleidenschaft gezogenen Gehirnpartien -eng umgrenzte Gebiete aufzudecken, die als Pupillenzentren anzusprechen wären. Dasselbe gilt auch für die meisten experimentell herbeigeführten Beobachtungen, die bezüglich der Pupille nur als gelegentliche Befunde notiert sind (Hitzig, Ferrier, Munk, Obregia, Francois Frank, Bochefontaine, Horsley, Schäfer und andere)⁴⁾. Aber auch die zu dem besonderen Zwecke des Pupillenstudiums ausgeführten physiologischen Untersuchungen haben bisher kein klares Bild ergeben und kommen nicht selten zu völlig entgegengesetzten Resultaten. Von

1) loc. cit.

2) Sur les Phénomènes de Réactions dans le Système Sympathique. Compt. rendu hebdom. des Seances of l'histoire de la Société de Biol. 1901.

3) G. Levinsohn, Über das Verhalten des Gangl. cervic. suprem. nach Durchschneidung seiner prä- bez. postcellularen Fasern. Arch. f. Anat. u. Phys., 1903, S. 438.

4) Die angeführte Literatur ist in meiner Arbeit Zeitschr. f. Augenheilkde. 1902 zusammengestellt worden.

den letzteren Autoren sind zu nennen Braunstein, Piltz, Bechterew¹⁾, Parsons und der Verfasser²⁾. Braunstein konnte schon mit schwachen Reizen vom ganzen Gyrus sigmoideus, insbesondere aber vom Gyrus suprasylvius ant. beim Hund und der Katze Pupillenerweiterung hervorrufen. Nach Exstirpation des Gyrus sigmoideus beschreibt er konstant Lidspaltenverengung, Vortreibung der Nictitans und Pupillenverengung auf der Operationsseite. Piltz erhielt durch Reizung an der Grenze von Parietal- und Occipitallappen beim Kaninchen kontralaterale Pupillenverengung. Bechterew beschrieb Zentren für die Pupillenerweiterung in der hinteren Abteilung des Parietal- und Occipitallappens. Ferner konstatierte er im Gyrus angularis zwei Zentren für Pupillenerweiterung und zwei für Pupillenverengung. Parsons zeigte, dass beim Hund und der Katze die Umgebung des Sulcus cruciatus sowie der Gyrus suprasylvius ant., beim Affen der vor dem Sulcus praecentralis gelegene Hirnabschnitt die grösste Erregbarkeit besass. Umfangreiche Untersuchungen, die der Verfasser an Katzen, Hunden, insbesondere aber an Affen ausführte, ergaben folgendes Resultat: Die für Pupillenerweiterung empfindlichste Hirnpartie ist bei Hunden und Katzen der hintere Teil des Gyr. suprasylvius ant., bei Affen dagegen der im Winkel des Sulcus praecentralis gelegene Hirnabschnitt und dessen nähere Umgebung. Weniger empfindlich ist für den elektrischen Strom bezüglich einer Pupillenerweiterung bei Hunden und Katzen der vordere Teil des Gyr. suprasylvius ant. und der vor dem Sulcus cruciatus gelegene Hirnabschnitt, beim Affen vor allem der Gyrus angularis und der Occipitallappen; mit noch stärkerem Strom war aber auch von der Hör- und motorischen Sphäre eine Pupillenerweiterung zu erzielen. Wichtig ist die Tatsache, dass die Pupillenerweiterung bei Rindenreizung in der Regel nie als isoliertes Symptom, sondern mit anderen Bewegungen, vor allem des Kopfes, der Lider und der Augen in Erscheinung trat. Wichtig ist es ferner, dass nach Exstirpation der für die Pupillenerweiterung in Frage kommenden Hirnteile niemals oder jedenfalls nur sehr selten und dann auch nur ganz flüchtig eine Pupillenverengung auftrat.

Das bei Braunstein gefundene entgegengesetzte Resultat nach der Exstirpation der Gyrus sigmoideus dürfte zweifellos auf Fehlerquellen

1) Bechterew, Neurol. Zentralbl. 1900, S. 386 u. Arch. f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt. S. 25.

2) G. Levinsohn, Über die Beziehungen zwischen Grosshirnrinde und Pupille. Zeitschr. f. Augenheilkde. 1902, S. 518 u. Über die Beziehungen der Grosshirnrinde beim Affen zu den Bewegungen des Auges. v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol. Bd. 71, Heft 2.

zurückzuführen sein. Der negative Ausfall nach Entfernung der für Pupillenerweiterung erregbaren Hirnteile macht es im hohen Grade wahrscheinlich, dass die bei Rindenreizung auftretende Pupillenerweiterung nicht auf eine Reizung bestimmter kortikaler Pupillenzentren zurückzuführen ist, sondern dass es sich um eine Bewegung handelt, die durch einen von der Hirnrinde aus abhängigen Mechanismus sekundär in Erscheinung tritt. Es ist eigentlich auch von vornherein wenig wahrscheinlich, dass die vom Willen völlig unabhängige Pupillenbewegung besondere Zentren in der Hirnrinde besitzen soll, die nur die Zentren der willkürlichen Bewegungen und der Sinnesempfindungen in sich schliesst.

Ganz negativ war trotz sorgfältiger Beobachtung das Ergebnis der Rindenreizung bezüglich einer Pupillenverengung. Es gelang nur selten und auch dann nie regelmässig durch Reizung von der Hirnrinde aus Pupillenverengung zu erzielen. Die von Piltz und Bechterew gefundenen Resultate konnten nicht bestätigt werden. Niemals ergab die Exstirpation dieser Hirnabschnitte Veränderungen der Pupille in dem der Reizung entgegengesetzten Sinne. Die Beziehungen zwischen Hirnrinde und Sphincter iridis erscheinen zur Zeit noch wenig geklärt, und es muss auf Grund der heutigen Kenntnis noch fraglich erscheinen, ob überhaupt zwischen der Hirnrinde und Sphincter iridis direkte Beziehungen bestehen, jedenfalls ist es zur Zeit unmöglich von einem kortikalen Sphinkterzentrum zu sprechen.

Von Interesse ist nun noch die Frage, auf welchen Bahnen die Pupillenerweiterung bei Rindenreizung zustande kommt. Dass der vermehrte Blutdruck als auslösender Faktor von vornherein auszuschliessen ist, lehren die Versuche von François Frank und Bessau¹⁾, die gezeigt haben, dass die Blutdrucksteigerung und Pupillenerweiterung nicht zu gleichen Zeiten einsetzen, dass erstere schon vorhanden ist, bevor letztere in Erscheinung tritt. Die Erweiterung kann daher nur bedingt sein durch Reizung des Dilatators, resp. durch Erschlaffung des Sphinktertonus. Beide Auffassungen haben ihre Vertreter gefunden, je nachdem es den Autoren gelungen war nach der Durchschneidung des Sympathicus, resp. Exstirpation des oberen Ganglions cervicale suprem. durch Rindenreizung noch Pupillenerweiterung hervorzurufen (Grünhagen, Bochefontaine, Bessau, Mislawski, Braunstein, Parsons, Dubois und Castellanei) oder nicht (Knoll, Ferrier, Katschanowski)¹⁾. Eigne Untersuchungen haben gelehrt, dass die Pupillenerweiterung bei Rindenreizung sowohl durch Sympathicusreizung wie Herabsetzung des

1) Literatur s. Zeitschr. f. Augenheilkde. 1902.

Sphinktertonus zustande kommt. Das Verhalten ist hier demjenigen der Augenbewegung bei Rindenreizung durchaus ähnlich (aktive Kontraktion der gereizten Muskeln, Hemmung der Antagonisten — Sherrington, Levinsohn)¹⁾. Dass der Sympathicus auf das Zustandekommen der Pupillenerweiterung bei Rindenreizung einen Einfluss ausübt, geht schon daraus hervor, dass neben der Pupillenerweiterung mehr oder weniger auch die anderen Reizsymptome des Sympathicus bezüglich des Auges (Lidspaltenerweiterung, Hervortreten der Augen, Zurücktreten des Nictitans) in Erscheinung treten. Das Studium der Rindenreizung ergibt also die Tatsache, dass bei Reizung bestimmter Hirnabschnitte, welche die Zentren der Augenfühl-, der Seh-, vor allem aber der Kopf- und der Nackensphäre darstellen, eine Mitbewegung von seiten der Pupille auftritt, die sich vorzugsweise auf der Bahn des Sympathicus abwickelt. Dagegen dürfte die bei Reizung der Hirnrinde (Gehör- und motorische Sphäre) mit starkem elektrischen Strom auftretende Pupillenerweiterung derjenigen bei Reizung peripherisch sensibler Nerven und durch physische Effekte gleich zu erachten sein. Karplus und Kreidl²⁾ haben ferner gezeigt, dass es eine Schmerzreaktion gibt, die nur durch den Sympathicus vermittelt wird, und zwar kommt diese im Zwischenhirn zustande. Dass eine Pupillenerweiterung durch sensible und psychische Reize nach Exstirpation aller für Pupillenerweiterung erregbaren Rindenpartien noch deutlich auftreten kann, haben eigene Untersuchungen an Hunden, Katzen und Affen im Gegensatz zu denjenigen Braunsteins erwiesen. Ähnlich ist der positive Ausfall der Untersuchungen von Knoll und Trendelenburg u. Bumke³⁾, die nach Rindenexstirpation durch sensible Reize deutliche Pupillenerweiterung auslösen konnten. Es kann daher keinem Zweifel unterliegen, dass die Pupillenerweiterung, die bei Reizung sensibler Nerven und durch physische Affekte zur Auslösung gebracht wird, einerseits durch Sympathicusreizung, andererseits durch Entspannung des Oculomotoriustonus zustande kommt.

Reflektorische Pupillenstarre und Miosis.

Auf keinem Gebiete der Pupillenlehre ist die Unsicherheit und Unklarheit so gross, als über den Mechanismus der reflektorischen Pupillenstarre und Miosis, trotzdem gerade diese pathologischen Phä-

1) loc. cit.

2) loc. cit.

3) Trendelenburg und Bumke, Experimentelle Untersuchungen über die zentralen Wege der Pupillenfasern des Sympathicus. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde. 1909, 2, 481.

nomene seit langem klinisch sehr sorgfältig studiert und in ihren Beziehungen zur Erkrankung des Cerebrospinalnervensystems genügend geklärt worden sind. Die wesentlichen Gründe für diese Unsicherheit dürften einmal darauf zurückzuführen sein, dass die einschlägigen pathologisch-anatomischen Untersuchungen bisher vollkommen im Stich gelassen haben, andererseits aber darauf, dass eine einwandfreie Deutung der Phänomene, die den bisher gefundenen Tatsachen Rechenschaft trägt, recht grosse Schwierigkeiten verursacht. Nur unter voller Berücksichtigung des vorhandenen tatsächlichen Materials wird es aber möglich sein, die beiden obigen Begriffe dem Verständnis näher zu rücken. Zunächst muss daran festgehalten werden, dass in der Mehrzahl aller Fälle das Auftreten der reflektorischen Pupillenstarre mit einer mehr oder weniger grossen Pupillenverengung zusammenfällt; es liegt daher sehr nahe, beide pathologischen Erscheinungen auf dasselbe anatomische Substrat zurückzuführen. Hier ergibt sich aber gleich die sehr grosse Schwierigkeit, dass reflektorische Pupillenstarre und Pupillenverengung sich gewissermassen ausschliessen, dass in demselben Verhältnis, in dem die Pupille dem stark verengenden Einfluss des Lichts entzogen ist, eine mehr oder weniger intensive Erweiterung derselben zu erwarten wäre. Eine weitere recht grosse Schwierigkeit für die Klarstellung der reflektorischen Pupillenstarre bietet der Umstand, dass sie mitunter nur einseitig auftritt (übrigens häufiger als man allgemein annimmt, namentlich unter Berücksichtigung der nicht ganz reinen Fälle) und dass, allerdings nicht häufig, die Entwicklung der doppelseitigen reflektorischen Starre aus der einseitigen beobachtet worden ist. Die Analyse der reflektorischen Pupillenstarre wird daher naturgemäss sowohl das doppelseitige wie das einseitige Vorkommen der reflektorischen Starre in Betracht ziehen müssen. Für eine exakte Beurteilung der oben genannten Phänomene müssen folgende tatsächliche Unterlagen berücksichtigt werden:

1. dass die Pupillenfasern im Chiasma eine halbseitige Kreuzung erfahren,
2. dass die im Tractus vereinigten Pupillenfasern im geschlossenen Zuge bis in die Nähe des Sphinkterkerns ziehen und in der Mitte des vorderen Vierhügels an der Basis des Aquaeductus Sylvii eine nochmalige Kreuzung durchmachen,
3. dass der zentrifugale Reflexast des durch Lichteinfall bedingten Pupillenreflexes ein von den übrigen Sphinkterfasern isoliertes Bündel darstellt,
4. dass die Pupille bei reflektorischer Pupillenstarre sehr häufig

nicht nur stark verengt, sondern auch oft mehr oder weniger entrundet und in Bezug auf ihre Grösse auf beiden Seiten verschieden ist,

5. dass nach vollständiger Lähmung des Sympathicus die Pupillenverengung nur eine geringe ist und sich niemals vergrössert, dass im Gegenteil bei der Lähmung eines Irismuskels nicht selten auch der Antagonist im Laufe der Zeit eine deutliche Schwächung erfährt,
6. dass bei weitestgehender Schädigung der körperlichen Sensibilität niemals eine Pupillenverengung beobachtet wird.

Sehr wahrscheinlich ist es dann ferner, dass der Sehnerv besondere zentripetale Pupillenfasern enthält, während die bisherige Auffassung der interzentralen Verbindung der Sphinkterkerne, die durch die Untersuchungen Bernheimers¹⁾ und Bechterews²⁾ (sagittale Durchschneidung des Chiasma beim Tiere), sowie die Beobachtung Weir-Mitchells³⁾ (Tumor, der das Chiasma getrennt hatte), wo trotzdem der direkte und konsensuelle Pupillenreflex erhalten geblieben war, durch die Untersuchungen Behrs sehr stark in Frage gestellt ist.

Nur eine Hypothese, die auf den oben angeführten Tatsachen fusst, wird Anspruch erheben können, den höchst komplizierten Verhältnissen, die uns bei der reflektorischen Pupillenstarre entgegen treten, auch nur einigermaßen gerecht zu werden. Die Bachsche Auffassung, nach welcher das Zustandekommen der reflektorischen Pupillenstarre und Miosis auf Hemmungszentren in der Medulla zurückzuführen ist, muss schon aus dem Grunde unzutreffend sein, weil der Mechanismus des Pupillenreflexes nicht über die Mitte des vorderen Vierhügels hinausreicht. Im übrigen haben die Versuche des Verfassers gezeigt, dass zwar durch Reizung an der Spitze der Rautengrube eine sehr starke Pupillenverengung zustande kommt, dass aber die reflektorische Erregbarkeit trotzdem erhalten bleibt⁴⁾. Aber auch

1) Bernheimer, v. Gräfes Arch. f. Ophthalmol. Bd. 47, 1, 1898 u. kais. Akad. d. Wissensch. Wien, Bd. 107, 3, 98.

2) Bechterew, Die Funktionen der Nervencentra. Bd. 2, 1909.

3) Weir-Mitchell, Journal of Nerv and Mental Disease. Jan. 1889.

4) Wenn Trendelenburg*) und Bumke und später sogar Bach**) selbst auf Grund erneuter Untersuchungen mit Lohmann diese Pupillenverengung

*) Trendelenburg und Bumke, Experimentelle Untersuchungen zur Frage der Bach-Meyerschen Pupillenzentren in der Medulla oblongata. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde. 1907, Bd. 45.

**) Bach und Lohmann, Die Beziehungen der Medulla oblongata zur Pupille. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde., 1909, Bd. 43, S. 268.

diejenigen Theorien, welche die Pupillenverengung bei reflektorischer Pupillenstarre auf eine Sympathicuserkrankung zurückführen, wird durch die oben angeführte Tatsache ohne weiteres widerlegt, da selbst nach vollkommener Sympathicuslähmung niemals eine stärkere Pupillenverengung beobachtet wird, die auftretende geringe Pupillenverengung in diesem Falle mit der Zeit eher ab- als zunimmt. Dazu kommt, dass die Annahme, welche bei der reflektorischen Pupillenstarre mit einer Sympathicusaffektion rechnet, überhaupt von einer falschen Voraussetzung ausgeht. Die Intaktheit des Sympathicus ergibt sich bei den meisten Fällen von Miosis daraus, dass alle übrigen Ausfallserscheinungen von seiten des Sympathicus mit Ausnahme der Pupillenverengung fehlen und dass die miotische Pupille durch schwache Kokainlösung leicht erweitert werden kann, ein Zeichen, dass die den Dilator pup. versorgenden Sympathicusfasern nicht geschädigt sind. Ebenso unrichtig ist die Deutung, welche die Miosis auf den Fortfall der sensiblen Rückenmarksleitung durch Erkrankung der Hinterstränge bei Tabes zurückführt. Es kann davon abgesehen werden, dass trotz Miosis und reflektorischer Pupillenstarre die Erweiterung der Pupille hin und wieder auf sensible Reize erhalten bleibt, jedenfalls muss hervorgehoben werden, dass in den sehr häufigen Fällen, in denen die sensible Leitung völlig vernichtet ist, oder in den Fällen, bei denen die Pupille auf sensible und psychische Reize nicht mehr reagiert, die Pupille durchaus nicht verengt, geschweige denn miotisch angetroffen wird. Gerade das Fehlen einer auch nur einigermassen in die Augen springenden Pupillenverengung in letzteren Fällen zwingt mit Sicherheit zu dem Schlusse, dass auch die Miosis bei reflektorischer Pupillenstarre unmöglich die Folge eines Schwindens des sensiblen Leitungseinflusses auf die Pupille sein kann.¹⁾

Ebenso unklar wie die Auffassung über das Zustandekommen

in Zweifel ziehen, so muss dieser Auffassung widersprochen werden. Das Vorkommen der starken Pupillenverengung bei Reizung am Cal. scriptorius ist unzweifelhaft; wie sie zu deuten ist, ist schon auseinandergesetzt worden. Die negativen Befunde bei der Katze von älteren und neueren Beobachtern sind, worauf ich schon früher hingewiesen habe, auf die grössere Sensibilität der Katze zurückzuführen, die eben so intensiv ist, dass die bei Verletzungen der Zentralorgane einsetzende Pupillenerweiterung eine auftretende Pupillenverengung oft verdeckt. Aus diesem Grunde erscheint die Katze für derartige Versuche überhaupt wenig geeignet (s. Anm. 2).

1) G. Levinsohn, Miosis bei reflektorischer Pupillenstarre. Berliner klin. Wochenschr., 1908, Nr. 15.

2) G. Levinsohn, Zur Frage des experimentellen Nachweises der in der Medulla oblongata gelegenen Pupillenzentren. Klin. Monatsbl. f. Augenheilkde., 1907, Bd. 44, S. 234.

der Miosis sind die Erklärungen über dasjenige der reflektorischen Pupillenstarre. Die Tatsache, dass in diesem Zustande die Pupillen in der Regel ungleich und unregelmässig sind, macht jede Deutung, welche sie auf eine Erkrankung der zentripetalen Leistungsbahn zurückführt, ganz unmöglich; denn ob der zentripetale Zustrom ganz unterbrochen oder nur teilweise gehindert ist, die Pupille würde bei einer solchen Erkrankung naturgemäss niemals ihr rundes Aussehen verlieren. Der einzige Effekt kann in diesem Falle nur darin bestehen, dass je nach dem Grade und der Ausdehnung der Störung in der zentripetalen Leitungsbahn die reflektorische Empfindlichkeit der Pupille auf Lichteinfall mehr oder weniger herabgesetzt erscheint. Setzt man ausserdem noch eine interzentrale Verbindung des Sphinkterkerns als Tatsache voraus, die allerdings nach den Untersuchungen Behrs sehr unwahrscheinlich ist, so müsste auch jede stärkere Differenz in der Grösse der Pupillen bei einer Störung der Pupillarfasern mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Ein geringer Grössenunterschied wäre entsprechend der grösseren Zahl der gekreuzten Pupillenfasern allenfalls verständlich, auffallende Unterschiede werden aber bei Erkrankung der zentripetalen Pupillenfasern infolge des beide Pupillen ziemlich gleich treffenden Reizes in diesem Falle unmöglich.

Ganz besonders gross sind die Schwierigkeiten, die sich einer Deutung der einseitigen reflektorischen Pupillenstarre durch Erkrankung der zentripetalen Pupillenfasern entgegenstellen. Denn um unter dieser Voraussetzung den Mechanismus der ersteren verständlich zu machen, muss man zu sehr gekünstelten Hypothesen seine Zuflucht nehmen. Die halbseitige Kreuzung der Pupillenfasern im Chiasma würde das Zustandekommen einer einseitigen reflektorischen Pupillenstarre nur erklären, wenn man in diesem Falle eine nochmalige halbseitige Kreuzung der zentripetalen Pupillenfasern genau im Sinne der Chiasmakreuzung als tatsächlich unterstellte. Und auch dann würde die Erklärung einen doppelseitigen Herd voraussetzen, welcher die in den Sphinkterkern von beiden Seiten einstrahlenden zentripetalen Fasergruppen vernichtete. Nun ist ja die doppelte Kreuzung der zentripetalen Pupillarfasern an der Basis des Aquaeductus Sylvii in der Mitte des vorderen Vierhügels von dem Verfasser auf dem Wege des Experimentes bewiesen worden, für eine nochmalige halbseitige Kreuzung der zentripetalen Pupillarfasern fehlt aber jeder physiologische und klinische Anhaltspunkt; im Gegenteil muss ganz besonders nach den Untersuchungen von Behr diese zweite halbseitige Kreuzung mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Daher wird

auch die Hypothese Behrs¹⁾, welcher die reflektorische Pupillenstarre auf eine Erkrankung der in den Sphinkterkern als geschlossener Zug einstrahlenden zentripetalen Pupillarfasern zurückführt, den klinischen Tatsachen bei reflektorischer Pupillenstarre nicht gerecht. Nach dieser Theorie wäre das Zustandekommen der direkten und indirekten reflektorischen Unerregbarkeit wohl verständlich, sie bedingt aber notwendigerweise auch gleichzeitig eine Störung der gesunden Pupille im hemianopischen Sinne. Nach der Erklärung Behrs würde sich der Begriff der einseitigen reflektorischen Pupillenstarre mit demjenigen einer Tractuserkrankung auf der entgegengesetzten Seite vollständig decken, was klinisch absolut nicht zutrifft. Die Deutung der reflektorischen Pupillenstarre durch Erkrankung der zentripetalen Pupillarfasern stösst demnach auf unüberwindliche Schwierigkeiten, ganz abgesehen davon, dass die Miosis und Anisokorie, welche bei der einseitigen reflektorischen Starre in der Regel nebenhergehen, von vornherein, wie oben gezeigt wurde, gegen das Zustandekommen auf diesem Wege sprechen und nur durch eine Erkrankung des zentrifugalen Reflexastes erklärt werden können.

Ebenso wenig wie die bisherigen Theorien über die Deutung des Weges, auf dem sich der Mechanismus der reflektorischen Pupillenstarre und der Miosis abwickelt, einer Kritik standhalten, ebenso sehr ist die von dem Verfasser schon im Jahre 1899 über dieses Phänomen aufgestellte Hypothese²⁾ imstande, alle auftretenden Schwierigkeiten leicht zu beseitigen. Diese Hypothese geht von der Voraussetzung aus, dass der Sphinkterkern selbst den Ausgangspunkt der reflektorischen Pupillenstarre wie der Miosis bildet, und dass er aus zwei Zellengruppen besteht, einer Gruppe, welche den Lichtreiz, und einer anderen, welche die Konvergenz, resp. die akkomodative Erregung in eine Sphinkterkontraktion umsetzt. Es leuchtet ein, dass die Erkrankung der einen Zellengruppe, welche deren Funktion vernichtet hat, auf die anderen in ihrer unmittelbaren Nähe gelegenen Zellen einen starken Reiz ausüben und daher neben der Aufhebung der reflektorischen Pupillenerregbarkeit durch Licht eine kräftige Verengung der Pupille hervorrufen muss. Die Hypothese setzt daher für das Zustandekommen einer einseitigen reflektorischen Pupillenstarre nur einen Herd voraus, eine Annahme, welche auch von vorn-

1) Behr, loc. cit. und Die Bedeutung der Pupillenstörungen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde., 1913, Bd. 46, 88.

2) G. Levinsohn, Beitrag zur Ophthalmol. intern. usw. Arch. f. Augenheilkde. Bd. 40, Heft 4 und Zur Frage der reflektorischen Pupillenstarre. Zentralbl. f. Nervenheilkde. u. Psych. 1900, S. 1.

herein in hohem Grade plausibel erscheint. Das Auftreten der doppel-seitigen reflektorischen Pupillenstarre rechnet allerdings mit zwei, ziemlich nahe aneinander liegenden Herden, aber das Ergriffenwerden bestimmter Zellengruppen durch ein Zellgift, für welches diese eine besondere Affinität besitzen, bietet in der Gehirnpathologie nichts Ungewöhnliches. Es sei nur an die Akkom.-Lähmung im Gefolge der Diphtherie erinnert. Jedenfalls finden nach dieser Hypothese alle die komplizierten Erscheinungen, die uns bei der reflektorischen Pupillenstarre und Miosis gegenübertreten, eine ungezwungene und plausible Deutung. Sie gibt Antwort auf die Tatsache, dass reflektorische Pupillenstarre und Miosis so oft gleichzeitig angetroffen werden, dass die Pupillen ungleich sind und unregelmässige Formen besitzen, dass bei absoluter Pupillenstarre niemals eine starke Pupillenverengung beobachtet wird, und dass die Miosis sofort in eine Pupillenerweiterung übergeht, sobald aus der reflektorischen sich eine absolute Pupillenstarre entwickelt, wie das mitunter beobachtet worden ist. Sie macht z. B. einen Fall wie den vom Verfasser beschriebenen¹⁾: einseitige reflektorische Pupillenstarre auf der einen, einseitige Konvergenzstarre der Pupille auf der anderen Seite ohne weiteres verständlich, während nach jeder anderen Theorie höchst gekünstelte und unwahrscheinliche Erklärungen für den Mechanismus einer solchen Affektion herangezogen werden müssten.

Die vom Verfasser aufgestellte Hypothese fusst aber auch auf einem tatsächlichen Untergrund. Denn wie schon oben bemerkt, beweisen die Fälle von einseitiger reflektorischer Pupillenstarre nach traumatischer Erkrankung des Oculomotoriusstammes, dass wir mit einem isolierten Faserzug im Verlauf des dritten Gehirnnerven rechnen müssen, der nur den Lichtreiz auf den Sphinkter überträgt. Besitzt aber der zentrifugale Reflexast innerhalb des Oculomotorius eine von den übrigen Sphinkterfasern anatomisch zu trennende besondere Vertretung, so ist es fast selbstverständlich, dass auch der zentrale Ausgangspunkt der Sphinkterfasern, nämlich der Sphinkterkern selbst eine solche Trennung seiner Ganglionzellen aufweist. Es besteht allerdings noch die Möglichkeit, dass die zur reflektorischen Pupillenstarre führende Affektion nicht im Oculomotoriusstamm, sondern noch weiter peripher, nämlich im Ganglion ciliare gelegen ist, eine Auffassung, die bekanntlich von Marina²⁾ vertreten wird. Diese Mög-

1) G. Levinsohn, Über einen Fall von einseitiger reflektorischer Pupillenstarre der rechten und einseitiger Konvergenzstarre der linken Pupille. Edel-Festschrift. Berlin 1909.

2) Marina, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde., Bd. 14 u. 20.

lichkeit muss aber bei näherer Betrachtung als irrig zurückgewiesen werden. Denn abgesehen davon, dass die Hypothese Marinas mit der sehr wenig wahrscheinlichen Annahme rechnet, dass die im Ganglion ciliare sich aufsplitternden Sphinkterfasern nur bestimmte der Funktion der Sphinkterfasern entsprechende Zellen umspinnen, beweist die gute Wirksamkeit des Eserins bei reflektorischer und selbst bei absoluter Pupillenstarre, dass in beiden Fällen das Ganglion intakt geblieben ist¹⁾.

Wenngleich daher eine Lösung der obigen Frage in letzter Linie nur von der pathologischen Anatomie erwartet werden kann, so wird man, da diese bisher im Stich gelassen hat, auch heute schon mit einer grösseren Wahrscheinlichkeit daran festhalten können, dass der Ausgangspunkt der reflektorischen Pupillenstarre und der Miosis in den Sphinkterkern zu verlegen ist, und dass trotz der so grossen Verschiedenartigkeit der pathognomonischen Bedeutung reflektorische und absolute Pupillenstarre eine einheitliche Affektion darstellen, an einen einzigen Ort lokalisiert werden müssen und nur als graduell verschiedene Krankheitserscheinungen aufzufassen sind.

1) G. Levinsohn und M. Arndt, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkde. Bd. 20.