**Ueber den Verlauf der die Pupille verengenden
Nervenfasern im Gehirn und über die Localisation
eines Centrums für die Iris und Contraction der
Augenmuskeln¹⁾.**

Von

Dr. W. Bechterew,

Docent an der kaiserl. medicinischen Academie zu St. Petersburg,
Ordinator der Klinik des Prof. Mierzejewsky.

Hierzu 1 Holzschnitt.

Von den meisten Physiologen unserer Zeit wird angenommen, dass das Centrum für die reflectorische Verengerung der Pupille in Folge von Lichtreizen bei den Vögeln und niederen Wirbelthieren in den corp. bigemina, bei den höheren Säugethieren, darunter auch beim Menschen, in der Nachbarschaft der corp. quadrigemina liegt. Zugleich wird vorausgesetzt, dass der N. opticus durch das bezeichnete Centrum mit beiden NN. oculomotorii in Verbindung steht, und Dank diesem Umstande das in ein Auge einfallende Licht neben einer starken Contraction der entsprechenden Pupille noch eine Contraction der Pupille des anderen Auges hervorruft.

Die Anschauung über den Einfluss der bezeichneten Theile des centralen Nervensystems auf die Bewegung der Pupille entstammt der Zeit der Versuche Flourens', welcher nach Zerstörung der corp. bigemina bei Vögeln und corp. quadrigemina bei Säugethieren ausser Blindheit am entgegengesetzten Auge noch Erweiterung und vollständige Unbeweglichkeit der entgegengesetzten Pupille beobachtete²⁾.

1) Vom Autor mit Demonstration operirter Thiere mitgetheilt in der Sitzung der St. Petersburger psychiatrischen Gesellschaft im November 1882.

2) Flourens, Recherches sur la propr. et les fonct. du système nerveux. Paris, 2. édition, 1842, p. 142—149.

Budge suchte den Ort der Reflexübertragung in den corp. quadrigemina noch genauer zu bestimmen und gelangte auf Grund seiner Versuche zu dem Schluss, dass derselbe bei Säugethieren im inneren Theil der vorderen Vierhügel sich befinde¹⁾.

Knoll²⁾ beobachtete auch Unbeweglichkeit der Pupille nach Zerstörung der Vierhügel; doch weicht er bezüglich der Erklärung dieser Erscheinung von den vorgehenden Forschern ab. Er erachtet die Localisation des reflectorischen Centrums für die Pupillenbewegung in der Vierhügelregion aus dem Grunde für unzulässig, da bei den entsprechenden Versuchen gewöhnlich auch ein schon macroscopisch sichtbares Bündel des N. opticus verletzt wird; in den Fällen, wenn bei der Operation am corp. quadrigemina keine sichtbare Verletzung des N. opticus oder oculomotorius stattfand, gelang es dem Autor niemals das Verschwinden der reflectorischen Contraction der Pupille in Folge von Lichtreizen wahrzunehmen.

Etwas andere Resultate ergaben die Untersuchungen Adamük's, welcher sich mit demselben Gegenstand beschäftigte. Letzterer resumirt in seiner kurzen Mittheilung³⁾ seine hierauf bezüglichen Ergebnisse folgendermaassen: „Was den Ursprung der die Pupille verengenden Nervenfasern betrifft, so muss dieser abgesondert vom Anfang des N. oculomotorius stattfinden, und, wie ich beobachtet habe, mehr nach hinten vom ersteren gelegen sein. Wenn dieser Ursprung so weit nach hinten verschoben wird, dass er näher zum Anfang der anderen Nerven sich findet, dann gehen die die Pupille verengenden Fasern nicht im Stamme des Oculomotorius. In solchem Falle können sie vielleicht im N. trigeminus liegen, welcher aber gewöhnlich keine die Pupille direct verengenden Fasern zu führen pflegt. In drei Fällen aus 42 habe ich die genannten Nervenfasern im Abducensstamm gefunden.“

Doch wurden diese Ergebnisse der Versuche Adamük's von keinem anderen Beobachter bestätigt.

Im Gegentheil, Hensen und Völkers, die ihre Untersuchungen später anstellten, fanden kein einziges Mal das Fehlen

1) Budge, Ueber die Bewegungen der Iris. 1855.

2) Knoll, Beitr. z. Physiol. d. Vierhügel. Eckhardt's Beitr. z. Anat. u. Physiol. IV.

3) Adamük, Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1870. Nr. 12.

der die Pupille verengenden Fasern im Stamm des Oculomotorius und beobachteten auch niemals den Verlauf derselben im Stamm des Abducens. Die Autoren geben desshalb die Möglichkeit einer anderen Erklärung für die von Adamük aufgestellten That-sachen zu, ohne in dieser Hinsicht eine bestimmte Meinung auszusprechen. Doch betreffs des Ursprungs der die Pupille verengenden Fasern behaupten Hensen und Völkers kategorisch die Irrthümlichkeit der Angaben Adamük's und verlegen das Centrum für die Contraction der Pupille viel mehr nach vorn, nämlich in den hinteren Theil des Bodens des dritten Ventrikels, zwischen dem von ihnen in derselben Gegend entdeckten Accomodations-centrum und dem Centrum für den M. rectus internus. Eine in dieser Gegend applicirte Reizung mit dem faradischen Strom bringt nach Ausspruch der Autoren immer eine Contraction der Pupille und zwar beiderseits hervor. Wenn man jedoch sich diesem Centrum von einer Seite nähert, so contrahirt sich zuerst die Iris des entsprechenden Auges. Bei Abtrennung dieses Centrums tritt anfangs eine Verengung der Pupille auf, welcher eine starke Erweiterung und vollständige Unbeweglichkeit derselben nachfolgt, die sogar bei Reizung des Centrums bestehen bleibt¹⁾.

Zur Widerlegung von Adamük's Anschauungen und zu Gunsten der Localisation des Centrums für die Iris-Contraction in der bezeichneten Gegend führen Hensen und Völkers auch einen anatomischen Nachweis an, indem sie behaupten, dass die auf dieses Centrum reflectorisch einwirkenden Fasern von den corp. geniculata in den Vierhügeln zuerst nach hinten verlaufen und dann, der Mittellinie sich nähernd, nach vorn und in die Tiefe ziehen.

Man bemerkt leicht, dass fast alle von uns angeführten Untersuchungen, auch die Experimente von Hensen und Völkers nicht ausgenommen, an einem allgemeinen Fehler leiden. Die Autoren bestimmen die Lage des Centrums an dem Orte, wo ein Reiz den betreffenden Reflex erregt und eine Zerstörung dagegen denselben aufhebt, ohne dabei zu berücksichtigen, dass Reizung oder Zerstörung einer bestimmten Abtheilung des Reflexbogens nothwendig dieselbe Wirkung, wie Reizung oder Zerstörung des Centrums selbst, haben muss. In Folge dieses Umstandes ist es

1) Hensen und Völkers. Graefe's Arch. f. Ophthalmologie. Band 24, Abtheil. I, 1878, p. 19—26.

eigentlich viel schwerer, die Lage eines Reflexcentrums als die Richtung des Reflexbogens festzustellen, und eine solche Bestimmung kann überhaupt nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, auf Grund einiger Exclusionen gemacht werden, wobei anatomische Angaben und vorhandene klinische Thatsachen nicht ausser Acht gelassen werden dürfen.

Indessen sind nicht nur die Angaben der Autoren bezüglich der Localisation des zur reflectorischen Contraction der Pupille dienenden Centrums höchst widersprechend, sondern auch die Bahn des Reflexbogens selbst wurde bis jetzt irrtümlich bestimmt.

Die verbreitete Anschauung setzt, wie bekannt, voraus, dass der Weg für den Lichtreflex der Iris in den Fasern des Sehnerven liege, welche durch das chiasma in den tractus opticus gelangen und nach Erreichung des corp. geniculatata zum hypothetischen, die Contraction der Pupille vermittelnden Centrum ziehen, von wo sie zum Kern des N. oculomotorius treten, um mit letzterem wieder zum Augapfel zurückzukehren. Aus den angeführten Citaten ersieht man, dass auch die neuesten Autoren, wie Hensen und Völkers, eine ähnliche Bahn des Reflexes zulassen, indem sie voraussetzen, dass die den Reflex vermittelnden Fasern vom Kniehöcker zuerst nach hinten ziehen und dann in die Tiefe und nach vorn umbiegen in der Richtung zu dem von den Autoren am Boden des dritten Ventrikels gefundenen Centrum für die Iris-Contraction. Doch werden wir sogleich sehen, dass directe experimentelle Untersuchungen das Gegentheil beweisen.

Als unzweifelhaft erweist sich nur ein gewisser Theil der angenommenen Bahn des Reflexbogens, nämlich, dass die den Reflex vermittelnden centripetalen Fasern Anfangs zusammen mit dem Sehnerven verlaufen und dann als centrifugale Fasern aus der Gehirnmasse austretend im Stamm des N. oculomotorius enthalten sind. Durchschneidung des N. opticus oder oculomotorius, wie ausserhalb so auch innerhalb der Schädelhöhle, ergibt immer ein und dasselbe Resultat — nämlich Erweiterung der Pupille und Aufhebung ihrer Reaction auf Lichtreize. Doch besteht zwischen ersterem und letzterem Fall ein scharfer Unterschied im Verhalten der Pupillen. Wenn der Sehnerv eines Auges durchschnitten ist, so erweitert sich die Pupille und es erfolgt keine Reaction nur auf diejenigen Lichtreize, welche in das Auge mit durchschnittenem Sehnerven fallen. Zugleich lässt sich vom verletzten Auge

aus weder reflectorische Schliessung der Lider, noch Uebermittlung des Lichtreizes auf die Pupille des gesunden Auges hervorrufen. Indessen bringt ein starker Lichtreiz des gesunden Auges Verengerung der Pupille nicht nur im gesunden, sondern auch im Auge mit durchschnittenem Opticus hervor. In Folge dessen ist bei Durchschneidung eines der Sehnerven die Erweiterung der entsprechenden Pupille nicht bedeutend, so lange das gesunde Auge geöffnet bleibt. Das durch letzteres dringende Licht wirkt noch erregend auf die Iris des Auges mit durchschnittenem Nerv und nur nach Schluss des gesunden Auges tritt sogleich bedeutende Erweiterung der Pupille des anderen ein¹⁾. Hingegen bei Durchtrennung beider Sehnerven oder bei intracranieller Durchschneidung des Chiasma in transversaler Richtung (was mir mehrere Male gelang) erhält man nebst Blindheit beider Augen Erweiterung beider Pupillen, und ruft dann das stärkste Licht weder Verengerung derselben, noch Lidschluss hervor²⁾. Wenn aber der N. oculomotorius durchschnitten ist, so stellt sich ausser Abduction des Auges Erweiterung der Pupille und vollständiger Verlust der Reaction derselben ein, wie auf solche Lichtreize, die auf das entsprechende Auge einwirken, so auch auf in das gesunde fallende. Indessen ruft ein in das dem durchschnittenen Nerv entsprechende Auge einfallender Lichtreiz noch eine deutliche Reaction seitens der Pupille des anderen Auges hervor³⁾.

1) Holmgren (Hoffmann und Schwalbe's Bericht, V, 1876.) hatte Gelegenheit, an Kaninchen mit durchschnittenem Opticus zu beobachten, dass Geräusche und anderer Art heftige Reize noch Erweiterung der Pupille hervorrufen. Ich beobachtete eine ähnliche Erscheinung an Hunden, aber nur in dem Fall, wenn zuvor beide Augen des Thieres geöffnet waren und also die Pupille des Auges mit durchschnittenem Sehnerven schon in gewissem Grade unter dem Einfluss des in das gesunde Auge einfallenden Lichtes verengt war. Wenn dagegen das gesunde Auge geschlossen gehalten wurde und die Pupille des Auges mit durchschnittenem Nerv erweitert war, so liess sich unter den angegebenen Bedingungen schon keine weitere Dilatation der Pupille wahrnehmen.

2) Solcher Art Thiere sind die bequemsten Objecte für die ophthalmoscopische Untersuchung und können Studirenden zur Uebung derselben sehr nützlich sein, da sie sogar bei sehr starker Beleuchtung des Augengrundes mit dem Spiegel ganz ruhig und unbeweglich bleiben.

3) In der nachfolgenden Darstellung werden wir der Kürze halber die Verengerung der Pupille bei unmittelbarer Einwirkung des Lichtes auf das

Obgleich die angegebenen Beziehungen sehr einfach sind und sich wie durch physiologische Experimente so auch durch pathologische Beobachtungen am Menschen leicht prüfen lassen, so bleibt es doch, wie schon erwähnt, noch ganz ungewiss, in welchen Theilen des Gehirns die zur reflectorischen Verengung der Pupillen bestimmten Bahnen liegen. Ich habe schon oben bemerkt, dass unter den Physiologen (zugleich auch unter den Pathologen) die Anschauung verbreitet ist, dass der in Rede stehende Reflexbogen im Sehnerven beginnend zusammen mit den Fasern desselben in den tractus opticus übergeht und nach Erreichung der Gesichtscentra im Kniehöcker und Vierhügel zum reflectorischen, die Pupille verengenden Centrum zieht, welches nach einigen Autoren im corp. quadrigemina selbst und bei niederen Thieren im corp. bigemina (Flourens), nach anderen in der Nachbarschaft der Vierhügel, nämlich nach hinten von denselben (Adamük), und endlich nach den dritten am Boden des dritten Ventrikels, also in der centralen grauen Substanz liegt (Hensen und Völkers).

Aus der physiologischen Literatur ist mir jedoch bis jetzt keine einzige Untersuchung bekannt, die bewiese, dass Durchschneidung eines tractus opticus dasselbe Verhalten der Pupillen zur Folge habe wie Durchschneidung eines N. opticus.

Indem ich zum angegebenen Zweck an Hunden experimentirte, gelang es mir viele Male vollständige Durchschneidungen des tractus opticus an verschiedenen Stellen seines Verlaufs vom chiasma nn. opticorum an bis zum Kniehöcker auszuführen. Dabei stellte sich beim Thier Beschränkung der Sehfelder in beiden Augen ein und immer an der dem durchschnittenen tractus entgegengesetzten Seite, mit anderen Worten — es entstand Functionsausfall der entsprechenden Abschnitte beider Netzhäute. Doch liess sich im Verhalten und in der Weite der Pupillen bei dieser Art Thieren gewöhnlich keine Veränderung wahrnehmen und die Reaction der Pupille auf Lichtreize geschah wie im einen, so auch im anderen Auge vollständig regelmässig¹⁾.

zu untersuchende Auge — Reaction unter dem Einfluss eines directen Lichtreizes nennen, die Verengung aber, die durch Einwirkung des Lichtes auf das anderseitige (nicht zu untersuchende) Auge hervorgerufen ist, — Reaction unter dem Einflusse eines indirecten Lichtreizes.

1) Es ist hierbei zu bemerken, dass die Durchschneidung des tractus opticus in diesen Versuchen ganz rein, ohne Verletzung benachbarter Ge-

Ein ganz analoges Verhalten der Lichtreaction der Pupille wird auch bei isolirter Zerstörung des hinteren Theiles der thalami optici zusammen mit den corp. geniculata beobachtet.

Auf Grund angegebener Thatsachen konnte ich mit Sicherheit den Schluss ziehen, dass im tractus opticus auf seinem ganzen Verlaufe bis an den Kniehöcker inclusive zur Verengerung der Pupille dienende Fasern durchaus nicht enthalten sind.

Doch es fragt sich, ob diese Fasern in den Vierhügeln verlaufen?

Wir haben gesehen, dass viele Autoren an bezeichnetem Ort das Centrum für die reflectorische Bewegung der Pupille localisirten. Diesen Untersuchungen haften übrigens bedeutende technische Mängel an. Ohne in Einzelheiten einzugehen, will ich hier nur bemerken, dass die von einigen Autoren gehandhabte Reizungsmethode bei solcher Art Untersuchungen überhaupt sehr wenig Vertrauen verdient. In einer so beschränkten Region wie die Oberfläche der Vierhügel dringen sogar bei Anwendung eines verhältnissmässig schwachen Stroms leicht Stromschleifen in die benachbarten tiefer gelegenen Theile bis zum Oculomotoriuskern und können durch Hervorbringung eines Reizungseffectes desselben den Forscher leicht zu irrthümlichen Schlüssen bezüglich der Localisation des reflectorischen Iriscentrums verleiten. Andererseits erheischt auch die Zerstörungsmethode in bezeichneter Gegend besondere Vorsicht und behutsame Behandlung. Tiefgehende Läsionen müssen streng vermieden (oder wenigstens richtig gewürdigt) werden, und nur möglichst oberflächliche das Niveau des Aquaeductus Sylvii nicht überschreitende Verletzungen können zur richtigen Lösung der uns beschäftigenden Frage dienen.

Auf Grund besagter Erwägungen ist die Art und Weise der Zerstörung der corp. quadrigemina für unseren Zweck von besonderer Wichtigkeit.

In meinen Experimenten führte ich die Operation auf folgende Art aus: Dem narcotisirten Hunde wird der Schädel in der Nachbarschaft der Sagittalnaht etwas nach vorn vom tuber occipitalis

hirntheile ausgeführt werden muss. Ueber die Methode, nach welcher solcher Art Durchschneidungen am besten ausgeführt werden, siehe meinen Aufsatz: „Experimentelle Untersuchungen über die Kreuzung der Sehnervenfasern im chiasma nn. opticomum.“ Neurologisches Centralblatt. 1883. Nr. 3.

trepanirt. Darauf dringt man mit einem Instrument von der Form eines kleinen, an einem dünnen Stilet befestigten Löffels mit scharfem Rande längs einer Seite des processus falciformis gleitend, vorsichtig zwischen die Grosshirnhemisphäre hindurch. Das Instrument wird zuerst etwas nach hinten gerichtet, bis es an das tentorium cerebelli stösst, worauf man es, letzterem als Wegweiser folgend¹⁾, gegen die corp. quadrigemina vorschiebt; an denselben angelangt macht man entsprechende Drehungen des Instruments in solcher Weise, dass nur die oberflächlichsten Schichten der Vierhügel abgetragen werden²⁾.

Nach solchen oberflächlichen und beschränkten Läsionen der Vierhügel treten, ebenso wie nach Durchschneidung eines tractus opticus, bei Hunden in einem oder in beiden Augen Sehstörungen (meistens in der Gestalt von Hemianopsie) ein, doch bleiben dabei die Pupillen unerweitert und in vielen Fällen konnte ich mich von der Existenz einer ganz regelmässigen Lichtreaction überzeugen. Nur bei tiefergreifenden Verletzungen der Vierhügel, besonders wenn dieselben etwas seitlich von der Mittellinie in die Gegend der vorderen Vierhügel, also in die Gegend des Oculomotoriuskernes fallen, stellt sich ausser der Sehstörung auch eine von einer Ablenkung des entsprechenden Auges nach aussen begleitete Pupillenerweiterung ein. Dabei bleibt die erweiterte Pupille ganz unbeweglich — wie bei Reizung des einen, so auch des anderen Auges durch Licht, mit anderen Worten — wie bei directem, so auch indirectem Lichtreize. Die Pupille des anderen Auges behielt in solchen Fällen gewöhnlich ihre normale Weite und reagirte regelmässig bei directem Lichtreiz, doch zeigte sie keine Verengerung bei indirectem Lichtreiz, — ebenso wie die Pupille bei

1) Die Erreichung des tentorium wird an dem Widerstand erkannt, den man bei weiterer Verschiebung des Instrumentes fühlt. Bei Hunden wird dieses Erkennen in bedeutendem Maasse durch den Umstand erleichtert, dass in den meisten Fällen das tentorium cerebelli fast in seinem ganzen Verlauf, wenigstens in seinem mittleren Theile aus einer Knochenlamelle besteht.

2) Obgleich diese Methode besondere Gewandtheit erheischt (zu deren Erlangung Uebungen an getödteten Thieren nothwendig sind), gelingt es dessen ungeachtet, wie ich mich überzeugt habe, mit Hilfe derselben leichter als auf jedem anderen Wege an höheren Thieren möglichst oberflächliche Zerstörungen der Vierhügel ohne Verletzungen benachbarter, besonders tiefer liegender Hirnthheile auszuführen.

Durchschneidung des N. oculomotorius in seinem peripheren Verlauf sich verhält¹⁾. Im Gegentheil, sogar tiefgreifende, aber unmittelbar hinter dem vorderen Vierhügel angebrachte Läsionen können ohne bemerkbare Pupillenerweiterung bestehen, wenn dabei die verletzte Gegend streng begrenzt ist und in ihrer Umgebung kein bedeutender Bluterguss stattgefunden hat.

Nicht weniger überzeugend für unseren Zweck sind Zerstörungsversuche der corp. bigemina an niederen Thieren.

Wenn man einer Taube den grössten Theil der corp. bigemina an einer Seite zerstört, so erhält man vollständige Blindheit des entgegengesetzten Auges, doch behalten dabei die Pupillen im Gegensatz zu Flourens' Behauptung fast ihre normale Weite und fahren fort auf Lichtreize zu reagiren. Nach Zerstörung des anderseitigen corp. bigeminum wird das Thier ganz blind, doch bleibt die Pupillenweite und Reaction auf Lichtreize ebenfalls ohne deutliche Veränderung bestehen²⁾. Nur nach tiefer Zerstörung des innersten, den Hirnschenkeln anliegenden Theils eines corpus bigeminum entsteht ausser Blindheit des entgegengesetzten Auges auch Erweiterung und Unbeweglichkeit der Pupille auf Lichtreize, aber immer nur an der Seite der Verletzung, und nicht, wie Flourens glaubte, an der entgegengesetzten.

In dieser Weise führen uns alle angegebenen Thatsachen zur Ueberzeugung, dass die die Pupille verengenden Fasern nicht nur,

1) In der Folge werden wir sehen, dass ein ähnliches Verhalten der Pupillen bei Thieren ohne das Bestehen der geringsten Sehstörung hervorgebracht werden kann.

2) Bei Vergleichung einer gesunden und blinden Taube mit zerstörten corp. bigemina scheint auf den ersten Blick eine unbedeutende Differenz der Pupillenweite vorhanden zu sein, die dadurch entsteht, dass bei einer gesunden, dem Einfluss der Beobachtung unterworfenen (aber in unruhigem Zustand befindlichen), Taube fast immer von selbst auftretende mit Erweiterung abwechselnde Verengerungen der Pupille stattfinden, welche aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch bedingt sind, dass die Taube in den angegebenen Verhältnissen beständig die umgebenden Gegenstände fixirt; bei einer operirten blinden Taube hingegen lassen sich beinahe gar keine von selbst entstehende Contractionen der Iris wahrnehmen und desshalb macht ihre Pupille den Eindruck einer ein wenig erweiterten. Bei Tauben mit zerstörten Hemisphären und erhaltenen Ganglien der Gehirnbasis stellt sich auch eine geringe Pupillenerweiterung ein, ebenso wie bei Tauben, denen die Zueihügel zerstört sind.

wie wir oben gesehen haben, nicht im tractus opticus verlaufen, sondern auch nicht in den corp. quadrigemina der höheren Thiere, eventuell corp. bigemina der Vögel enthalten sind. Hinsichtlich der bei tiefen Verletzungen der Vierhügel auftretenden Pupillenerweiterung zweifle ich nicht, dass dieselbe durch Verletzung des unter den Vierhügeln gelagerten Oculomotoriuskerns bedingt wird. Letzteres ist nicht nur daraus ersichtlich, dass die in diesem Fall die Pupillenerweiterung hervorbringende Verletzung genau der Lage des Oculomotoriuskerns entspricht, sondern besonders daraus, dass zugleich mit der Pupillenerweiterung an der entsprechenden Seite immer auch eine Ablenkung des Auges nach aussen sich einstellt.

Wenn also die reflectorischen, die Pupille verengenden Fasern weder im Tractus opticus, noch in den Endstätten der Sehnervenfasern, wie corpora geniculata und quadrigemina der höheren Thiere und bigemina der Vögel, enthalten sind, so erscheint es im höchsten Grade interessant zu bestimmen, in welchen Theilen des Grosshirns sie verlaufen und welcher Bahn hinter dem chiasma nn. opticorum der die Pupillenverengung auslösende Lichtreflex sich bedient?

Aus der Literaturübersicht haben wir ersehen, dass schon Hensen und Völkers auf Grund ihrer Versuche das Iriscentrum an den Boden des 3. Ventrikels, neben dem von ihnen entdeckten Accomodationscentrum und Centrum für die Bewegung der Augenmuskeln, also weitweg von der angenommenen Reflexbahn durch den tractus opticus zu den Vierhügeln, verlegen.

Als ich im vorigen Jahr an der centralen grauen Substanz des 3. Ventrikels experimentirte, konnte ich constatiren, dass bei den operirten Thierennach Verletzung derselben zugleich mit verschiedener Art eigenthümlichen Zwangsbewegungen und Gleichgewichtsstörungen fast immer deutliche Veränderungen nicht nur in der Stellung der Augen, sondern auch in der Weite der Pupillen und deren Reaction auf Lichtreize auftreten, was bei ähnlichen durch Zerstörung anderer Theile des Equilibrationsmechanismus (der semicirculären Canäle, der Olivenkörper des verlängerten Marks und des Kleinhirns oder dessen Stiele) hervorgebrachten Bewegungsstörungen niemals wahrzunehmen gelingt. Später habe ich diese Versuche in vielen Hinsichten ergänzt und konnte mich auch überzeugen, dass eine durch die Electroden eines unmittelbar an einer der Seitenwände in der Tiefe des 3. Ventrikels oder an der inneren

Fläche eines thalamus opticus (nach vorgängiger Abtragung fast des ganzen Hirnmantels mit Ausnahme der Schläfe- und der basalen Theile der Stirnlappen) applicirten schwachen Inductionsstromes erzeugte Reizung Ablenkung des entsprechenden Auges nach unten und aussen, des entgegengesetzten nach oben und innen nebst deutlicher Verengung der entsprechenden Pupille hervorbrachte. Also führen diese Versuche zur Voraussetzung, dass die centrale graue Substanz, abgesehen von ihrer Bedeutung für die Körpergleichgewichtserhaltung, auch zu der Iriscontraction in Beziehung steht.

Zur besseren Würdigung der Resultate bezeichneter Versuche theile ich hier diejenigen Erscheinungen seitens der Augen und Pupillen mit, welche ich an Hunden bei beschränkten Verletzungen verschiedener Abschnitte der centralen grauen Substanz beobachtete, und übergehe hierbei die eigenthümlichen Motilitätsstörungen, deren Schilderung in einer meiner früheren Arbeiten zu finden ist ¹⁾.

Bei Verletzung der vorderen Wand der tiefen oder sogenannten Trichter-Region des 3. Ventrikels durch einen Längsschnitt divergiren die Augäpfel des Thieres ein wenig und sind scheinbar etwas nach oben gerichtet; zugleich nimmt man an ihnen schwachen Nystagmus, grösstentheils in der Richtung nach innen wahr. Die Pupillen beider Augen sind gleichmässig und weisen keine bemerkbare, oder nur sehr unbedeutende Erweiterung auf. Ihre Reaction auf directe, wie auch indirecte Lichtreize ist in beiden Augen vollständig erhalten. Das nämliche Verhalten seitens der Reaction der Pupillen bleibt grösstentheils auch in dem Fall bestehen, wenn bei der angegebenen Operation zugleich Durchtrennung des Chiasma nn. opticorum in sagittaler Richtung ausgeführt wird.

Bei Verletzung der Seitenwand des Ventrikels (frontaler Einschnitt einer Hälfte der centralen grauen Substanz) erhält man Ablenkung beider Augen nach der Seite der Verletzung und deutlichen Nystagmus. Nicht selten findet übrigens ausser der horizontalen Augenablenkung auch eine unbedeutende Ablenkung

1) St. Petersburg. Med. Wochenschr. 1882, Nr. 12; die Versuche wurden vermittelst Operation durch den Rachen des Thieres ausgeführt. Die Beschreibung der Operationsmethode selbst — Klinischeskaja Gazeta von Prof. Botkin 1881 (russisch) und St. Petersburg. Medic. Wochenschr. 1882, Nr. 6.

derselben in verticaler Richtung statt, nämlich das der verletzten Seite entsprechende Auge richtet sich ein wenig nach oben, das contralaterale nach unten. Zugleich erscheint die Pupille des der verletzten Seite entsprechenden Auges gewöhnlich mehr weniger erweitert, und diese Erweiterung nimmt noch zu bei Verdeckung oder Lichtverschluss des anderen Auges; auf directen Lichtreiz reagirt die Pupille beinahe gar nicht oder nur sehr schwach; indirecter Lichtreiz bringt jedoch fast immer eine deutliche Verengerung hervor. Die engere Pupille des anderen Auges reagirt hingegen gut auf Lichtreize, aber nur auf directe, während indirecte Reize sich als unwirksam erweisen.

Bei Verletzung der hinteren Seitenwand des Ventrikels (also etwas nach vorn und seitlich von den corp. quadrigemina) beobachtet man an dem Thier deutliche Ablenkung beider Augen — des entsprechenden nach oben und aussen, des contralateralen nach unten und innen, nebst starkem Nystagmus in entgegengesetzter Richtung¹⁾. Zugleich ist die Pupille des entsprechenden Auges fast immer ad maximum erweitert; die Pupille des contralateralen Auges hingegen erweist sich in den meisten Fällen entweder von normaler Weite oder sogar etwas verengt. Dabei ist das Verhalten der Pupillen gegen Lichtreize beinahe das nämliche, wie im vorgehenden Falle, d. i., die erweiterte Pupille verengt sich nicht bei directem Lichtreiz, aber reagirt noch oft, wenn auch schwach, auf indirecten, während die Pupille des anderen Auges deutlich nach Einwirkung eines directen Reizes sich verengt, jedoch auf indirecten nicht reagirt. Wenn bei Läsion der hinteren Seitenwand des 3. Ventrikels auch die unter den Vierhügeln liegende Gegend verletzt wird, so tritt nicht selten ausser Erweiterung der Pupille des entsprechenden Auges vollständiger Reactionsverlust derselben, wie auf directe, so auch indirecte Lichtreize ein. Am anderen Auge bleibt in diesem Fall nur die Reaction auf directen Lichtreiz bestehen. Dabei kann auch jede Verminderung des Sehvermögens fehlen, wenn die Verletzung sehr gering ist und sich nicht auf die Vierhügel selbst erstreckt.

1) Zuweilen lässt sich übrigens bei angegebener Operation eine andere Ablenkung der Augäpfel wahrnehmen: das der Seite der Verletzung entsprechende Auge richtet sich nach oben und innen, das entgegengesetzte nach unten und aussen.

Bei Verletzung der hinteren Ventrikelwand (an der Strecke vom Infundibulum bis zum Niveau des Aquaeductus Sylvii) tritt starke Convergenz der Augenaxen nach unten und oben auf. Die Pupillen beider Augen sind mässig erweitert und reagieren nur auf directe Lichtreize; indirecte sind meistentheils weder im einen, noch im anderen von Erfolg. Dabei können Sehstörungen vollständig fehlen, wenn die corp. quadrigemina selbst unverletzt geblieben sind.

Wenn schliesslich die Verletzung beide Seitenwände des Ventrikels ein wenig nach vorn von den corp. quadrigemina trifft — mit anderen Worten, wenn beide Hälften der centralen grauen Substanz durch einen frontalen Schnitt durchtrennt werden, so stellt bei dem Thier eine bedeutende, übrigens nicht immer gleichmässige Pupillenerweiterung sich ein, begleitet von vollständigem Verlust oder Verminderung der Reaction auf Lichtreize. Ablenkung der Augen fehlt meist vollständig, doch schwacher Nystagmus kann noch auftreten¹⁾.

In Vorstehendem hatten wir im Auge die Erscheinungen so zu schildern, wie sie sich während der ersten Momente nach der Operation äussern. Hier muss bemerkt werden, dass der betreffende Zustand der Pupillen gewöhnlich im Verlaufe sehr langer Zeit stationär bleibt. Nur in einigen Fällen verändert er sich ziemlich bedeutend schon wenige Tage nach der Operation. So kann zuweilen während dieses Zeitraumes ohne scheinbare Ursache eine starke Verengung der Pupille des einen oder anderen Auges eintreten. Uebrigens stehen diese nachfolgenden Veränderungen der Pupillen in keiner directen Abhängigkeit von der ausgeführten

1) In allen angegebenen Fällen möglicher Verletzungen in der Gegend der centralen grauen Substanz des dritten Ventrikels äussern die Thiere gewöhnlich gar keine Sehstörungen, wenn dabei Chiasma und tractus optici unverletzt bleiben. An niederen Thieren, namentlich Vögeln, ist es auch nicht schwer Erweiterung und Unbeweglichkeit einer oder beider Pupillen ohne Verlust des Sehvermögens hervorzubringen, wenn man vorsichtig eine Nadel durch die Grosshirnhemisphären hindurch zu dem Boden des dritten Ventrikels führt. Nach solcher Operation treten bei Tauben, ebenso wie bei höheren Thieren, ausserdem auch verschiedener Art Zwangsbewegungen (Manège-Bewegungen oder Rollungen um die Körperaxe) und Störungen des Körpergleichgewichts auf, obgleich dabei Kleinhirn und corpora bigemina ganz unverletzt bleiben.

Operation, sondern sind, wie ich auf Grund von Sectionsergebnissen der von mir operirten Thiere zu glauben berechtigt bin, aller Wahrscheinlichkeit nach durch diese oder jene Complication in der Operationswunde, z. B. ein an der Einschnittsstelle haftendes unbedeutendes Blutgerinnsel oder eine partielle Entzündung der anliegenden Gehirnhäute bedingt, welche schon einen genügenden Grund für die consecutiven Veränderungen seitens der Pupillen abgeben kann.

Was die eigenthümlichen, nach Zerstörung verschiedener Regionen der Ventrikelwand (respect. der centralen grauen Substanz) sich einstellenden Ablenkungen der Augäpfel betrifft, so nehmen dieselben mit der Zeit allmählich ab, ebenso wie auch die allgemeinen Bewegungsstörungen. Wie ich bemerken konnte, vermindert sich zuerst der Nystagmus, welcher in einigen Fällen schon im Verlauf der ersten drei, vier Tage oder einer Woche verschwindet. Die Augenablenkung nimmt zwar auch mit der Zeit ab, doch hält sie gewöhnlich ziemlich lange an (grösstentheils ganze Wochen, zuweilen Monate) und bleibt in einigen Fällen sogar noch dann wahrnehmbar, wenn schon alle anderen Bewegungsstörungen verschwunden sind.

Zur Beurtheilung der Ergebnisse dieser Experimente übergehend, finde ich es angezeigt, zuerst die Veränderungen in der Lage der Augen der von mir operirten Thiere zu besprechen.

Als Hensen und Völkers die Gegend des Bodens des 3. Ventrikels mit dem electrischen Strome reizten, beobachteten sie auch Veränderungen verschiedener Art in der Lage der Augen und verlegten auf Grund ihrer Versuche in die bezeichnete Gegend verschiedene Centra für die Contraction der Augenmuskeln. Diese Anschauung scheint mir aber nicht auf Richtigkeit Anspruch machen zu können, da wir gesehen haben, dass Verletzungen bezeichneter Gegend ausser Veränderungen der Stellung der Augen noch andere Motilitätsstörungen in der Form von Gleichgewichtsverlust und verschiedener Art Zwangsbewegungen zur Folge haben ¹⁾. Jedoch

1) Hensen und Völkers waren nur deshalb nicht in der Lage, allgemeine Bewegungsstörungen zu beobachten, weil sie bei ihren Versuchen den Thieren den grössten Theil des Hirnmantels sammt den corp. striata, thalami optici und Ammonshorn bis zu den corp. quadrigemina und tentorium cerebelli abtrugen, so dass diese Thiere nicht nur keine willkürlichen Be-

ist uns bekannt, dass Erscheinungen letzterer Art immer mit Veränderung der Augenstellung vereinigt sind — unabhängig davon, ob sie durch Zerstörung der bezeichneten Gegend, Durchtrennung der semicirculären Canäle, Zerstörung der Olive oder schliesslich des Kleinhirns hervorgebracht werden. Hieraus wird zweifelsohne wohl Niemand den Schluss ziehen, dass alle soeben vorgezählten Organe Centra für Bewegungen der Augenmuskeln enthalten. Die Thatsache des gleichzeitigen Zustandekommens der Gleichgewichtsstörungen, Zwangsbewegungen und Veränderungen der Stellung der Augen beweist nur, dass erwähnte Regionen auf die ganze Bewegungssphäre des Thieres, den Augenbewegungsapparat nicht ausgenommen, von Einfluss sind.

Auf Grund angegebener Thatsachen können wir nicht mit der Ansicht Hensen's und Völkers' übereinstimmen, dass in der centralen grauen Substanz am Boden des 3. Ventrikels Innervationscentra für die Augenmuskeln sich befinden. Wir erachten diese Gegend für functionell gleichwerthig mit den semicirculären Canälen und den Oliven des verlängerten Marks, da die nach Verletzung verschiedener Abschnitte ersterer auftretenden Erscheinungen (Gleichgewichtsstörungen, Zwangsbewegungen, Veränderungen der Stellung der Augen nebst Nystagmus) denjenigen Bewegungsstörungen, welche nach Zerstörung der beiden letzteren Organe (der Canäle und Oliven) sich äussern, vollkommen analog sind.

Gegen die Localisation eines Centrums für die Bewegung der Augäpfel in der Gegend des Bodens des 3. Ventrikels spricht auch der Umstand, dass die nach Zerstörung verschiedener Abschnitte der centralen grauen Substanz eintretenden Veränderungen der Augenstellung, wie auch die allgemeinen Bewegungsstörungen mit der Zeit allmählich abnehmen und sogar vollständig verschwinden können, obgleich man bei der Section auf solche Art operirter Thiere fast immer sich vergewissern kann, dass die angebrachte Verletzung der Hirnsubstanz unvernarbt bleibt.

Ueberhaupt ersehe ich bis jetzt keinen Grund, Centra für die Bewegungen der Augäpfel an irgend einer anderen Stelle zu suchen, als in den anatomisch gut bekannten Kernen der Bewegungsnerven

wegungen ausführen konnten, sondern auch nicht länger als einige Stunden am Leben blieben.

der Augen, da nur Zerstörung derselben oder der aus ihnen austretenden Wurzeln stationäre Veränderungen in der Stellung der Augäpfel hervorzubringen im Stande ist.

Wir wollen jetzt zur Beurtheilung der Erscheinungen seitens der Pupille übergehen.

Unsere Versuche bestätigen vollkommen die zuerst von Hensen und Völkers wahrgenommene Thatsache bezüglich der Veränderungen im Verhalten der Pupillen bei Reizung oder Verletzung der am Boden des 3. Ventrikels gelegenen, also der centralen grauen Substanz entsprechenden Region. Diese Angaben liefern den Beweis, dass in der centralen grauen Substanz des 3. Ventrikels entweder gemäss der von Hensen und Völkers vertretenen Ansicht Centra für die Pupillenbewegung enthalten sind, oder dass in derselben nur der reflectorischen Thätigkeit der Pupille dienende Fasern verlaufen, wobei die Möglichkeit der Unterbrechung dieser Fasern in der grauen Substanz durch gangliöse Elemente nicht ausgeschlossen ist. Welche dieser Schlussfolgerungen trifft das Richtige?

Hensen und Völkers bringen zu Gunsten ihrer Ansicht nur eine anatomische Angabe, die darin besteht, dass die vom corp. geniculata zu den Vierhügeln ziehenden, von ihnen als reflectorisch anerkannten Fasern auf ihrer Bahn im Innern letzterer bald nach unten und vorn umbiegen. Doch falls sogar ein solcher Verlauf der den Kniehöcker mit den Vierhügeln verbindenden Fasern in der That bewiesen wäre, was sehr wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, so würde doch die bezeichnete Angabe für die uns beschäftigende Frage von durchaus keiner Bedeutung sein, da wir gesehen haben, dass weder im tractus opticus, noch im Kniehöcker oder corp. quadrigemina zur Verengung der Pupille dienende Fasern enthalten sind. Dagegen können für die Annahme, dass in der centralen grauen Substanz der reflectorischen Pupillencontraction dienende Fasern nur verlaufen (nicht ihr Ende finden), folgende Thatsachen aufgestellt werden:

1) Der Umstand, dass diese Fasern, wie wir gesehen haben, weder im tractus opticus, noch im Kniehöcker oder corp. quadrigemina verlaufen, was die Annahme einer anderen Bahn für sie nothwendig macht; letztere ist schon nach den anatomischen Beziehungen am nächstliegenden in bezeichneter Gegend zu suchen.

2) Wir wissen auf Grund der Untersuchungen Luys' ¹⁾, Meynert's ²⁾, Stilling's und Anderer, dass aus dem chiasma nn. opticum in der That in die centrale graue Substanz Fasern übertreten, deren physiologische Bedeutung bis jetzt noch nicht aufgeklärt werden konnte ³⁾.

Das Vorhandensein solcher Fasern schliesst allerdings noch nicht die Möglichkeit aus, dass in bezeichneter Gegend ein Centrum sich befinde, zu dem die erwähnten Fasern treten könnten. Doch der Umstand, dass Zerstörung einer Hälfte der centralen grauen Substanz (bei Verletzung der lateralen und hinteren Seitenwand des Ventrikels) Unbeweglichkeit der Pupille nur hinsichtlich directer Lichtreize hervorbringt, während indirecte noch eine Reaction derselben auslösen, lässt uns mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die centrale graue Substanz nicht, wie Hensen und Völkers behaupten, als Centrum für die Pupillenbewegung dienen, sondern nur die Bahn der zum pupillenverengenden Centrum, welches selbst weiter nach hinten gesucht werden muss, in sich birgt.

Es fragt sich nun, ob es eine Möglichkeit giebt, die Richtung und den Verlauf der die Pupille verengenden Fasern in der centralen grauen Substanz zu bestimmen? Unsere Experimente erlauben uns, in dieser Hinsicht einige positive Angaben aufzustellen.

1) Der Umstand, dass Durchschneidung in sagittaler Richtung wie des chiasma nn. opticum, so auch der Trichterregion des 3. Ventrikels in sagittaler Richtung weder in der Weite, noch in der Reaction der Pupillen deutliche Veränderungen nach sich zieht, lässt uns annehmen, dass diese Fasern aus den Sehnerven in die entsprechenden Hälften der centralen grauen Substanz ohne Kreuzung eintreten. 2) Da Durchschneidung einer Seitenwand des Ventrikels Erweiterung und Unbeweglichkeit der Pupille an demselben Auge hervorbringt, wie eine tiefe Zerstörung in der Gegend

1) Luys, Recherches sur le syst. nerv. cerebrospinale. Paris 1865.

2) Meynert, Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben der Menschen und der Thiere. Leipzig 1872. Bd. II. p. 731.

3) Gudden (Arch. f. Ophthalmologie Bd. XX u. XXI) bestreitet das Bestehen der vom Chiasma zu der das Infundibulum umlagernden centralen grauen Substanz ziehenden Fasern; doch glaube ich, dass seine, auf Degeneration der Fasern begründete Untersuchungsmethode in dieser Beziehung wohl schwerlich auf entscheidende Bedeutung Anspruch machen kann.

der vorderen Vierhügel oder Durchschneidung der gleichseitigen nn. opticus und oculomotorius, so entsteht die natürliche Schlussfolgerung, dass diese Fasern auch in ihrem weiteren Verlauf ungekreuzt bleiben.

Also lässt sich auf Grund aller obiger Angaben der Schluss aufstellen, dass die pupillenverengenden Fasern, in der Netzhaut beginnend und im Sehnerven bis zum Chiasma verlaufend aus letzterem in die entsprechende Hälfte der centralen grauen Substanz des 3. Ventrikels übertreten, von wo aus sie den Kern des entsprechenden Oculomotorius erreichen und dann zusammen mit demselben wieder zur Peripherie zurückkehren. Diese Richtung der pupillenverengenden Fasern im Gehirn habe ich in beigefügter schematischer Abbildung mit den Buchstaben *s*, *s'* bezeichnet (siehe Figur).

*V*₃ = Gebiet des 3. Ventrikels; *CQ* = Vierhügel;
cg und *cg'* = Corpora geniculata; *s* und *s'* = Richtung
der reflectorischen pupillenverengenden Fasern; *II* und *II'*
= NN. optici; *III* und *III'* = NN. oculomotorii.

Wie schon erwähnt, ist es viel schwerer zu bestimmen, an welcher Stelle dieses Reflexbogens das Centrum sich befindet, als die Bahn des Reflexbogens selbst. Die Ansicht von Hensen und Völkers, welche dieses Centrum an den Boden des 3. Ventrikels, in das Innere der centralen grauen Substanz verlegen, wird durch oben angeführte Angaben widerlegt. Ebenso wenig kann Adamik's Meinung bezüglich der Localisation dieses Centrums nach hinten

vom Ursprung des N. oculomotorius auf Richtigkeit Anspruch erheben schon aus dem Grunde nicht, da, wie wir gesehen haben, sogar tiefgreifende, unmittelbar hinter den vorderen Vierhügeln angebrachte Läsionen keine bemerkbare Dilatation der Pupillen bei den Thieren hervorbringen.

Allen diesen Thatsachen volle Berücksichtigung schenkend, finde ich zugleich keine irgendwie gewichtigen Einwände gegen die Möglichkeit, das reflectorische Centrum der die Pupille verengenden Fasern in den Kern des Oculomotorius selbst zu verlegen umso mehr, als Zerstörung desselben ebenso wie Durchschneidung des N. oculomotorius nebst Erweiterung der entsprechenden Pupille ad maximum vollständige Unbeweglichkeit derselben wie bei directem, so auch indirectem Lichtreiz zur Folge hat.

Eine weitere Schlussfolgerung aus den Ergebnissen unserer Versuche besteht darin, dass jede Pupille einen selbstständigen Reflexbogen besitzt. Doch die Thatsache, dass im Normalzustand ein in ein Auge fallender Lichtreiz nicht nur im entsprechenden, sondern auch im contralateralen Auge Verengung der Pupille hervorruft, drängt uns zur Annahme, dass beide Reflexbogen an einer bestimmten Stelle (am wahrscheinlichsten in den Centren selbst) mittelst besonderer Fasern untereinander in Verbindung stehen.

In der That lehrt die Anatomie das Bestehen von Commissuralfasern zwischen den Kernen der NN. oculomotorii. Auf experimentellem Wege gelingt es zuweilen durch unbedeutende Verletzung der Hinterwand des Ventrikels in der Mittellinie diese Verbindung zwischen den beiden Oculomotoriuskernen aufzuheben, und dann werden zwei, für jedes Auge gesonderte Reflexe beobachtet, indem jede Pupille nur auf directen Lichtreiz reagirt und bei indirectem ganz unbeweglich bleibt ¹⁾.

1) Gudden gelangt auf Grund seiner neueren Untersuchungen (Tageblatt d. Naturforscherversamml. zu Strassburg p. 186) zu dem Schluss, dass die Fasern des Oculomotorius nach ihrem Austritt aus dessen Kern eine partielle oder unvollständige Kreuzung erleiden. In solcher Weise soll jeder Oculomotoriusstamm Fasern aus beiden Kernen (der entsprechenden, wie auch der contralateralen Seite) enthalten. Aus diesem Grunde kann man auch annehmen, dass die Uebertragung des Lichtreflexes von einer Seite auf die andere ausser der Vermittelung von Commissuralfasern zwischen beiden

Was das Bestehen eines besonderen Centrums für die Accommodation des Auges, dessen Sitz Hensen und Völkers auch an den Boden des 3. Ventrikels verlegen, betrifft, so kann ich in dieser Hinsicht nichts Entscheidendes aussagen, aus Mangel tatsächlicher Grundlagen; doch haben wir schon auf die schwache Seite der Untersuchungen von Hensen und Völkers hingewiesen, welche darin besteht, dass die Autoren in ihren Versuchen hauptsächlich die Reizungsmethode anwendeten, und dabei sich nicht der Mühe unterzogen festzustellen, ob sie es nur mit Reizung des zu ermittelnden Centrums oder der zur Uebertragung des Reflexes dienenden Leitungsbahnen desselben zu thun hatten. In Folge dessen scheinen mir zur Entscheidung bezeichneter Frage neue genauere Untersuchungen nothwendig zu sein ¹⁾.

In Berücksichtigung einiger interessanter klinischer That- sachen, von denen weiter unten die Rede sein wird, halte ich es für nöthig, hier auch anderer, den Zustand der Pupille beeinflussender Mechanismen Erwähnung zu thun.

Es ist bekannt, dass Durchschneidung des Halssympathicus ausser Injection der Gefässe der entsprechenden Kopf- und Gesichtshälfte auch Verengerung der Pupille hervorbringt, während Reizung des peripherischen Abschnittes dieses Nerven Erweiterung derselben zur Folge hat. Da zugleich positive Angaben dafür

Oculomotoriuskernen, mit Hilfe der nach ihrem Austritt aus dem Kern sich kreuzenden Fasern zu Stande kommt.

1) Schon oben haben wir erwähnt, dass die anatomischen Untersuchungen einiger Autoren den directen Uebergang eines Theils der Sehnervenfasern hinter dem Chiasma in das an dem Boden des dritten Ventrikels liegende Centralgrau vollkommen bestätigen. Nach Meynert dringen alle diese Fasern nach ihrem Austritt aus den Sehnerven ungekreuzt in die entsprechenden Hälften der centralen grauen Substanz und treten hier mit den das sogen. basale Opticusganglion bildenden nervösen Elementen in Verbindung. Bei Vergleichung dieser anatomischen Angaben mit den von uns erhaltenen Ergebnissen experimenteller Untersuchungen ergibt sich die Möglichkeit zu schliessen, dass die von den Autoren erwähnten, aus den Sehnerven direct in das Centralgrau des dritten Ventrikels tretenden Fasern eine reflectorische Function tragen, und das sogen. basale Opticusganglion Meynert's vielleicht Kerne der Sehnerven vorstellt, welche ausschliesslich zur Reflexübertragung von der Netzhaut auf die motorischen Centra der Augenmuskeln bestimmt sind.

sprechen, dass die im Zustand der Pupillen auftretenden Veränderungen nicht als Erscheinungen rein passiven Charakters, nur durch verschiedene Blutfüllung der Irisgefässe hervorgebracht, aufgefasst werden dürfen, so finden wir in der Beeinflussung der Pupille durch den Sympathicus eine Erscheinung ganz entgegengesetzter Art im Vergleich mit der soeben erörterten Einwirkung von Lichtreizen auf dieselbe. Es ist auch bekannt, dass im Stamm der NN. abducens, facialis und trigeminus verlaufende Fasern einen erweiternden Einfluss auf die Pupille besitzen.

Budge hat den Beweis geliefert, dass pupillenerweiternde Fasern aus dem Rückenmark in der Höhe der unteren Hals- und oberen Brustwirbel, einer Region, welche von ihm *cilio-spinalis inferior* benannt ist, entspringen¹⁾. Später haben Schiff und Salkowski bewiesen, dass die Wirkung dieser Fasern in der Höhe des verlängerten Marks zur Aeusserung gebracht werden kann²⁾. Knoll und nach ihm Hensen und Völkers behaupten das Vorhandensein derselben in der Höhe der Vierhügel³⁾, und Bochefontaine sogar an der Oberfläche der Grosshirnhemisphären⁴⁾. Zugleich weiss man, dass jeder psychische Affect von Erweiterung der Pupille begleitet wird, was sogar an Thieren mit durchschnittenen Sehnerven zu beobachten gelingt⁵⁾. Andererseits ist es bekannt, dass ein an die Peripherie des Körpers applicirter schmerzhafter Reiz Erweiterung der Pupille hervorruft.

1) Budge, l. c.

2) Schiff, *Unters. z. Physiol. d. Nervensyst.* Frankfurt 1855, p. 198.
Salkowski, *Zeitschr. f. ration. Medic.* 1867, 3. Reihe, Bd. XXIX, p. 167.

3) Knoll, l. c. Eckhardt's *Beiträge z. Anat. u. Physiol.* Bd. IV.
Hensen und Völkers l. c. p. 21.

4) Bochefontaine, *Etude expérim. Arch. de phys. norm. et pathol.* 1867.

5) Uebrigens ist zu bemerken, dass der Einfluss der psychischen Sphäre unter gewöhnlichen Bedingungen in Verengerung der Pupille sich äussert. Das gewöhnlichste Beispiel eines solchen Einflusses sehen wir in der Pupillenverengerung, die unausbleiblich jede willkürliche Accomodationsspannung des Auges begleitet. Bei der Taube stellt sich nach Abtragung einer Grosshirnhemisphäre, wie ich mich überzeugen konnte, gleichzeitig mit Erblindung des contralateralen Auges auch eine unbedeutende Erweiterung der contralateralen Pupille ein, was meiner Meinung nach am leichtesten durch die Unfähigkeit der Taube, umgebende Gegenstände zu fixiren, also die Accomodation des blinden Auges willkürlich in Spannung zu versetzen, erklärt wird.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass in diesem letzteren Fall der Schmerz reflectorisch wirkt, da an Thieren mit abgetragenen Grosshirnhemisphären unter dem Einfluss des Schmerzes ebenso deutliche Erweiterung wie an gesunden Thieren beobachtet wird. Es ist daher von Interesse zu bestimmen, auf welchem Wege dieser Reflex übertragen wird, und allererst, ob er nicht durch die Fasern des Sympathicus zu Stande kommt, indem er dieselben erregt.

Die meisten Autoren vertreten eben diese Ansicht, obgleich bisher noch keine positiven Angaben zu Gunsten derselben vorhanden sind.

Aus Beobachtungen an Thieren und Menschen ersehen wir, dass die in Folge schmerzhafter Reize entstehende Pupillenerweiterung im Allgemeinen unbedeutend ist; nur bei ziemlich heller Beleuchtung, wenn die Pupille unter Einwirkung derselben verengt ist, tritt die Reaction auf Schmerz deutlicher hervor; wenn hingegen die Pupille bei geringerer Beleuchtung untersucht wird, ist die Reaction schwächer und lässt sich zuletzt kaum mehr wahrnehmen. Man kann also behaupten, dass ein schmerzhafter Reiz keine stärkere Pupillenerweiterung hervorbringt, als die, welche dem normalen Auge eigen ist, wenn kein Lichtreiz auf dasselbe einwirkt.

In der That, nach vorgängiger Durchschneidung des Sehnerven am Thiere gelingt es nicht mehr, eine weitere Dilatation der Pupille durch schmerzhaften Reiz hervorzubringen, wenn das gesunde Auge verdeckt wird; wenn jedoch letzteres geöffnet ist und das in dasselbe einfallende Licht beide Pupillen verengt, so gelingt es immer durch schmerzhaft Reize Erweiterung der Pupille nicht nur im gesunden, sondern auch in dem Auge mit durchschnittenem Sehnerven hervorzurufen.

Alles dies spricht dafür, dass dem Schmerz nur ein hemmender Einfluss auf den Lichtreflex zukommt, und dass in diesem Fall keine Beeinflussung der Pupille durch eine selbstständige Leitungsbahn, den Sympathicus, stattfindet, da Erregung des letzteren die Pupillenerweiterung ad maximum bringen kann. Der Lichtreflex der Pupille gehört seinem Wesen nach zu den einfachen Reflexen; also steht die hemmende Beeinflussung dieses Reflexes durch schmerzhaft Reize augenscheinlich in vollständigem Einklang mit dem, was uns auch bezüglich anderer Rückenmarksreflexe bekannt ist.

Jedoch ist es äusserst schwierig, die Frage, ob der schmerz-

hafte Reiz nur in hemmender Weise auf den Lichtreflex einwirkt oder durch Erregung der Sympathicusfasern eine active Erweiterung hervorbringt, durch directe physiologische Versuche zu entscheiden, um so mehr, als starke Schmerz reflectorische Veränderungen in der Circulation und dem Blutdruck hervorruft und in dieser Weise kann seine Einwirkung auf die Pupille nicht nur in Hemmung des Lichtreflexes, sondern auch in Beeinflussung der Pupille durch Sympathicusfasern sich äussern.

Die Frage über den unmittelbaren hemmenden Einfluss von Schmerzreizen auf den Lichtreflex könnte nur in dem Fall entschieden werden, wenn es gelänge alle zum Auge ziehenden Sympathicusfasern zu durchschneiden und trotzdem durch Reizung sensibler Bahnen Pupillenerweiterung zu erzielen. Vulpian¹⁾ beobachtete in der That reflectorische Erweiterung der Pupille nach Durchschneidung des Hals- und Brust-Sympathicusstammes und nach Entfernung des oberen und unteren Ganglions; doch da wir (auf Grund der Untersuchungen Oehl's, Guttman's und Anderer) wissen, dass pupillenerweiternde Fasern auch im Stamm einiger Hirnnerven (im Besonderen des Trigeminus) enthalten sind, so kann die Beobachtung Vulpian's noch nicht einen leitenden Gesichtspunkt für die Entscheidung bezeichneter Frage abgeben. Dagegen dient Folgendes zur Widerlegung der Betheiligung des Sympathicus an der Beeinflussung der Pupille durch schmerzhaft Reize. Wenn man am Hunde unmittelbar hinter den Vierhügeln oder in der Höhe ihres hinteren Theiles einen tiefen Einschnitt macht, so reagiren die Pupillen nicht mehr auf schmerzhaft Reize, die an der Peripherie des Körpers einwirken, während sie unter dem Einfluss des Lichtes regelmässig sich verengen.

Diese Thatsache liefert meiner Meinung nach den directen Beweis, dass der Schmerz einen erweiternden Einfluss auf die Pupille nicht vermittelt des Sympathicus ausübt, sondern selbstständig wirkt, indem der Reiz die Cerebrospinalaxe centripetal durchläuft und aller Wahrscheinlichkeit nach den Lichtreflex in hemmender Weise beeinflusst.

Wir werden sogleich sehen, dass auch in der Pathologie des Nervensystems Thatsachen zu finden sind, die dafür sprechen, dass die Beeinflussung der Pupille durch schmerzhaft Reize nicht vermittelt des Sympathicus zu Stande kommt.

1) Comptes rendus, t. 86. 1878. p. 1436.

In einigen Formen von Nervenkrankheiten, hauptsächlich in der Tabes dorsalis und progressiven Paralyse der Irren, wird zuweilen eine höchst interessante, am besten als „reflectorische Starre“ bezeichnete Erscheinung an den Pupillen beobachtet, welche darin besteht, dass die Pupille auf Licht- und Schmerzreize nicht mehr reagirt, doch bei accomodativer Spannung und Bewegungen des Augapfels in der Orbita sich noch gut zusammenzieht. Gleichzeitig mit dieser Erscheinung kann Verengerung der Pupillen (sogen. Myosis spinalis) auftreten; doch zuweilen besteht gar keine Verengerung und die Pupillen können von normaler Weite oder sogar etwas dilatirt sein, und dabei weder auf Licht noch auf Schmerz reagiren. Andererseits kann die Verengerung der Pupillen (Myosis spinalis) unabhängig von der reflectorischen Pupillenstarre vorkommen, indem die Pupillen trotz ihrer deutlichen Verengerung doch noch auf Licht-, wie auch auf Schmerzreize reagiren ¹⁾. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass, obgleich beide genannten Erscheinungen — die sogen. reflectorische Pupillenstarre und die myosis spinalis — gleichzeitig auftreten können, sie doch nichts Gemeinsames haben und dass also jede derselben durch besondere pathologische Processe bedingt sein muss.

Betreffs der Myosis spinalis wird jetzt wohl Niemand daran zweifeln, dass dieselbe von vollständiger oder unvollständiger Lähmung der sympathischen Fasern, entweder im Stamm des Sympathicus selbst oder im Rückenmark, abhängt, da die experimentell durch Durchschneidung des Sympathicus hervorbrachte Myosis in Nichts von der in pathologischen Fällen zur Beobachtung kommenden sich unterscheidet.

Viel interessanter ist die Erscheinung der reflectorischen Pupillenstarre, welche mit vollständiger Erhaltung des Sehens und

1) Die bezeichneten Erscheinungen seitens der Pupillen sind zuerst von Robertson im Jahre 1869 (Edinb. Med. Journ. 1869) entdeckt und beschrieben. Später beschäftigten sich mit demselben Gegenstand Knopp, Leber (Virchow's Jahresber. 1872, 11), Wernicke (Virchow's Arch. Bd. 56, 1872) und Hempel (v. Gräfe's Arch. f. Ophthalmol. Bd. XXII, 1, 1876). Doch eine vielseitige Bearbeitung bezeichneter Frage verdanken wir besonders Vincent (des phénomènes oculo-pupillaires dans l'ataxie locom. progr. et la paralys. génér. d. aliénés. Thèse. Paris 1877) und Erb (Ueber spinale Myosis und reflector. Pupillenstarre. Dissertation. Leipzig).

Fehlen jeglicher Augenmuskellähmung einhergeht und bisher noch keine ganz richtige Erklärung finden konnte.

Um das Wesen dieser Erscheinung näher zu erfassen und die Bedeutung derselben richtiger zu schätzen, ist es vorher nothwendig, in die Betrachtung der bezüglichen Beobachtungen an Kranken einzugehen.

Die Thatsachen, welche ich in dieser Hinsicht habe sammeln können, bestehen in Folgendem:

Es unterliegt keinem Zweifel, dass reflectorische Pupillenstarre hinsichtlich schmerzhafter Reize ganz unabhängig von Pupillenstarre hinsichtlich der Einwirkung von Licht vorkommen kann. Die gewöhnlichsten Fälle dieser Art bieten verschiedene, mit Hautanästhesie einhergehende Erkrankungen des Rückenmarks und der medulla oblongata. In diesen Fällen hören die Pupillen, wie leicht zu begreifen ist, nur auf diejenigen Schmerzreize zu reagiren auf, welche anästhesirte Hautstellen treffen, während die Reaction auf Lichtreize vollständig erhalten sein kann. Also in der Tabes, wo die Anästhesie am häufigsten in den unteren Extremitäten deutlich ausgedrückt ist, das Gesicht und die oberen Extremitäten dagegen nicht befällt, bringen an der Haut der anästhesirten unteren Extremitäten applicirte Schmerzreize gar keine Erweiterung der Pupille hervor, während Schmerzreize an dem Gesicht oder den oberen Extremitäten, wie auch Lichtreize, noch deutliche Erweiterung ergeben. Ebenso tritt keine Reaction seitens der Pupille auf Hautreize auf, die gefühllose Stellen treffen, in Fällen gekreuzter Gesichtsanästhesie bei Affectionen der Varolsbrücke ¹⁾.

Hingegen wird Pupillenstarre hinsichtlich der Einwirkung von Licht niemals gesondert von Pupillenstarre hinsichtlich schmerzhafter Reize beobachtet. Letztere Erscheinung begleitet immer die erstere, und kann deshalb, wenn der Kranke Unbeweglichkeit der Pupille bei Lichtreizen bietet, immer mit Gewissheit behauptet

1) Es darf hierbei nicht ausser Acht gelassen werden, dass die bei Schmerzreizen gewöhnlich sich einstellende Pupillenerweiterung mit dem Schmerz selbst, als subjectiver Empfindung, nicht unbedingt verbunden ist. Man kann sich davon leicht an Subjecten mit Hautanästhesie überzeugen, welche durch über dem reflectorischen Centrum für die Pupillenverengung gelegenen Affectionen (z. B. des hinteren Abschnittes der capsula interna) bedingt ist; an solchen Kranken beobachtet man grösstentheils noch deutliche Pupillenerweiterung bei electricischer Reizung der anästhesirten Stellen.

werden, dass zugleich auch Pupillenstarre hinsichtlich schmerzhafter Reize besteht, ohne dass dabei Hautanästhesie vorhanden wäre.

Von den Autoren, die sich mit bezeichnetem Gegenstande beschäftigen, hat, so viel mir bekannt, am richtigsten Erb die Bedeutung und das Wesen der „reflectorische Pupillenstarre“ benannten Erscheinung erfasst, obgleich, wie wir sehen werden, die Erklärung, welche dieser Autor für die Entstehung der behandelten Erscheinung bietet, durchaus nicht als vollständig erschöpfend betrachtet werden kann.

Indem der Autor sich darauf stützt, dass bei Kranken, welche reflectorische Starre der Pupillen aufweisen, letztere unter dem Einfluss accomodativer Impulse sich gut zusammenziehen und dass ausserdem das Sehvermögen wie auch die Beweglichkeit der Augäpfel bei solchen Personen gewöhnlich ganz normal bleiben, gelangt er zu der Schlussfolgerung, dass die die Pupillenstarre gegen Lichtreize begreiflich machende Affection denjenigen Abschnitt des Lichtreflexbogens betreffen muss, welcher zwischen den Opticus- und Oculomotoriuscentren gelegen ist ¹⁾.

Diese, unserer Meinung nach im Wesentlichen richtige Erklärung verlangt nur eine Correction. Wir haben gesehen, dass die pupillenverengenden Fasern weder im tractus opticus, noch in den corp. bigemina der Vögel, noch in den corp. quadrigemina der höheren Thiere verlaufen; also lässt sich obenerwähnte Erscheinung nicht durch Affection einer beschränkten Hirnregion, die zwischen dem Seheentrum in den corp. quadrigemina und dem Centrum des N. oculomotorius gelegen wäre, erklären. Der zwischen Opticus und Oculomotorius befindliche Abschnitt des Reflexbogens zieht, wie oben gezeigt wurde, durch das Centralgrau des 3. Ventrikels; also muss eine die reflectorische Pupillenstarre gegen Licht bedingende Affection in bezeichneter Gegend localisirt sein. Wenn dabei Kern und Stamm des Oculomotorius selbst unbetheiligt sind, so wird es leicht zu verstehen, dass die gegen Lichtreize unbewegliche Pupille bei accomodativen Impulsen wie auch bei Bewegungen des Augapfels in der Orbita regelmässig reagirt.

Was die gleichzeitig bestehende Unbeweglichkeit der Pupille gegen schmerzhaft Reize betrifft, so erhellt schon aus der That-

1) Erb, l. c., p. 10.

sache, dass die Pupillen in diesen Fällen weit bleiben können, zur Genüge, dass es unmöglich ist, bezeichnete Erscheinung in Abhängigkeit von einer Sympathicuslähmung zu stellen (wie einige Autoren glaubten), um so mehr, als, wie oben gezeigt wurde, auch in experimentellen Untersuchungen nach Durchschneidung des Hals-sympathicus noch reflectorische Erweiterung der Pupille beobachtet wird. Nur bei Zulassung einer hemmenden Beeinflussung des Lichtreflexes der Pupille durch Hautreize wird die Thatsache verständlich und erklärlich, dass bei Kranken mit reflectorischer Unbeweglichkeit der Pupille gegen Lichtreize (also bei vollständigem Fehlen des Lichtreflexes der Pupille) immer zugleich auch Unbeweglichkeit der Pupille gegen schmerzhaft Reize sich beobachten lässt.

Alle hauptsächlichen Ergebnisse unserer Untersuchung resumierend, kommen wir zu folgenden Schlüssen:

1. Weder im tractus opticus, noch in dessen centraler Endigung in den corp. geniculata und corp. quadrigemina höherer Thiere und corp. bigemina der Vögel sind reflectorische, der Verengung der Pupille dienende Fasern enthalten.

2. Indem letztere an der Netzhaut des Auges ihren Anfang nehmen und im Sehnerven verlaufen, treten sie hinter dem Chiasma unmittelbar in das die Höhle des 3. Ventrikels umlagernde Centralgrau ein und ziehen zu den Kernen der NN. oculomotorii, von wo aus sie im Stamm des Oculomotorius wieder zur Peripherie zurückkehren.

3. Während ihres ganzen Verlaufs in der centralen grauen Substanz bleiben die pupillenverengenden Fasern ungekreuzt.

4. Jedes Auge besitzt einen selbstständigen Reflexbogen, welcher durch den Sehnerven, die entsprechende Hälfte der centralen grauen Substanz, den Kern und Stamm des gleichseitigen Oculomotorius verläuft.

5. Zwischen den Reflexbogen beider Seiten besteht eine Verbindung, Dank welcher der Reflex von einem Auge auf die Pupille des anderen übertragen werden kann. Diese Verbindung wird wahrscheinlich durch Commissuralfasern zwischen beiden Oculomotoriuskernen vermittelt.

6. Die Centren des pupillenverengenden Reflexes liegen nicht, wie Hensen und Völkers glaubten, am Boden des 3. Ventrikels, auch nicht (gemäss Adamük's Ansicht) nach hinten von den Vier-

hügeln, sondern sie sind aller Wahrscheinlichkeit nach in den Oculomotoriuskernen localisirt.

7. Am Boden des 3. Ventrikels sind auch keine Centren für die Bewegung der Augenmuskeln, in dem Sinne, wie Hensen und Völkers sie annahmen, gelegen.

8. Die Veränderungen in der Stellung der Augen, welche zusammen mit allgemeinen Bewegungsstörungen (Körpergleichgewichtsstörungen und Zwangsbewegungen) bei Reizung oder Zerstörung in der Gegend des 3. Ventrikels auftreten, sind ihrem Charakter nach den nach Zerstörung der semicirculären Ohrbögen-gänge oder der Oliven des verlängerten Marks zur Beobachtung gelangenden Veränderungen in der Stellung der Augen vollkommen ähnlich und beweisen nur, dass bezeichnete Region ebenso wie die soeben genannten Organe auf die ganze Motilitätssphäre des Thieres, die Augäpfel nicht ausgenommen, von Einfluss ist.

9. Die Centren für die willkürliche Bewegung der Augäpfel müssen in den Kernen der die Augenmuskeln innervirenden Nerven gelegen sein, da nur Zerstörung dieser Kerne oder der aus denselben austretenden Wurzeln stationäre Veränderungen in der Stellung der Augen zur Folge hat.

10. Die Localisation eines Accomodationseentrums in der Region des Bodens des 3. Ventrikels kann auf Grund der vorhandenen Untersuchungen noch nicht als endgültig festgestellt betrachtet werden.

11. Die erweiternde Einwirkung schmerzhafter Reize auf die Pupille wird nicht durch Sympathicusfasern vermittelt, sondern kommt selbstständig durch Hemmung des Lichtreflexes zu Stande.

12. Die sogen. reflectorische Pupillenstarre wird aller Wahrscheinlichkeit nach durch solche pathologische Processe bedingt, welche die Bahn des Lichtreflexes in ihrem Verlauf vom chiasma nn. opti-
corum zum Oculomotoriuskern unterbrechen.