

BEITRÄGE
ZUR
KENNTNISS DER SEHNERVENKREUZUNG

VON

DOCENT DR. J. SINGER,

VORSTAND DER K. K. DEUTSCHEN UNIVERSITÄTS-POLIKLINIK IN PRAG

IN VERBINDUNG MIT

DR. E. MÜNZER,

ASSISTENTEN AM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE,

AUS DEM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE DER K. K. DEUTSCHEN UNIVERSITÄT ZU PRAG.

AUSGEFÜHRT MIT UNTERSTÜTZUNG DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

(Mit 3 Tafeln.)

VORGELEGT DER SITZUNG AM 3. JULI 1888.

Wenn durch die Thatsachen der klinisch-anatomischen Beobachtung einerseits, durch die experimentell anatomischen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte insbesondere durch die Arbeiten von Gudden andererseits, die Lehre von der Partialkreuzung im Chiasma vom Rang einer Hypothese zu der einer festgestellten Thatsache erhoben zu sein schien, so lehrt die Erfahrung der letzten Jahre, dass die erwähnten Thatsachen nicht auf Alle die gleiche überzeugende Kraft ausgeübt haben. In der That sollte man glauben, dass, nachdem es Gudden und seinen Schülern, insbesondere Ganser, in einer Reihe klassisch zu nennender Experimente gelungen war, beim Kaninchen sowohl als bei der Katze in der wünschenswerthesten Klarheit das ungekreuzte Bündel des Tractus opticus zur Anschauung zu bringen, jede weitere experimentelle Untersuchung über diese Frage als unnötig angesehen werden müsste. Die einzige, auch von Gudden nicht geklärte Frage blieb etwa noch die Lage des ungekreuzten Bündels im Tractus und im Sehnerven. Während nach einer Angabe Kellermann's beim Menschen der ungekreuzte Tractusantheil nicht als isolirtes Bündel besteht, sondern die Fasern beider Optici in dem Tractus innig miteinander verflochten sein sollen, besteht nach Gudden's und Ganser's Angaben ein geschlossenes ungekreuztes Bündel. Während aber nach Ganser das ungekreuzte Bündel im Tractus und Nerven lateral gelegen ist, erfolgt nach Gudden im Chiasma eine derartige Umlagerung der Fasern, dass das ungekreuzte Bündel im Tractus lateral, im Nerven hingegen medial gelegen ist. Im Anschluss an diese Widersprüche macht Schwalbe, der sich sonst auch nicht dem überzeugenden Eindruck der für die Partialkreuzung sprechenden Thatsachen verschliessen kann, die Bemerkung: „Man sieht aus diesen Angaben, wie grosse Unsicherheit in Betreff des Verlaufes des ungekreuzten Bündels existirt. Wenn irgendwie, so könnte man hieraus Einwände gegen die Deutung der zu Gunsten der partiellen Kreuzung angeführten Thatsachen entnehmen.“

„Ein Skepticismus ist so lange gerechtfertigt, als diese Widersprüche nicht gelöst sind.“¹

Viel rückhaltloser und bestimmter lautet der Ausspruch eines anderen ausgezeichneten Anatomen, nämlich Gegenbaur's. Derselbe sagt: „Es ergibt sich demnach eine totale Kreuzung, welcher jedoch manche pathologische und physiologische Bedenken im Wege stehen. Daraus ist die Auffassung entsprungen, dass jedem Sehnerv wieder Bündel aus dem Tractus derselben Seite zugetheilt seien. Anatomisch sind sie noch nicht nachgewiesen.“² Ebenso findet man in der neuesten Auflage des Grünhagen'schen Lehrbuches der Physiologie bei Besprechung des Baues des Chiasma folgenden Satz: „Bei solchem Widerspruch der Ansichten..... werden erst erneute Untersuchungen abzuwarten sein, ehe das letzte Wort gesprochen werden darf.“

Bei dieser vorsichtigen Zurückhaltung hervorragender Vertreter der Anatomie und Physiologie darf es nicht Wunder nehmen, wenn einer der eifrigsten Verfechter der Totalkreuzung in letzter Zeit abermals versucht hat, auf Grundlage erneuter experimenteller und anatomischer Untersuchungen die, wenigstens von der überwiegenden Mehrzahl der Physiologen und Ärzte verlassene Lehre der Totalkreuzung wieder zur Geltung zu bringen und „auch Andere von der Thatsache der vollständigen Kreuzung im Chiasma zu überzeugen.“

Als Festschrift der medicinischen Facultät der Universität Würzburg zum 70. Geburtstage Kölliker's hat J. Michel eine glänzend ausgestattete Monographie verfasst, in welcher er an die Frage der Sehnervkreuzung mit einer neuen Methode herantritt, und sie in dem schon oben erwähnten Sinne gelöst zu haben glaubt. Michel untersuchte das Chiasma der Eule, des Meerschweinchens, des Kaninchens, des Hundes, der Katze und des Menschen. Das Eulenchiasma entstammte einem Thiere, dessen eines Auge eine Linsentrübung zeigte, und dessen entsprechender Sehnerv atrophische Veränderungen erkennen liess. Bei den übrigen Thieren wurde entweder am neugeborenen oder erwachsenen Thiere ein Auge entfernt und nach verschieden langer Zeit das Chiasma untersucht. Bei einigen Thieren wurde auch behufs Feststellung der Verhältnisse der Commissura posterior doppelte Enukleation des Auges vorgenommen, sowie auch (am Kaninchen) die mediane Spaltung des Chiasma ausgeführt. Hierzu kommen drei Fälle von einseitiger Atrophie des Sehnerven, sowie ein Fall von einseitigem Anophthalmus beim Menschen. Als Untersuchungsmethode benützte Michel die Weigert'sche Hämatoxylinfärbung und kam zu dem Resultate, dass bei allen untersuchten Thieren, sowie beim Menschen, sich die durch die Entfernung eines Auges bedingte Degeneration nur auf den Tractus der entgegengesetzten Seite fortpflanze, also bei allen untersuchten Thieren und beim Menschen Totalkreuzung der Sehnerven bestehe. Einer so umfangreichen, auf Grund zahlreicher Versuche und anatomischer Untersuchungen angestellten Arbeit gegenüber war es nicht angezeigt, uuthätig zu bleiben.

Waren die Untersuchungen früherer Forscher, und insbesondere Gudden's, unrichtig, so hätten die letzteren lediglich eine Kette von Irrthümern darstellen müssen, und es war nothwendig, sich selbst von der Thatsache zu überzeugen, dass das, was man bisher für sichere Wahrheit gehalten, nur falsche Beobachtung war; beruhten hingegen Michel's Beobachtungen auf einem Irrthum, so war es wünschenswerth, diesen womöglich endgiltig als solchen nachzuweisen, damit die strittige Frage, die bereits eine so umfangreiche Polemik hervorgerufen, endlich eine dauernde Lösung erfahre. Selbstverständlich war von allen bisher verwendeten Methoden abzusehen.

Die Gudden'schen Experimente einfach zu wiederholen, wäre überflüssig gewesen, denn offenbar waren sie trotz ihrer Exaetheit und Klarheit nicht genügend, alle Gegner der Partialkreuzung vollständig zu überzeugen, und die Michel'sche Untersuchung zu wiederholen, erschien ebenfalls nicht nöthig, da ja an der Gewissenhaftigkeit Michel's in der Beobachtung gewiss nicht gezweifelt werden konnte, und es sich

¹ Lehrbuch der Neurologie, 1881, S. 721.

² Lehrbuch der Anatomie, III. Aufl., S. 829.

höchstens um eine Kritik der Methode hätte handeln können, wozu sich im Verlaufe dieser Abhandlung noch Gelegenheit ergeben dürfte. Zufällig waren wir zur Zeit des Erscheinens der Michel'schen Monographie mit einer Experimentaluntersuchung beschäftigt, in welcher es sich um Nachweis eines Zuges sehr feiner degenerirender Nervenfasern handelte, nämlich mit der Untersuchung der Pyramidenbahn des Hundes. Singer hat schon im Jahre 1881 auf die Schwierigkeiten hingewiesen, welche der mikroskopische Nachweis der degenerirten Pyramidenbahn bei Hunden macht.¹ Während man an dem in einer Lösung von Chromsalzen gehärteten Rückenmark auf dem Querschnitte makroskopisch deutlich die sich durch ihre gelbliche Färbung abhebende degenerirte Pyramidenbahn erkennt, ist am mikroskopischen Präparat auch bei guter Karmin-tinction kein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Rückenmarkshälften nachweisbar. Die Hoffnung, dass die Weigert'sche Methode günstigere Ergebnisse liefern würde, hat sich nicht bestätigt. Die bei der Untersuchung der Einstrahlung markhaltiger Faserzüge in die graue Substanz und bei deren Atrophie so werthvolle Methode, versagt hier ebenso den Dienst wie die Karmin-tinction.

Gerade um diese Zeit waren wir aber bei der Pyramidenbahn des Hundes mit einer Methode zu brauchbaren Resultaten gelangt, welche im hohen Masse die Eigenschaften zu besitzen schien, die man auch bei der Untersuchung des Chiasma als wünschenswerth betrachten musste. Diese von V. Marchi angegebene Methode wurde im Jahre 1887 von ihm und Algeri bei der Untersuchung der secundären Degenerationen im Hunderückenmark verwendet² und sollte die merkwürdige und unerschätzbare Eigenschaft besitzen, nur die Markscheide des degenerirenden Nerven, beziehungsweise die Zerfallsproducte derselben intensiv schwarz zu färben, während die Markscheide des normalen Nerven bloß einen grauen Farbenton zeigen soll. Eine solche Methode musste, wenn sie sich bewährte, zur Untersuchung der Sehnervenkreuzung vorzüglich geeignet erscheinen, denn die Existenz eines auch nur kleinen ungekreuzten Bündels vorausgesetzt, musste dieses bei Anwendung derselben einige Zeit nach Enukleation eines Auges sich in deutlich kenntlicher Weise in dem normalen gleichseitigen Tractus opticus nachweisen lassen. In der That ergaben einige vorläufige Versuche am Rückenmark des Hundes nach totaler Durchschneidung, nach Abtragung der motorischen Zone u. s. f. so unvergleichlich schöne Bilder, dass wir sofort an die Untersuchung des Chiasma zu schreiten beschlossen, und es sind die Resultate dieser Arbeit, welche wir in diesen Zeilen niederlegen. Da sich aber insbesondere bei Untersuchung von Rückenmarksquerschnitten, ferner bei Untersuchung von Querschnitten der Medulla oblongata des Hundes des Öfteren in Partien schwarze Niederschläge zeigten, in denen man der Natur der Sache gemäss keine Degeneration erwarten konnte, und welche sich auch dem Aussehen nach etwas von der echten Degeneration unterschieden, so wurde zugleich an eine eingehende experimentelle Prüfung der Methode selbst geschritten, über deren Ergebnisse vorerst berichtet werden soll.

Die mit der genannten Methode zu untersuchenden Objecte werden folgendermassen behandelt. Das betreffende Organ wird im Ganzen in Müller'scher Flüssigkeit durch acht Tage gehärtet, hierauf werden möglichst kleine Stücke davon direkt (ohne vorher anzuwaschen) in ein Gemisch von Müller'scher Flüssigkeit und 1 Proc. Osmiumsäurelösung im Verhältnisse von 2:1 gebracht und daselbst durch 5—8 Tage gelassen, worauf sie zur Untersuchung bereit sind. Wir haben die Objecte gewöhnlich ausgewässert, dann in Alkohol gehärtet, in Celloidin gebettet und nach dem gewöhnlichen Aufhellungsverfahren in Canadabalsam eingeschlossen.

Die Methode hat, wie man sieht, neben anderen Vortheilen den, dass die Objecte viel früher als sonst schnittfähig werden und keiner nachherigen Tinction benöthigen. Wir haben den Angaben von Marchi und Algeri nur zwei technische Details hinzuzufügen: Erstens, dass auch die längere Zeit, bis zu drei Monaten, in Müller'scher Flüssigkeit gebliebenen Objecte sich zur Behandlung mit dem Reagens eignen; zweitens, dass der zum Einschluss verwendete Canadabalsam nicht in Chloroform gelöst sein darf, da sonst die schwarze Färbung der degenerirten Markscheide aus gleich zu erwähnenden Gründen mit der Zeit an Inten-

¹ Sitzungsberichte der kais. Akademie der Wissenschaften, 1881, III. Abth., 84. Bd.

² Rivista sperimentale di freniatria e di med. legale, 1887, XII, 3.

sität verliert. Am besten bewährte sich der Einschluss in erwärmtem Canadabalsam ohne Zusatz eines Lösungsmittels.

Um nun die Wirkungsweise der Methode näher zu studiren, wird es sich empfehlen, zuerst das Ansehen des normalen peripheren Nerven, sowie des normalen Centralorgans, die mit dem Reagens behandelt wurden, und dann die Art und Weise des Auftretens der Degeneration, sowie das Aussehen der veränderten Markscheide einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Untersucht man einen normalen peripheren Nerven nach Behandlung mit dem Marchi'schen Reagens auf feinen Längs- und Querschnitten, sowie insbesondere an Zupfpräparaten, so sieht man die Markscheide selbstverständlich vollkommen normal gestaltet und von blassbräunlicher, bisweilen in's Olivenbraune spielender Farbe. Niemals erinnert die Färbung der Markscheide auch nur annähernd an die tiefschwarze Färbung derselben bei directer Behandlung mit Osmiumsäurelösungen. Zwischen der Markscheide und der Schwann'schen Scheide eingelagert, erscheinen in verschiedenen Nerven (es wurde eine grössere Anzahl normaler Hüftnerven von Kaninchen, Hund und Katze untersucht) in wechselnder Anzahl, doch niemals sehr reichlich, vereinzelte rundliche, schwarze Tröpfchen, welche höchst selten zu Gruppen vereint liegen, immer nur der Markscheide aufgelagert erscheinen und niemals dieselbe etwa der Dicke nach durchsetzen. (Taf. I, Fig. 1.)

Die Untersuchung einiger normaler Kaninchensehnen zeigte dieselben im Gegensatz zu den peripheren Nerven fast ganz frei von den beschriebenen Tröpfchen. Ebenso erschien der beim Kaninchen bekanntermassen markhaltige Eintritt des N. opticus in die Netzhaut fast ganz rein. Hervorzuheben ist, und für das Verständniss der Reaction vielleicht nicht unwichtig, dass in den Präparaten etwa vorhandenes Fettgewebe sich intensiv schwarz färbt, wie bei der gewöhnlichen Osmiumwirkung. (Fig. 1 a.) Es hat also durch die vorhergegangene kurze Chrombeize die normale Markscheide die Eigenschaft verloren, in einer Mischung von der angegebenen Concentration (denn in einfacher 1% Osmiumsäurelösung gelingt die Schwärzung der Markscheiden, auch an in Chromsalzen gehärteten Präparaten, bekanntlich leicht) die Osmiumsäure zu reduciren, während das freie Fett dieselbe noch besitzt. Bei der Untersuchung von Längsschnitten normaler peripherer Nerven, sowie insbesondere an solchen von normalen Sehnen fiel ein eigenthümlicher Befund auf, der eine nähere Untersuchung veranlasste. Es fand sich nämlich an der Peripherie des Nerven, da wo derselbe bei der Herausnahme durchgeschnitten wurde, ein reichlicher Niederschlag von schwärzlichen Schollen. (Taf. IV, Fig. 29 b.)

Diese Schollen sind meist nicht so intensiv schwarz gefärbt wie die bei der eigentlichen Degeneration auftretenden, sondern zeigen zum Theil eine bläulich-schwärzliche Färbung, wie etwa sehr schwach mit Osmiumsäure tingirtes Nervengewebe, doch zeigt ein Theil derselben, insbesondere die kleineren, auch starke Schwärzung. Diese Veränderung findet sich, wie gesagt, nur an der Schnittstelle und erstreckt sich nur eine ganz kurze Strecke in den Nerven hinein. Es lag der Gedanke nahe, dass es sich hier um eine directe Wirkung des Schnittes auf die Markscheide handelt, welche durch die hierbei auftretende Quetschung in ihrer Structur und chemischen Beschaffenheit verändert und vielleicht in Fett oder dem Fette nahestehende Substanzen verwandelt werden könnte. Wir machten desshalb vorerst den naheliegenden Versuch, einen normalen Hüftnerve am lebenden Thiere blosszulegen, mit einer dazu besonders construirten Pincette durch einige Secunden zu quetschen und dann sofort in der beschriebenen Weise zu behandeln. Es zeigte sich nun auf dem Längsschnitte des so behandelten Nerven das folgende Bild. (Taf. I, Fig. 2.) An der Quetschstelle, die sich durch den stark zickzackförmigen Verlauf der Nervenfasern zu erkennen gibt, ist nur minimale Schwärzung zu sehen, hingegen erscheint die Markscheide etwa ein halbes Millimeter zu beiden Seiten der Quetschstelle durchsetzt von schwarzen Schöllehen und Tröpfchen. Diese erscheinen zum Theile innerhalb der Markscheide bei stärkerer Vergrösserung zickzackförmig angeordnet, zum Theile als ausgedehnter, die ganze Markscheide gleichmässig betreffender Niederschlag. Es warf sich nun die Frage auf, ob es sich hierbei um eine Lebenserscheinung handle oder nicht. Derselbe Versuch wurde daher an einem Nerven, welcher 24 Stunden nach dem Tode des Versuchstieres in seiner normalen Lage in der Leiche verblieben war, wiederholt und es ergab sich auch hier eine in derselben Ausdehnung die Markscheide betreffende Schwärzung,

jedoch erschienen hier die gleichmässigen schwarzen Niederschläge häufiger als die beschriebenen Schöllchen und Klümpchen an dem lebendig gequetschten Nerven. Auch an einem drei Tage in der Leiche verbliebenen Nerven, dessen Markscheide schon in hohem Grade geronnen und kritmelig zerfallen erschien, waren noch deutlich die beschriebenen Veränderungen nach erfolgter Quetschung kenntlich. (Taf. I, Fig. 3.)

Was die Untersuchung des normalen Centralorgans betrifft, so erschienen auf Querschnitten des sorgfältig herauspräparirten und in keinerlei Weise gequetschten Kaninchenrückemarks die Eintrittsstellen der hinteren Wurzeln in die Hinterstränge, viel weniger die Einstrahlung in das Hinterhorn selbst, mit mehr weniger zahlreichen kleinen, schwarzen Tröpfchen besetzt, welche sich in noch viel spärlicherer Menge auf dem Querschnitt der weissen und grauen Substanz, fast gar nicht an den vorderen Wurzeln zeigten. Im Vorderseitenstrang fanden sich ausserdem einzelne grössere, unregelmässig geformte Schollen, die fast durchwegs jene bläulich-schwarze Färbung zeigten, die an den an der Schnittstelle sich anhäufenden Schollen beobachtet wird.

Am Querschnitt des normalen Hunderückenmarkes zeigte sich derselbe Befund, mit Ausnahme der grösseren Schollen, doch erschienen die schwarzen Tröpfchen etwas zahlreicher an den vorderen Wurzeln und ihrem Austritte aus der grauen Substanz, auch zeigte sich hier und da an denselben gleichmässige Schwärzung wie am gequetschten toten Nerven. Am Querschnitt der normalen Medulla oblongata von Hund und Taube fanden sich ziemlich häufig schwarze Tröpfchen auf den sogenannten Fibræ areolatae und in der Raphe vor. Dagegen zeigten sich Querschnitte aus der Vierhügelgegend vom Kaninchen, von Katze und Hund fast ganz frei, insbesondere erschienen Frontalschnitte durch den normalen Tractus opticus frei von jeglicher Schwärzung. Mit grosser Regelmässigkeit hingegen fanden sich die schwarzen Tröpfchen wiederum an den Austrittsstellen sämmtlicher untersuchter Hirnnerven insbesondere an den Wurzeln des Oculomotorius, wobei sich das merkwürdige Verhalten zeigte, dass der intracerebrale Verlauf, sowie die Fasern des Nerven nach dem Austritt aus dem Gehirn oft ganz frei erscheinen, während gerade an der Stelle des Eintrittes eine grössere Ansammlung derselben stattfindet. Dabei ist es schon bei schwachen Vergrösserungen kenntlich, dass die Markscheide keinerlei Veränderung zeigt, und bei stärkerer Vergrösserung erkennt man, dass der grösste Theil der schwarzen Tröpfchen nicht auf der Markscheide aufliegt, sondern in den Interstitien zerstreut ist.

Es ist jetzt an der Zeit, das Bild zu schildern, welches man bei Anwendung der Methode von Marehi an degenerirenden peripheren Nerven erhält. Wir wollen unserer Beschreibung die Untersuchung von vier Hüftnerven zu Grunde legen, welche an vier Kaninchen desselben Alters (drei von demselben Wurf) durchschnitten wurden, und bei denen aus gleich zu erwähnenden Gründen gleichzeitig ein Auge enucleirt worden war. Der zeitliche Verlauf der Degeneration ist folgender: Zwei Tage nach der Durchschneidung erscheint die Markscheide des peripheren Stumpfs im Ganzen noch normal gefärbt, jedoch in ihrer ganzen Ausdehnung zerklüftet und varikös; bei schwacher Vergrösserung sieht man über dem ganzen Längsschnitt des Nerven zahlreiche, meist vereinzelt, nur selten zu Gruppen angeordnete schwarze Tröpfchen und Schöllchen von geringem Umfang. Bei stärkeren Vergrösserungen, oder an Zupfpräparaten schon bei schwächeren Vergrösserungen, erkennt man (Taf. I, Fig. 4), dass diese Tröpfchen und Schöllchen nicht wie beim normalen Nerven der Markscheide bloss aufliegen, sondern dieselbe der ganzen Dicke nach durchsetzen oder die durch ihren Zerfall entstandenen Lücken ausfüllen. Am vierten Tage zeigt der periphere Stumpf bereits das ausgesprochene Bild der Waller'schen Degeneration, die Markscheide ist in ihrer ganzen Ausdehnung in kleinere oder grössere Klumpen zerfallen, von denen ein Theil noch die bräunliche Färbung der normalen Markscheide zeigt, der grösste Theil aber bereits tief schwarz erscheint, auch die normal gefärbten Markschollen enthalten vielfach tief schwarze Tropfen. Die vom vierten bis zum neunten Tage zu beobachtenden Veränderungen des peripheren Stumpfes sind nur eine Steigerung der oben beschriebenen; besonders treten später die das Osmium reducirenden Schollen in grosser Anzahl auf, so dass am neunten Tage der Nerv fast ganz aus intensiv schwarz gefärbten Klumpen und Schollen zusammengesetzt ist. (Taf. I, Fig. 5.) Der centrale Stumpf des durchschnittenen

Nerven zeigt etwa ein halbes Millimeter weit von der Schnittstelle entfernt ebenfalls Markscheidenzerfall und reichliches Auftreten grösserer schwarzer Klumpen, weiter oben jedoch ist die Markscheide auch am neunten Tage vollständig normal, doch erschien dieselbe in reichlicherem Maasse als im normalen Nerven, besetzt mit vereinzelt schwarzen Tröpfchen. (Taf. 1, Fig. 6 und 7.) Über den weiteren zeitlichen Verlauf der Vorgänge im peripheren Stumpf, sowie über die Veränderungen im centralen Stumpf und deren etwaige Fortpflanzung auf das Rückenmark soll eine eigene, später mitzutheilende Versuchsreihe Aufschluss erteilen. Wir wollen gleich hier den zeitlichen Verlauf der parallel laufenden Veränderungen am Opticus beschreiben. Die gleichzeitige Enuclation des Auges wurde aus einem doppelten Grunde ausgeführt. Es war erstens die Frage zu beantworten, ob die Veränderungen am Nervus opticus zeitlich genau so verlaufen, wie am peripheren Nerven, ferner war zu entscheiden, ob das Chiasma wirklich wie es vielfach, so auch von Michel behauptet worden ist, einen „Indifferenzpunkt“ darstellt, an dem die Degeneration gewissermassen ein nur schwierig zu überwältigendes Hinderniss findet. Diese „mystische“ Eigenschaft des Chiasma, wie sie Gudden mit Recht nannte, war von vorneherein sehr unwahrscheinlich. Wir wissen aus den Versuchen Waller's, dass der von seinem Centrum getrennte Nerv im Laufe einer gegebenen Zeit, welche vielleicht für periphere und centrale Nerven etwas differiren mag, die Zeit von einigen Wochen aber nicht überschreitet, bis zu seinem Eintritt in die graue Substanz oder bis zur Peripherie degenerirt, und dass an der grauen Substanz die Degeneration still steht. Dass aber ohne Zwischenschaltung von grauer Substanz Stillstand der Degeneration stattfände, wäre beim Chiasma ebenso unverständlich, wie wenn etwa dasselbe in der Pyramidenkreuzung geschehen würde, welche ja anatomisch denselben Charakter trägt wie das Chiasma.

Nun ist letzteres bekanntermassen nicht der Fall, sondern bei Degeneration der Pyramiden findet sich gleichzeitig auch Degeneration der Pyramidenbahnen im Rückenmarke. Es war also der Erfolg des Versuches vorauszusehen. In der That erkennt man, um uns kurz zu fassen, mit stärkeren Vergrösserungen bereits am zweiten Tage reichliches Auftreten von schwarzen Tröpfchen im durchschnittenen N. opticus und im gekreuzten Tractus; diese Veränderungen werden am vierten Tage noch deutlicher und vom siebenten Tage ab kann über das Auftreten von echter Waller'scher Degeneration an N. opticus und T. opticus kein Zweifel mehr sein. Die Widerstandskraft des Chiasma gegen die Degeneration muss also in der That, wenigstens bei den von uns verwendeten Thieren als eine „Mythe“ bezeichnet werden, die Degeneration tritt im Gegentheil, wie am peripheren Nerven, so auch am Opticus gleichzeitig in seiner ganzen Ausdehnung von der Schnittstelle bis zum nächsten Centrum auf, und es besteht, was den zeitlichen Verlauf der Degeneration betrifft, zwischen dem peripheren Nerven und dem Schnerven wenigstens kein wesentlicher Unterschied, indem auch hier schon am zweiten Tage die ersten Kennzeichen der Degeneration vorhanden sind; doch scheint der Verlauf im Ganzen etwas langsamer zu sein, da am vierten Tage, wo am peripheren Nerven die Zerfallsproducte sehr reichlich sind, dieselben am Opticus noch immer spärlich erscheinen.

Ein weiteres Moment, welches durch die an den vier Kaninchen vorgenommene Augenenuclation zur Entscheidung kommen sollte, war die etwa vorhandene Möglichkeit, dass es sich bei den an den Oculomotoriuswurzeln auftretenden Niederschlägen um echte Degeneration handeln könnte, welche in Zusammenhang gebracht werden könnte mit der Degeneration des N. opticus. Schon die einfache mikroskopische Beobachtung lässt die Niederschläge am Oculomotorius, sowie die an den übrigen Hirnnerven und dem Eintritt der Wurzeln auftretenden, in den meisten Fällen leicht von echter Degeneration unterscheiden. Vor Allem ist das vollständig normale Aussehen der Markscheide an Längsschnitten, dann aber insbesondere der Umstand charakteristisch, dass es sich hier gewöhnlich nur um vereinzelt, nicht zu Längsreihen angeordnete rundliche Tröpfchen handelt, während die, die zerfallende Markscheide ersetzenden Schollen meist unregelmässig geformt und auf Längsschnitten in charakteristischer Weise eine eigenthümliche Anordnung zu Längsreihen zeigen. (Wir stellten diese Versuchsreihe zu einer Zeit an, wo wir die oben beschriebenen schwarzen Tröpfchen im normalen Centralorgan und Nerven noch nicht genauer studirt hatten, wollen aber trotzdem das Resultat derselben als nicht unwichtig hier mittheilen.) Es stellte sich auch heraus, dass das

Auftreten der genannten Tröpfchen am Oculomotorius in keinerlei Zusammenhang mit der Degeneration im Opticus steht. An Präparaten, wo die Degeneration im Opticus stark entwickelt war, waren die Niederschläge am Oculomotorius minimal und umgekehrt, ja auch am normalen Präparat sind sie einerseits oft reichlich zu finden, während sie andererseits eben so oft fehlen, oder nur in ganz geringen Mengen vorhanden sind.

Mit Rücksicht auf die oben erwähnte Einwirkung gröberer mechanischer Eingriffe auf die Markscheide musste an die Möglichkeit gedacht werden, dass die beschriebenen tröpfchenförmigen Niederschläge etwa durch die bei der Herausnahme des Centralorganes bedingte Quetschung und Zerrung hervorgerufen werden könnten.

Wir haben deshalb an einem frisch getödteten Kaninchen die Wirbelsäule der ganzen Länge nach vorsichtig geöffnet, dann aus dem Thier herausgeschnitten und in toto in Müller'sche Flüssigkeit gelegt. Aber auch an diesem in keiner Weise gequetschten Rückenmark sind dieselben Veränderungen kenntlich. Fassen wir also die Ergebnisse unserer experimentellen Vorprüfung der Marchi'schen Methode zusammen, so ergibt sich als wichtigstes Resultat, dass in der That gewisse Bestandtheile der in Degeneration begriffenen Markscheide bei der beschriebenen Behandlung tiefe Schwärzung erkennen lassen, während die normale Markscheide hellbräunlich gefärbt erscheint. Die Thatsache, dass normales Fettgewebe sich mit dem Marchi'schen Verfahren in gewöhnlicher Weise schwärzt, macht es in hohem Grade wahrscheinlich, dass es das bei der Waller'schen Degeneration auftretende freie Fett oder dem Fett ähnliche Substanzen sein mögen, welche die beschriebene Osmiumreaction veranlassen. Auf diesen Umstand mag das ziemlich starke Ausbleichen der Präparate zurückzuführen sein, die in Chloroform-Canadabalsam eingeschlossen worden sind. Es umgeben sich diese nämlich nach wenigen Tagen mit einem schwarzen Hof, der auf der durch das Chloroform erfolgenden Lösung der geschwärzten Fettsubstanzen beruhen dürfte. Bei Einschluss in trockenem Canadabalsam tritt diese Erscheinung nicht ein. Es sei hier übrigens darauf aufmerksam gemacht, dass schon S. Mayer die intensivere Schwärzung der bei der sogenannten normalen Degeneration auftretenden Zerfallsproducte der Markscheide nach Einwirkung von Osmiumsäure aufgefallen ist, und von ihm auf das Auftreten eines Körpers zurückgeführt wurde, „der sich der Osmiumsäure gegenüber ebenso verhält wie Fett, das sich in dem genannten Reagens merklich dunkler färbt, als das normale Nervenmark.“¹

Macht die besprochene eigenthümliche Reaction den degenerirten Nerven zweifellos in vorzüglicher Weise kenntlich, so war weiterhin die Frage zu beantworten, inwieweit dieselbe mit Rücksicht auf die erwähnte auch in normalen Nerven und Centralorganen bei Anwendung des Marchi'schen Verfahrens auftretenden schwarzen Tröpfchen und Schöllehen einwurfsfrei zur Verfolgung des Faserverlaufes anwendbar erscheint. Kann nicht eine Verwechslung der eben beschriebenen schwarzen Punkte und Tropfen mit Degeneration auftreten? Diesbezüglich ist vor Allem betreffs des Chiasma hervorzuheben, dass bei diesem Object eine Täuschung kaum möglich ist, da Opticus und Chiasma zu den Organen gehören, in welchen die beschriebenen Niederschläge selten und spärlich auftreten. Was das Rückenmark und die Medulla oblongata hingegen betrifft, werden gewisse Vorsichtsmassregeln nöthig sein. Soweit es sich um geschlossene Faserzüge handelt, z. B. Pyramidenbahn, Kleinhirnseitenstrangbahn u. s. w. gibt die Methode nach unseren bisherigen Versuchen unvergleichlich schöne Bilder, welche vollständig eindeutig sind; handelt es sich aber um zerstreute punktförmige Degeneration, dann wird Vorsicht zu empfehlen sein. Es ist dann nicht erlaubt, einfach Alles was sich schwärzt für Degeneration zu erklären, sondern es wird sich empfehlen, die betreffenden Versuche zu wiederholen, bis man das Wechselnde, Zufällige vom Bleibenden, regelmässig Auftretenden zu sondern im Stande ist. Die an der Schnittstelle auftretende Schwärzung der Markscheide, die „Querschnittswirkung“ wie wir sie kurz nennen wollen, kann zu Verwechslungen keinen Anlass geben, es ist aber bei der Herausnahme des Centralorganes jedenfalls Vorsicht zu empfehlen, da jede Quetschung desselben sich dann am mikroskopischen Präparat durch das Auftreten von schwarzen Schollen zu erkennen

¹ Über Vorgänge der Degeneration und Regeneration u. s. f. Prag 1881, S. 25 und 26.

gibt. Können wir nach den bisher angestellten Versuchen die Marchi'sche Methode bei den angewandten Vorsichtsmassregeln als eine vorzügliche neurologische Forschungsmethode bezeichnen, so sind wir der Frage gegenüber, was die in normalen Nerven und Centralorganen auftretenden schwarzen Tröpfchen zu bedeuten haben, bisher im Unklaren.

Dass es sich auch hier um Fett oder dem Fett nahestehende Körper handeln muss, ist wohl selbstverständlich, aber ob diese in irgendwelcher Beziehung zum Stoffwechsel des Nerven stehen, was insbesondere die regelmässige Anhäufung derselben am Eintritt der Wurzeln in das Rückenmark oder am Eintritt der Gehirnnerven in das Gehirn zu bedeuten habe, ist uns nicht gelungen zu ermitteln. Die oben beschriebenen Erscheinungen der Schwärzung an gequetschten Nerven liessen zuerst daran denken, dass es sich möglicherweise um Stoffwechselproducte handeln könnte, die mit der Function des Nerven selbst zusammenhängen könnten, und wir haben, diese Möglichkeit ins Auge fassend, auch einige Versuche angestellt, in welchen lebendige Nerven längere Zeit von starken galvanischen Strömen durchströmt oder durch längere Zeit faradisirt wurden, und diese Nerven dann mit der Marchi'schen Methode untersucht. Dieselben zeigten jedoch keinerlei Veränderung. Die hierauf angestellten und hier mitgetheilten Versuche am gequetschten todten Nerven lassen diese Annahme auch wenig wahrscheinlich erscheinen. Hingegen ist noch an eine Möglichkeit zu denken. Bei allen mit Hilfe der Waller'schen Methode angestellten Versuchen muss man heutzutage auf die von S. Mayer beschriebenen, im normalen Nervensystem auftretenden Degenerationsvorgänge Rücksicht nehmen, insbesondere bei einer Methode, bei welcher, wie bei der Marchi'schen das feinste Fetttöpfchen sich durch seine schwarze Farbe deutlich von seiner Umgebung abhebt. In der That lassen sich, wie zu erwarten war und wie beiliegende Illustrationen lehren mögen (Fig. 8 und 9) die von Mayer beschriebenen Veränderungen mit der Marchi'schen Methode sehr leicht und scharf erkennen. Es ist nun denkbar, ja sogar sehr wahrscheinlich, dass solche Veränderungen auch im Centralorgan vorkommen, wo jedoch der Mangel der Schwann'schen Scheide die charakteristische Anordnung der geschwärzten Tröpfchen nicht zulassen würde, so dass man dann bei der Untersuchung des Organs auf Querschnitten und Längsschnitten bloss unregelmässig zerstreute Tropfen zu sehen bekäme. Dies jedoch nur in Form einer Vermuthung; sichere Anschlüsse über diese Frage könnte man nur an dem Centralorgane eines Thieres erhalten, an dessen Nervenfasern erfahrungsmässig die „normale“ Degeneration häufig vorkommt, z. B. der Ratte. Für unsere Zwecke möge es genügen, vorläufig nachgewiesen zu haben, dass die Methode Marchi's für das Chiasma ohne wesentliche Vorsichtsmassregeln, für das Rückenmark und die Medulla oblongata, wo es sich um Degeneration zerstreuter einzelner Fasern handelt, nur mit einer gewissen Vorsicht verwendbar ist. Keinesfalls darf etwa in letzterem Falle ohne weiters der Schluss gezogen werden, dass überall, wo Schwärzung auftritt, auch Degeneration vorhanden ist.

Wir schreiten nun zur Darstellung unserer Befunde am Chiasma.

1. Das Chiasma der Taube.

Über den Faserverlauf innerhalb des Chiasma der Vögel besteht in der neueren Zeit keine Meinungsverschiedenheit. Die totale Kreuzung der Sehnerven wird bei dieser Thierklasse allgemein angenommen. Indessen hat Johannes Müller in seinem classischen Werke „Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsinnes“ eine Abbildung eines allerdings mit einer rohen Methode (Maceration mit Salzsäure) hergestellten Präparates vom Chiasma des Halmes beigebracht, auf Grund dessen er die partielle Kreuzung auch bei den Vögeln erschliessen zu müssen glaubte.¹ Es war daher wohl immerhin der Mühe werth, noch einmal das Chiasma der Vögel mit einer neuen Methode einer Untersuchung zu unterziehen. In der That kann bei der Untersuchung der mit der Marchi'schen Methode hergestellten Präparate an der Thatsache der Totalkreuzung

¹ L. c. Taf. III, Fig. 17.

bei der Taube kein Zweifel bestehen. Man sieht an Längs- und Frontalschnitten die schon von Carus, dann von Meckel beschriebene blätterartige Kreuzung aufs schärfste. (Taf. I, Fig. 12.) Zugleich bemerkt man, wie sich die dem degenerirten Sehnerven angehörigen Blätter des Chiasma durch ihre intensive Schwärzung aufs schärfste abheben von den dem normalen angehörigen. Auf Serien von Horizontal- sowohl als Verticalsechnitten kann man sich nun leicht überzeugen, dass die Degeneration des Sehnerven sich einzig und allein in den Tractus der entgegengesetzten Seite fortsetzt (Taf. I, Fig. 11 u. 12), und bietet das Chiasma der Taube daher in dieser Hinsicht nichts Interessantes. Hingegen muss bezüglich des weiteren centralen Verlaufes des Tractus opticus gleich auf eine merkwürdige Thatsache aufmerksam gemacht werden, wieweil die weitere Untersuchung derselben noch nicht abgeschlossen ist. Untersucht man nämlich das Taubenchiasma drei Wochen nach erfolgter Enucleation des Auges, zu einer Zeit also, wo beim Säugethier die Degeneration hochgradig entwickelt ist, der degenerirte Sehnerv und Tractus daher bereits intensive gleichmässig verbreitete Schwärzung zeigt, dann wird man von der verhältnissmässig geringen Entwicklung der degenerativen Veränderungen überrascht. Der dicke Sehnerv und der Tractus der gekreuzten Seite zeigen wohl eine deutliche, aber in geringer Intensität über den Querschnitt ausgedehnte Schwärzung. Untersucht man nun insbesondere Frontalschnittserien durch das Chiasma, so sieht man nach vollendeter Kreuzung den Tractus opticus sich in zwei scharf getrennte Antheile sondern, von denen der eine mächtig entwickelte um diese Zeit (3 Wochen nach der Enucleation) schwache Degeneration zeigt und sich in den markweissen Überzug des Zweihügels verliert und die Hauptmasse des Tractus opticus darstellt. An seiner Innenseite nun gewahrt man ein sehr schmales, aber intensiv geschwärztes Bündel von Nervenfasern, welches nach kurzem, mit dem übrigen Tractus parallelen Verlauf sich in eine an der Medianseite des Corpus bigeminum gelegene kleine Anhäufung von grauer Substanz einsenkt. (Taf. II, Fig. 13a.) Es scheint also der Tractus opticus der Taube aus zwei gesonderten, in besondere Centralorgane eintretenden Antheilen zu bestehen, von denen der eine rascher der Waller'schen Degeneration anheimfällt als der andere.

Über die näheren Details des Verlaufes und der centralen Endigung dieses Zuges wird erst nach weiteren Untersuchungen Bericht erstattet werden, hier sei nur noch erwähnt, dass fünf Wochen nach erfolgter Enucleation des Auges die Degeneration des stärkeren Tractusantheiles ebenso stark ausgesprochen ist als beim Säugethier.

2. Das Chiasma der Eule.

Bekanntlich hat Johannes Müller aus physiologischen Gründen zuerst das Postulat aufgestellt, dass die nach seiner Ansicht für das Zustandekommen des binoenlaren Einfachsehens nothwendige Partialkreuzung in dem Thierreiche um so vollständiger werde, je grösser das gemeinschaftliche Gesichtsfeld des betreffenden Thieres ist. Indessen unterliegt es keinem Zweifel, dass diese Behauptung Müller's in dieser apodiktischen Fassung nicht aufrecht erhalten werden kann. Selbst Gudden, der eifrigste Verfechter der Lehre Müller's musste zugeben, dass bei den Eulen die Sehnerven eine vollständige Kreuzung erfahren.¹ In seiner eingangs erwähnten Monographie hat auch Michel ein Eulenchiasma (von *Strix noctua*) mit der Weigert'schen Hämatoxylinfärbung untersucht und vollständige Kreuzung der Sehnerven gefunden. Auch wir hatten Gelegenheit das Chiasma einer Eule zu untersuchen, der wir drei Wochen früher ein Auge enucleirt hatten, und können die Angabe Gudden's und Michel's nur bestätigen. Ebenso wie bei der Taube geschieht bei der Eule (es handelte sich um ein Exemplar von *Strix ulula*) die Kreuzung in Form einer blätterigen Durchflechtung. Während aber bei der Taube auf einem die Mitte des Chiasma treffenden Längsschnitt 4—5 Blätter getroffen werden, erfolgt bei *Strix ulula* die Durchflechtung mittelst nur zweier dicker Blätter. (Taf. II, Fig. 14.) Dieses Verhalten dürfte übrigens bei den einzelnen Species wechseln, da an der in dem Michel'schen Werke

¹ Archiv für Ophthalmologie, XX, II, S. 267.

gegebenen Abbildung des Chiasma von *Strix noctua* die Durchflechtung ebenfalls mit fünf Blättern erfolgt. Merkwürdig ist bei *Strix ulula* die anfallende Kürze der Tractus optici, ferner die Thatsache, dass der oben beschriebene gesonderte Zug, den das Taubenchiasma zeigt, bei der Eule fehlt. Vergleichende Untersuchungen über diesen Punkt sind in Aussicht genommen.

3. Das Chiasma der Maus.

Dass bei der Maus in dem Chiasma totale Kreuzung der Sehnerven besteht, macht ein nach der Gudden'schen Methode vorgenommener Versuch höchst wahrscheinlich. Einem neugeborenen (weissen) Mäuschen wurde der eine Bulbus entfernt und das Gehirn des erwachsenen Thieres hierauf untersucht. Das Mäusechiasma hat die Eigenthümlichkeit, dass die Gudden'sche Commissur von dem hinteren Chiasmawinkel ziemlich deutlich getrennt erscheint und erst seitlich sich dem Tractus anlegt. Man sieht nun an der Basis eines in dieser Weise präparirten Mäusegehirnes folgendes Bild. Von dem zum enucleirten Auge gehörigen N. opticus ist nichts zu sehen. Der normale Opticus begibt sich zum Chiasma und biegt daselbst in einer bajonnett-förmigen Knickung in den Tractus opticus über, um sich erst weiter seitlich der Commissura posterior anzulegen. (Taf. I, Fig. 10.)

Bestünde ein ungekreuzter Tractusantheil, so würde man ihn wohl an dem hinteren Chiasmawinkel abgehen sehen. Diesem makroskopisch schon ziemlich eindeutigen Bilde entspricht die mikroskopische Untersuchung des nach einseitiger Augenenucleation mit Marchi's Methode untersuchten Mäusegehirnes. Der intensiv geschwärzte degenerirte Sehnerv durchkreuzt sich mit dem normalen in der von Michel beschriebenen strohmattenartigen Durchflechtung, um hierauf total in den gekreuzten Tractus überzugehen. Nur in den gekreuzten Tractus lässt sich die Degeneration verfolgen, im gleichnamigen ist keine Schwärzung nachweisbar. (Taf. II, Fig. 15—19.) Die sehr stark entwickelte Commissura posterior liegt dem Tractus dicht an und ist von demselben scharf gesondert. (Fig. 18a.) Die Degeneration ist mit Leichtigkeit in das Stratum zonale, das Pulvinar und in die Opticus-Faserschichte des vorderen Vierhügels zu verfolgen. (S. Fig. 18 und 19.)

Es besteht demnach bei der Maus totale Kreuzung der Sehnerven, sollte ja ein ungekreuzter Tractusantheil bestehen, so steht er an Mächtigkeit gewiss noch bedeutend dem gleich zu besprechenden menschlichen des Kaninchens nach.

4. Das Chiasma des Meerschweinchens.

Auch beim Meerschweinchen (Taf. III, Fig. 20) ist es leicht, sich an einer Serie von Horizontalschnitten von dem Bestehen einer Totalkreuzung zu überzeugen. Viel schöner noch als bei der Maus sieht man die strohmattenartige Durchflechtung im Chiasma, und in grösster Schärfe heben sich im Chiasma die dem degenerirten Sehnerven angehörigen Partien durch ihre intensive Schwärzung von den normalen Partien ab. Die Degeneration lässt sich aber nur ausschliesslich in den gekreuzten Tractus verfolgen, während der gleichnamige vollständig frei ist. Auch die in der Einleitung erwähnten, hier und da im normalen Nerven vorkommenden schwarzen Tröpfchen sind weder im Sehnerven noch im Tractus enthalten. Es gilt also für das Chiasma des Meerschweinchens das von der Maus Gesagte.

5. Das Chiasma des Kaninchens.

Mit grossem Interesse gingen wir an die Untersuchung des Kaninchenchiasma. Bekanntlich hat Gudden seine ersten experimentellen Untersuchungen an der Taube und am Kaninchen angestellt und gefunden, dass bei beiden Thieren eine vollständige Kreuzung der Sehnerven erfolge. In der That muss jeder,

der den Gudden'schen Versuch der Wegnahme eines Auges am neugeborenen Kaninchen nachgemacht hat, diese anfängliche Schlussfolgerung des ausgezeichneten Forschers begreifen; denn untersucht man die Hirnbasis des erwachsenen Thieres, so ist von den dem enucleirten Auge angehörigen Nerven nichts übrig als eine transparente Bindegewebslamelle, auf der gekreuzten Seite anscheinend nichts als die Commissura posterior, während der normale Nerv seiner ganzen Stärke nach in den der operirten Seite entgegengesetzten Tractus überzugehen scheint. Es ist also vollkommen erklärlich, wenn Gudden bezüglich der Abbildungen zweier in dieser Art präparirter Kaninchengehirne den Ausspruch gethan hat, dass dieselben „den Beweis für die Vollständigkeit der Sehnervenkreuzung dieser Thiere führen, wie er vollgültiger und zwingender nicht gedacht werden kann.“¹ Wenn derselbe Forscher später auf Grund erneuter Experimente diesen Satz corrigiren musste und auch für das Kaninchen eine unvollständige Kreuzung nachwies, so liegt darin durchaus kein Grund vor, mit Manthner anzunehmen, dass die Erzeugung künstlicher Atrophie bei jungen Thieren nicht die richtige Methode war, um zu sicheren Schlüssen in Betreff des Chiasmabauens zu gelangen,² im Gegentheil sprechen gerade diese späteren Versuche Gudden's für seine Gewissenhaftigkeit als Experimentator und für die Vorzüglichkeit seiner Methode. Die Versuche, mit welchen Gudden den Nachweis des ungekreuzten Bündels beim Kaninchen führte, waren folgende. Wurde beim neugeborenen Thiere nach Entfernung des hinteren Theiles der Grosshirnhemisphäre „der ganze vorliegende Hirnstammtheil mit seinem Tractusantheile“ mittelst des scharfen Löffels herausgehoben und das Gehirn des Thieres sechs Monate später untersucht, so fand sich der Voraussetzung gemäss der verletzte Tractus vollständig atrophisch, gleichnamiger N. opticus und gekreuzter Tractus normal, in dem gekreuzten und in Folge der Verletzung des zugehörigen Tractus atrophischen N. opticus liess sich ein fadenförmiges ungekreuztes Bündel, sowohl makroskopisch als mikroskopisch an Osmiumpräparaten nachweisen. In noch schönerer Weise zeigte ein zweites Experiment Gudden's die Existenz des ungekreuzten Bündels. Entfernte man nämlich nach Abtragung des Stirnhirnes die eine Hälfte des Chiasma mit dem scharfen Löffel, so blieb an erwachsenen Thieren nichts vom Chiasma übrig als das ungekreuzte Bündel seinem ganzen Verlaufe entlang vom N. opticus bis in den Tractus opticus derselben Seite.³ Endlich spaltete Gudden am neugeborenen Thiere das Chiasma intracranial, worauf ebenfalls Isolirung beider ungekreuzten Bündel erfolgen musste.⁴ Indessen hat Michel neuerdings wie schon erwähnt, ohne die Versuche Gudden's einer Widerlegung zu unterziehen, wiederum für das Kaninchen den Bestand einer Totalkreuzung behauptet, so dass es gerade hier, wo das ungekreuzte Bündel so geringfügig sein sollte, von Interesse war, die neue Methode auf ihre Brauchbarkeit zu erproben. Der erste untersuchte Fall betraf ein Kaninchen, dem vor drei Wochen ein Auge enucleirt worden war, und dessen Chiasma auf Frontalschnitten untersucht wurde. Wie in den früher beschriebenen Fällen unterscheidet sich der degenerirte N. opticus durch seine Schwärzung scharf von dem normalen, und bietet besonders ein Frontalschnitt durch das Chiasma, welcher die Durchflechtung der geschwärtzten degenerirten Partien mit den normalen zeigt, wohl eines der schönsten und schärfsten mikroskopischen Bilder dar, welche man sehen kann. (Taf. III, Fig. 21.) Nach vollendeter Kreuzung erscheint der gekreuzte Tractus intensiv geschwärzt, während der Tractus der gleichnamigen Seite nur hie und da schwarze Pünktchen auf dem Querschnitte zeigt, so dass aus der Untersuchung der Frontalschnitte allein man beim Kaninchen die Partialkreuzung mit Sicherheit zu erkennen nicht im Stande wäre, da die Zahl der degenerirten Fasern, welche auf dem Querschnitte des Tractus zu sehen sind, eine sehr geringe ist, daher eine Verwechslung mit zufälligen Niederschlägen eventuell möglich wäre.

Zweifellos dargethan wird aber die partielle Kreuzung bei der Untersuchung des nach Enucleation eines Auges mit Marchi's Methode behandelten Kaninchenchiasma auf Horizontalschnittreihen. Man findet

¹ Archiv für Ophthalmologie, XX, II, S. 261.

² Gehirn und Auge, S. 434.

³ Archiv für Ophthalmologie, XXV. Bd. I, S. 14815, Taf. I, Fig. 283.

⁴ Tageblatt der Naturforscherversammlung in Strassburg, 1885.

hiebei, dass an den ersten, also basal gelegenen Schnitten, die Degeneration sich nur im gekreuzten Tractus opticus nachweisen lässt, weiter dorsalwärts jedoch erscheinen im gleichnamigen Tractus degenerierte, nicht allzu spärliche Fasern, welche über die ganze Breite des genannten Tractus verbreitet sind, sowohl am Hauptstamme des degenerierten N. opticus als auch an der äussersten Lamelle des Chiasma abgehen, zum grössten Theile die Mitte des Tractus einnehmen, an keiner Stelle desselben aber etwa ein geschlossenes Bündel darstellen. (Taf. III, Fig. 22.) Der N. opticus der normalen Seite in den angezogenen Präparaten ist vollkommen frei von Schwärzung, auch lässt die charakteristische Anordnung der geschwärzten Substanz in Längsreihen den Gedanken an eine Verwechslung mit den eingangs erwähnten Tröpfchen nicht aufkommen.

Dieselben Veränderungen konnten wir an einem Kaninchenchiasma constatiren, welches drei Monate nach erfolgter Augenenucleation zur Untersuchung kam. Doch ist das hier zu beobachtende Bild nicht so elegant wie bei den kürzere Zeit nach der Operation untersuchten Fällen. Statt der offenbar in der Richtung der degenerierten Fasern angeordneten schwarzen Schollen, welche noch die ursprüngliche Form der degenerirenden Nerven einhalten, finden sich unförmliche grössere schwarze Klumpen über den Tractus verbreitet. Wahrscheinlich erfolgt nach längerer Zeit Verschmelzung der kleineren Fetttropfen zu grösseren Tropfen.

6. Das Chiasma des Hundes.

Könnte die Frage nach dem Bestand einer partiellen oder totalen Kreuzung beim Kaninchen erst bei genauer Untersuchung von Horizontalschnittreihen entschieden werden, so macht ihre Beantwortung beim Hunde nicht die geringsten Schwierigkeiten. Verfolgt man eine Reihe von Frontalschnitten von vorne nach hinten durch das Chiasma, so begegnet man wiederum auf Schnitten, die durch das Chiasma selbst gelegt sind, dem charakteristischen Bilde der „strohmattenartigen“ Durchflechtung der geschwärzten degenerierten, mit den hellbräunlichen normalen (Taf. III, Fig. 24, 25); und nach vollendeter Kreuzung ist beim Hunde die Partialkreuzung leicht zu erkennen. Während der gekreuzte Tractus opticus intensiv geschwärzt erscheint, zeigen sich auch dem gleichnamigen Tractus reichliche geschwärzte Fasern beigemischt. (Taf. III, Fig. 26, und 27, Taf. IV, Fig. 28.) Diese degenerierten Fasern sind an Zahl zweifellos geringer als im gekreuzten Tractus, erscheinen jedoch auch hier nicht in Form eines geschlossenen Bündels, sondern sind gleichmässig den normalen Fasern des gleichnamigen Tractus beigemischt. In noch deutlicherer Weise ist die Partialkreuzung an Horizontalschnitten durch das Chiasma zu erkennen. Man sieht auch hier die degenerierten, geschwärzten Fasern sich zum grössten Theil in den gekreuzten, zum geringeren Theil in den gleichnamigen Tractus begeben, wo sie sich gleichmässig über den Tractus verbreiten, ohne sich zu einem besonderen geschlossenen Bündel zu vereinigen. (Taf. III, Fig. 27.) Wir wollen es nicht unterlassen, zu erwähnen, dass in den erst beschriebenen Präparaten vom Hunde der normale N. opticus nicht frei war von den in der Einleitung beschriebenen Tröpfchen; aber gerade in solchen Präparaten zeigt es sich auf das deutlichste, dass eine Verwechslung dieses Phänomens mit der echten Degeneration, insbesondere an Längsschnittpräparaten nicht möglich ist, da insbesondere die eigenthümliche longitudinale, der Faserichtung entsprechende Anordnung der geschwärzten Partien bei der Degeneration dieselbe leicht und sicher erkennen lässt.

In dem zuletzt beschriebenen Präparate war der normale N. opticus frei von jeder Schwärzung.

7. Das Chiasma der Katze.

Hat der ungekreuzte Tractusantheil beim Hunde bereits eine bedeutende Faseranzahl, so ist derselbe bei der Katze noch mächtiger entwickelt. Horizontalschnitte durch das Katzenchiasma nach Enneleation eines Auges mit Marchi's Methode behandelt, geben folgendes Bild. (Taf. IV, Fig. 29.) Der intensiv geschwärzte, der operierten Seite angehörige N. opticus entsendet einen grossen Theil seiner Fasern in den

gekreuzten Tractus, zugleich aber tritt ein bedeutender Antheil seiner Fasern in den Tractus derselben Seite ein. Diesen ungekreuzten Tractusantheil konnten wir auf Schrägschnitten durch den Tractus bis zu seiner Einstrahlung in das Corpus geniculatum externum verfolgen. (Taf. IV, Fig. 30.)

Noch auf einen Punkt sei gelegentlich der Beschreibung der Präparate vom Katzenchiasma aufmerksam gemacht.

Es eignen sich sonst die mit der Marchi'schen Methode behandelten Präparate nicht besonders zur Verfolgung der Richtung der einzelnen Nervenfasern inmitten eines Gewirres anderer degenerirter Nervenfasern, da die Schwärzung ja niemals die Markscheide im Ganzen, sondern nur discontinuirlich angeordnete Bestandtheile derselben betrifft. Bei dem eben beschriebenen Katzenchiasma ist dies nicht so (das Chiasma gehört einer erwachsenen Katze an, bei jungen Katzen ist das Verhältniss ein anderes), sondern es betrifft die Schwärzung ausgedehnte zusammenhängende Partien der Markscheide, so dass man auch über die Richtung der einzelnen Fasern ein annäherndes Urtheil fällen kann. Es ist nur sehr auffallend, dass man eine grosse Anzahl geschwärzter Fasern sich an der Innenseite des degenerirten N. opticus ablösen und nach dem Eintritt in das Chiasma die Richtung nach dem gleichnamigen Tractus opticus einschlagen sieht. Dieses Verhalten spricht entschieden für die Eingangs erwähnte Ansicht Gudden's über den Faserverlauf im Chiasma. Sehr schön ist auch an unseren Präparaten die von Michel am Katzenchiasma beschriebene Schleifenbildung zu sehen.

Auch bei der Katze wie beim Hund und Kaninchen tritt der ungekreuzte Tractusantheil nicht in Form eines geschlossenen Bündels auf, sondern die demselben angehörigen Nervenfasern vertheilen sich über den ganzen Tractusquerschnitt.

Fassen wir also unsere Befunde zusammen, so ergab sich totale Kreuzung der Sehnerven bei den Vögeln (auch bei der Eule trotz des gemeinschaftlichen Schfeldes), von den untersuchten Säugern totale Kreuzung bei der Maus und dem Meerschweinchen, hingegen partielle Kreuzung bei Kaninchen, Hund und Katze, wobei sich herausstellte, dass der ungekreuzte Tractusantheil des Kaninchens eine geringere, der des Hundes und der Katze eine sehr starke Faseranzahl aufweist.

Hiermit hatten wir, woran wir gleich anfangs nicht zweifelten, die Resultate Gudden's, was die That-sachen selbst betrifft, vollkommen bestätigt, insoferne nämlich bei Kaninchen, Hund und Katze von uns ein ungekreuzter Tractusantheil zweifellos nachgewiesen wurde. In grellem Widerspruche jedoch standen unsere Befunde zu denen Gudden's und Gansser's in der Hinsicht, dass die letzteren Forscher beim Kaninchen und der Katze den ungekreuzten Tractusantheil als geschlossenes Bündel darstellen konnten. Waren unsere Befunde durchaus unzweideutig, so konnte andererseits an der Exaetheit der Experimente der genannten Forscher ebenfalls nicht gezweifelt werden. Waren aber unsere Befunde sowohl als die der letztgenannten Experimentatoren richtig, dann konnte die bestehende Differenz nur in den von uns angewandten Methoden liegen.

Bei der von Gudden angewendeten Methode wird am neugeborenen Thier das Auge entfernt, es kommt hierauf der Nerv und die hinzugehörigen Tractusantheile gar nicht zur Entwicklung und blos ein durchsichtiges lockeres Bindegewebe repräsentirt alles, was von dem genannten Organ übrigbleibt. Besitzt nun das Kaninchen wie wir das mit der Marchi'schen Methode nachweisen konnten, einen ungekreuzten Tractusantheil, welcher aus über den Tractus zerstreuten Nervenfasern besteht, so muss bei Anwendung der Gudden'schen Methode Folgendes geschehen: In dem nach Enucleation des einen Auges nicht zur Entwicklung gelangenden gekreuzten Tractus werden sich in dem in Folge der Atrophie gleichsam entstehenden leeren Raum die zerstreuten Nervenfasern des ungekreuzten Tractusantheils zusammenlegen und die Existenz eines geschlossenen ungekreuzten Bündels gewissermassen vortäuschen. Solche secundäre Verschiebungen in den mit der Gudden'schen Methode behandelten Organen sind von Gudden und seinen Schülern selbst wiederholt beschrieben und insbesondere von Mayser mit dem Namen der „topischen Compensation“

bezeichnet worden. Es war nun diese, den Widerspruch zwischen unseren und den Beobachtungen der Gudden'schen Schule lösende Hypothese durch das Experiment zu beweisen. Dieser Beweis wurde von uns zuerst am Kaninchen geführt. An einem Wurf neugeborener Kaninchen wurde gleich nach der Geburt ein Auge entfernt, vier bis fünf Wochen später, nachdem die Thiere erwachsen waren, das zweite enucleirt und nach weiteren drei Wochen das Thier getödtet und das Chiasma nach Marchi's Methode untersucht. Es musste hierauf, war unsere Voraussetzung richtig, folgendes Bild gefunden werden. Auf Horizontalschnitten musste der eine am neugeborenen hier durchschnittenen Sehnerv eine schmale blassbräunliche Bindegewebslamelle darstellen. Der andere Sehnerv musste intensiv geschwärzt erscheinen und im Chiasma musste dessen Theilung in einen mächtigen gekreuzten und in einen sehr schmalen ungekreuzten Tractusantheil erfolgen, welcher letztere als schmales, intensiv schwarzes, geschlossenes Bündel der blassbraun gefärbten Gudden'schen Commissur anfliegen musste. Wie vollständig diese Erwartung durch das Experiment erfüllt wurde, zeigt Taf. III, Fig. 23, welche einen Horizontalschnitt etwa durch die Mitte eines in dieser Weise untersuchten Kaninchenchiasma darstellt. Der rechte N. opticus stellt ein schmales Bindegewebsband ohne jegliche Nervenfasern dar, welches sich in dem Marchi'schen Reagens blassbräunlich gefärbt hat, der linke N. opticus erscheint intensiv geschwärzt, ebenso der rechte Tractus. An der Stelle des linken Tractus zeigt sich die breite, gut entwickelte, normal gebliebene, daher blassbraun gefärbte Gudden'sche Commissur (Fig. 23a), auf welcher nun in der That der Voraussetzung gemäss ein äusserst schmales, intensiv geschwärztes, geschlossenes Faserbündel anfliegt, beziehungsweise theilweise seine Fasern mit derselben mischt, welches im linken lateralen Winkel des Chiasma von dem degenerirten N. opticus sich abtrennt, um sich zu dem Tractus derselben Seite zu begeben (Fig. 23b). Vortrefflich illustriren die angezogenen Präparate auch die Beziehung des Tractus zur Gudden'schen Commissur. Man sieht nämlich, dass sich die Fasern der Gudden'schen Commissur innig mit denen des hinteren Tractusantheiles mischen, selbst einige Fasern des ungekreuzten Tractusantheiles treten in die Gudden'sche Commissur ein. In gleicher Weise überzeugende Bilder erhält man an Frontalschnittserien eines gerartig präparirten Chiasma. Man sieht an den vor dem Chiasma gelegenen Schnitten (Taf. IV, Fig. 31) die höchst charakteristischen Querschnitte, beider Nn. optici, den in Grösse und Form normal entwickelten intensiv geschwärzten Querschnitt des am erwachsenen Thiere durchschnittenen Sehnerven neben dem ausserordentlich kleinen, hellbraun tingirten Querschnitt des am neugeborenen Thiere durchschnittenen. Vor dem Chiasma treten beide Nerven dicht aneinander (Taf. IV, Fig. 32), an der Stelle des Chiasma selbst aber ist von einer Durchflechtung von Fasern selbstverständlich nicht die Rede, da dieselben in dem atrophischen N. opticus vollständig fehlen und man sieht nun die geschwärzten Fasern des einen Sehnerven schräg hinüberziehen zum gekreuzten Tractus. Gleich an den ersten Frontalschnitten, welche durch dieses rudimentäre Chiasma gelegt werden, begegnet man dem von dem degenerirten Nerven in Form eines ziemlich compacten geschwärzten Faserzuges zu dem Tractus derselben Seite, welcher nur aus der Gudden'schen Commissur und dem genannten Bündel besteht, hinziehenden ungekreuzten Tractusantheil (Taf. IV, Fig. 33), welcher an weiter nach hinten gelegten Frontalschnitten, wo die Kreuzung vollendet ist, und wo in Folge des schrägen Verlaufes der Commissur nur Schrägschnitte derselben im Präparate auftreten, als mantelförmig der letzteren aufsitzende geschwärzte Zone in Erscheinung tritt (Taf. V, Fig. 35). Auch an dem gekreuzten Tractus erkennt man an den medianwärts gelegenen Partien die normalen, jedoch reichlich mit degenerirten Fasern untermischten Fasern der Gudden'schen Commissur (Fig. 35).

An noch weiter rückwärts gelegenen Frontalschnitten gelingt es, ohne Schwierigkeit an beiden Seiten die degenerirten Fasern des Tractus opticus bis zu ihrem Eintritt in den Sehhügel zu verfolgen (Taf. V, Fig. 36).

Während jedoch in der Sehnervenfaserschicht des gekreuzten vorderen Vierhügels noch deutlich Schwärzung nachweisbar erscheint (Taf. IV, Fig. 34), lässt sich dieselbe in dem atrophischen gleichnamigen Vierhügel mit Sicherheit nicht mehr erkennen, was bei der geringen Faseranzahl des ungekreuzten Tractusantheiles nicht Wunder nehmen kann.

Durch diese, mit Combination der Gudden'schen und der durch Anwendung des Marchi'schen Reagens verfeinerten Waller'schen Methode angestellten Versuche ist nicht nur, wie uns scheint, ein unwiderleglicher Beweis für den Bestand einer Partialkreuzung im Chiasma des Kaninchens geliefert, sondern auch der scheinbare Widerspruch zwischen den von uns oben mitgetheilten Befunden am Kaninchenchiasma und den Gudden'schen in vollständig befriedigender Weise gelöst. Es besteht sicherlich kein compact geschlossener ungekreuzter Tractusantheil, sondern derselbe besteht aus zerstreuten, über den Tractus derselben Seite sich ohne Regel vertheilenden Fasern. Untersucht man aber nach Gudden's Methode hergestellte Präparate, so treten diese ungekreuzten Tractusfasern aus den schon mitgetheilten Gründen als geschlossenes Bündel in der von Gudden beschriebenen und auch von uns constatirten Weise in Erscheinung, als ein durch die Methode selbst bedingtes Kunstproduct.

Was nun die Ausführung desselben Versuches an der Katze betrifft, so war vorauszusehen, dass das Endergebniss desselben nicht so überraschend schematisch (wenn der Ausdruck erlaubt ist) sein konnte wie beim Kaninchen. Wie man an Horizontalschnitten durch das Chiasma einer erwachsenen Katze sieht, der ein Auge enucleirt wurde, ist der ungekreuzte Tractusantheil von grosser Mächtigkeit und mischt sich gleichmässig mit den Fasern des Tractus und der Gudden'schen Commissur (Taf. IV, Fig. 29). Enucleirt man nun einer neugeborenen Katze ein Auge, so wird man am erwachsenen Thiere, dessen übrig gebliebenes Auge enucleirt und dessen Chiasma mit Marchi's Reagens untersucht wurde, folgendes Bild erwarten können: Auf der einen Seite wird der atrophische N. opticus wieder die bekannte hellbraune Bindegewebslamelle darstellen, auf der anderen der degenerirte intensiv geschwärzt erscheinen und sich im Chiasma in zwei compacte Antheile theilen, von denen der eine etwas schwächere auf derselben Seite bleibt, der stärkere sich in den gekreuzten Tractus begibt. Je nach der Richtung des Schnittes wird man auch Präparate erhalten können, in welchen beide Tractus annähernd gleich stark erscheinen. Es kann also das so überraschende Bild des als schmales Bündel der Gudden'schen Commissur aufliegenden ungekreuzten Tractusantheiles, wie ihn das Kaninchenchiasma zeigt, nicht erwartet werden. Wir haben den Versuch an drei Kätzchen desselben Wurfes ausgeführt, welchen gleich nach der Geburt das eine, 3—4 Wochen später das andere Auge enucleirt wurde, und welche einige Wochen nach dem letzten Eingriffe getödtet und mit dem Marchi'schen Reagens untersucht wurden.¹

Bevor wir zur Darstellung des mikroskopischen Befundes schreiten, müssen wir auf den höchst merkwürdigen makroskopischen Befund an den Gehirnen dieser Kätzchen aufmerksam machen, welcher allein schon genügt, einen vollständig sicheren und klaren Beweis für die Partialkreuzung zu liefern. Bei der

¹ Wir können nicht umhin, darauf hinzuweisen, in wie weitreichender Weise der Gehörsinn bei der Katze den Gesichtssinn zu ersetzen im Stande ist. Von den drei auf die angegebene Weise operirten Kätzchen waren zwei immer träge und wenig zum Spielen mit hingeworfenen Objecten angelegt, das dritte jedoch zeigte sich sehr munter und geweckt, und so konnte man wiederholt Versuche mit ihm anstellen, welche die Schärfe seines Gehörsinnes und die Fähigkeit, mit Hilfe desselben zu localisiren auf's Schönste zeigten. Liess man, während das Thier in der einen Zimmerecke ruhig lag, einen weichen Gummiball ganz leicht ohne anzuschlagen über den Fussboden hinrollen, so eilte das Thier ohne auch nur einen Augenblick zu zögern, oder sich in der Richtung zu irren, demselben über das ganze Zimmer nach und erreichte ihn mit einer Sicherheit, die nicht geringer schien, als die eines sehenden Thieres. Liess man das Ende eines stärkeren Zwirnfadens über den Fussboden hinstreifen, ein Geräusch, welches dem menschlichen Ohre nicht hörbar ist, so folgte das Thier aufmerksam und mit grösster Genauigkeit den Bewegungen desselben und haschte denselben mit grösster Gewandtheit. Besonders überraschend gestaltete sich der Versuch, wenn man den Faden rasch im Kreise um das Thier herumführte und dabei schnell die Richtung des beschriebenen Kreisbogens änderte. Mit der grössten Präcision folgte das Thier den Bewegungen des Fadens mit einer solchen Geschwindigkeit und haschte denselben so sicher, dass wiederholt geübte Beobachter, denen das Thier gezeigt wurde, dasselbe in die Höhe hoben, um sich davon zu überzeugen, dass es wirklich keine Augen besitze. Da in der modernen Gehirnphysiologie es oft von Wichtigkeit ist, nachzuweisen, ob ein Thier nach diesem oder jenem Eingriffe sieht oder nicht, mag es gestattet sein, hier auf dieses vicarirende Eintreten des Gehörsinnes für den Gesichtssinn hinzuweisen, wenn auch das Gehör des Hundes, des gewöhnlichen Versuchsthieres der Gehirnphysiologen, dem der Katze kaum an Schärfe nahekommen dürfte. Leider ist es uns während des ganzen Jahres nicht möglich gewesen, eine trüchtige Hündin anzutreiben, um denselben Versuch — was uns natürlich in erster Linie vom anatomischen Standpunkte wichtig gewesen wäre — am Hunde auszuführen.

Betrachtung der Basis dieser Gehirne ergab sich nämlich folgender Befund. Der rechte N. opticus (das rechte Auge war den Tag nach der Geburt enucleirt worden) stellt ein hellgranes durchscheinendes Gebilde dar, der linke N. opticus hingegen zeigt normale weisse Färbung.

Am Chiasma angelangt sieht man nun aufs deutlichste (und an allen drei Thieren wurde dieselbe Beobachtung wiederholt), wie sich der linke N. opticus zum grossen Theile in den gekreuzten Tractus fortsetzt (es dürfte etwas mehr als die Hälfte des Sehnerven sein), während in einem spitzen Winkel der Rest desselben in den gleichnamigen Tractus übergeht. Die Gudden'sche Commissur ist an dieser Stelle von beiden Tractusantheilen aufs deutlichste getrennt und vermischt sich erst weiter lateralwärts mit denselben (Taf. V, Fig. 37). Sie bildet die Basis eines sich von der hellweissen Farbe des Chiasma durch seine graue Farbe deutlich abhebenden Dreieckes, dessen beide Schenkel von den Tractuswurzeln des Chiasma gebildet werden. Diese Erscheinung ist auf die starke Schrumpfung zurückzuführen, welche ein in Waller'scher Degeneration begriffener Nerv erfährt. Es besteht nämlich das Chiasma eines Thieres, welchem am Tage nach der Geburt ein Auge entfernt wurde, am erwachsenen Thiere aus den beiden Tractusantheilen des übrigbleibenden Sehnerven, welche der Gudden'schen Commissur direct aufliegen. Wird nun der übrig gebliebene Sehnerv durchgeschnitten und degenerirt, so verschmälern sich die beiden Tractusantheile rasch, während die Gudden'sche Commissur normal bleibt, es kommt daher zwischen den verschmälerten Tractuswurzeln zur Bildung einer dreieckigen Lücke, durch welche die graue Hirnbasis hindurchschimmert. Für diejenigen, welche mit den Thatsachen der secundären Degeneration nicht aus eigener Anschauung bekannt sind und denen ein Zeitraum von 3—4 Wochen zu klein scheinen dürfte, eine solche Schrumpfung herbeizuführen, sei bemerkt, dass diese in der That eine bedeutende ist. Auf Rückenmarksquerschnitten von Hunden, denen einseitig einige Spinalganglien extirpirt wurden, kann man bereits drei Wochen nach der Operation den gleichnamigen Hinterstrang an der betreffenden Stelle bis auf die Hälfte geschrumpft sehen.

Die mikroskopische Untersuchung der Chiasmen der letztgenannten Thiere bestätigte ebenfalls vollkommen die gemachte Voraussetzung. Man sieht rechts den blassbraunen atrophischen N. opticus, links den geschwärtzten degenerirten, welcher sich in zwei Theile theilt, von denen der eine stärkere in den gekreuzten, der andere schwächere in den ungekreuzten Tractus eintritt (Taf. V, Fig. 38—41). An der Basis beider ist die gut entwickelte Gudden'sche Commissur kenntlich. Der hauptsächlichste Unterschied der Präparate von dem oben beschriebenen und abgebildeten bei Enucleation an der erwachsenen Katze ist der, dass beide degenerirte Tractus compacte Bündel darstellen, ohne Beimischung normaler Fasern. Bei Verfolgung von Horizontalschnittserien durch diese Chiasmen trat noch eine eigenthümlichen Erscheinung hervor. Gleich an den ersten Schnitten schiebt sich nämlich zwischen die beiden degenerirten Tractuswurzeln eine Ansammlung grauer Substanz ein, welche an den folgenden Schnitten verschwindet, so dass eine Lücke entsteht, welche nach unten mit dem Recessus des dritten Ventrikels communicirt, der sich in das Tuberculum und die Hypophysis erstreckt. An einzelnen Präparaten macht es den Eindruck, als ob dieses zuerst von Michel beim Menschen und Hunde, dann von Ganser bei der Katze beschriebene Vordringen des Recessus des dritten Ventrikels gegen das Chiasma die Ursache der ebenfalls von Michel bei der Katze zuerst beschriebenen Schleifenbildung der Tractusfasern wäre, so zwar, dass die letzteren dem sich gegen das Chiasma vordringenden Recessus im Bogen ausweichen würden (Taf. V, Fig. 39). Die beiden degenerirten Tractus lassen sich selbstverständlich nach oben bis zu ihrer Einsenkung in die Thalami optici und Corpora geniculata ohne Schwierigkeit verfolgen (Taf. V, Fig. 42). Auf ein merkwürdiges Verhalten muss noch aufmerksam gemacht werden, nämlich auf die Thatsache, dass im Gegensatze zum Kaninchen sich bei der Katze keine Schwärzung in dem vorderen Vierhügel nachweisen lässt.

Zum Schluss noch einige Worte, den Tractus peduncularis Gudden's betreffend.

Neue Daten in Bezug auf diesen eigenthümlichen Faserzug beizubringen, sind wir nicht im Stande, es sei nur erwähnt, dass wir denselben nach Enucleation des Auges an neugeborenen Kaninchen auf der gekreuzten Seite geschwunden, an erwachsenen degenerirt fanden.

Fassen wir zum Schlusse unsere Ergebnisse kurz zusammen, so besteht totale Kreuzung am Chiasma bei den Vögeln, beim Meerschweinchen und der Maus. Mit Rücksicht auf den anfänglichen Irrthum Gudden's beim Kaninchen wäre bei den letzten zwei Thieren noch der von uns beim Kaninchen und der Katze ausgeführte Versuch der Combination der Gudden'schen und der Waller'schen Methode unter Anwendung des Marchi'schen Reagens zu wiederholen, um sich zu überzeugen, ob nicht doch etwa auch bei diesen Thieren ein geringer ungekreuzter Tractusantheil besteht, jedenfalls müsste derselbe noch viel geringer sein als beim Kaninchen. Sobald uns wieder junge Mäusebrut zur Verfügung steht, soll dieser Versuch nachgeholt werden. Zweifellose partielle Kreuzung hingegen konnten wir beim Kaninchen, Hund und bei der Katze constatiren, und ist es uns, wie man wohl zugeben dürfte, gelungen, auch den scheinbaren Widerspruch zwischen Gudden's und unseren Angaben bezüglich der Lage des ungekreuzten Tractusantheiles im Tractus selbst in befriedigender Weise zu lösen.

Bezüglich der Lage der betreffenden Fasern im N. opticus selbst geben natürlich die mitgetheilten Versuche keinen Aufschluss.

Es soll in einer neuen Untersuchung festgestellt werden, ob bei Durchschneidung des Tractus hinter dem Chiasma, ein Versuch, der bei Tauben leicht gelingt, Degeneration im gekreuzten Opticus auftritt; sollte dies der Fall sein (einige vorläufige Versuche scheinen das Gegentheil zu lehren), so wird der Versuch zu machen sein, auch bei Thieren mit Partialkreuzung auf eine Methode zu sinnen, den Tractus intracraniell zu durchschneiden und dann mit Hilfe der Waller'schen Methode, dieser ältesten und untrüglichsten der neurologischen Methoden, auch diese letzte Frage zu lösen.

Gestützt auf die hier mitgetheilten Ergebnisse unserer Untersuchungen sind wir genöthigt, die Schlussfolgerungen der Eingangs erwähnten Michel'schen Monographie als unrichtig zu bezeichnen. Es wirft sich nun die Frage auf, wodurch der Irrthum Michel's hervorgerufen wurde. Es will uns scheinen, als ob die ausschliessliche Anwendung der Weigert'schen Methode Ursache dieses Irrthums geworden ist. Wir haben schon Eingangs unserer Arbeit flüchtig darauf hingewiesen, dass diese sonst einen bedeutenden Fortschritt in der neurologischen Technik darstellende Methode sich zur Untersuchung insbesondere zerstreuter degenerirter Fasern, sowohl in ihrer ursprünglichen Gestalt (und nur diese scheint Michel benützt zu haben), als auch in der Pal'schen Modification wenig eignet. Es mag sein, dass bei Anwendung gewisser Kunstgriffe man es dahin bringen kann, auch damit gute Resultate zu erlangen. So ist es gleich am Anfang unserer Untersuchungen einem von uns (Dr. Münzer) gelungen, von dem Rückenmarke eines Frosches, welchem einige hintere Wurzeln zwischen Ganglion und Rückenmark durchschnitten wurden, durch längeres Ausspülen der gefärbten Schnitte in concentrirter kohlensaurer Lithionlösung vor dem Einbringen in die Pal'sche Entfärbungsflüssigkeit Präparate von tadelloser Schönheit zu erhalten, an welchen die normalen Markcheiden blassbläulich, die degenerirten schwarz-violett bis schwarz erschienen. Man konnte an diesen Präparaten die Degeneration durch den betreffenden Hinterstrang aufs deutlichste bis zur Medulla oblongata verfolgen, was den Behauptungen Bechterew's und Rossolymow's gegenüber, welche die diesbezüglichen Angaben Singer's zu bestreiten sich veranlasst fanden, hier nur per parenthesis erwähnt sein soll. Weitere Versuche, am Hundrückenmark ähnliche Resultate mit der Weigert'schen Methode zu erzielen, wurden abgebrochen, als wir die bequeme Marchi'sche Methode kennen lernten, doch sollen dieselben wieder aufgenommen und seinerzeit darüber berichtet werden. Bevor man aber nicht über eine Modification der Methode verfügt, welche deren sichere Anwendung bei zerstreuten Degenerationen möglich macht, muss von ihrer Anwendung bei der Untersuchung Abstand genommen werden, oder man darf sich derselben nur bei Untersuchung von Centralorganen, an welchen durch Eingriff am Neugeborenen künstliche Atrophien erzeugt wurden, bedienen. Der Grund, wesshalb die Methode zu dem genannten Zwecke nicht brauchbar erscheint, ist wohl darin zu suchen, dass sie die bei der Waller'schen Degeneration entstehenden Markschollen in derselben Weise färbt, wie die normale Markscheide, wesswegen sich die degenerirten Fasern von den normalen nicht scharf genug abheben. Gelingt es wie in dem oben angegebenen Versuche am Froschrückenmark, die letzteren stärker zu entfärben, so wird sie ebenso brauchbare, wo nicht bessere Bilder

liefern als die Marehi'sche Methode. Zum Nachweis sclerosirter geschlossener Bahnen, wie z. B. der Kleinhirnseitenstrangbahn u. s. w. ist sie ohnehin vorzüglich verwendbar. Hätte es sich bei den von Michel untersuchten Thieren — auf den Menschen können wir wegen Mangel aus eigenen Erfahrungen nicht eingehen — wirklich, wie man annahm, um Existenz eines compacten geschlossenen Tractusantheiles gehandelt, so wäre es ihm mit Anwendung der Weigert'schen Methode zweifellos gelungen, die Atrophie desselben nachzuweisen, die Degeneration des nach unseren Versuchen bestehenden zerstreuten Tractusantheiles musste ihm entgehen.

Ob unsere mitgetheilten Versuche genügen werden, die etwa noch bestehenden letzten Zweifel an der Partialkreuzung der Sehnerven zu beheben, müssen wir der Zukunft überlassen; wir hoffen jedenfalls, insbesondere durch die Combination der Gundersen'schen mit der Waller-Marehi'schen Methode einen nicht werthlosen Beitrag zur Klärung der etwa noch dunklen Punkte dieser Lehre geliefert zu haben.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library (<http://www.biodiversitylibrary.org>)

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN

TAFEL I.

- Fig. 1. Längsschnitt durch den normalen Ischiadicus eines Kaninchens. *a* Fettgewebe. — Hartnack Oc. 3, Obj. 4.
 „ 2. Längsschnitt durch den Ischiadicus eines Kaninchens, welcher am lebenden Thiere gequetscht wurde. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 3. Längsschnitt durch den normalen Ischiadicus eines Kaninchens; Quetschung 24 Stunden nach dem Tode. — Hartn. Oc. 3, Obj. 4.
 „ 4. Zupfpräparat aus dem peripheren Stumpfe eines 2 Tage vorher durchschnittenen Kaninchen-Ischiadicus. — Hartn. Oc. 3, Obj. 5.
 „ 5. Längsschnitt aus dem peripheren Stumpfe eines Kaninchen-Ischiadicus, 9 Tage nach der Durchschneidung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 7.
 „ 6. Längsschnitt durch den centralen Stumpf eines Kaninchen-Ischiadicus, 9 Tage nach der Durchschneidung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 7. Stärker vergrösserte Partie aus demselben Präparate. — Hartn. Oc. 3, Obj. 7.
 „ 8. Längsschnitt durch den normalen Ischiadicus eines jungen Kaninchens. Normale Degeneration (S. Mayer). — Hartn. Oc. 3, Obj. 5.
 „ 9. Degenerirte Faser aus einem normalen Kaninchen-Ischiadicus. — Hartn. Oc. 3, Obj. 7.
 „ 10. Gehirn einer weissen Mans. Enucleation des linken Auges am Tage nach der Geburt; getödtet 2 Monate später. — Natürliche Grösse.
 „ 11. Längsschnitt durch den Beginn des Chiasma einer Taube. Enucleation des linken Auges, 3. X. 1887; getödtet 20. X. 1887. — Oc. 3, Obj. 2.
 „ 12. Längsschnitt durch das Chiasma derselben Taube. Mitte des Chiasmas. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.

TAFEL II.

- Fig. 13. Frontalschnitt durch die Zwielhügelgegend einer Taube, welcher das linke Auge 3 Wochen vor dem Tode enucleirt wurde. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.
 „ 14. Horizontalschnitt durch das Chiasma einer Eule (*Strix ulula*). Enucleation des linken Auges, 29. XI. 1887; getödtet 21. XII. 1887. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.
 „ 15. Frontalschnitt durch die Nervi optici einer weissen Mans. Enucleation des linken Auges, 8. X. 1887; getödtet 27. X. 1887. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 16. Frontalschnitt durch das Chiasma derselben Mans. Beginn der Kreuzung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 17. Frontalschnitt durch die Tractus optici derselben Maus. Ende des Chiasmas. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 18. Frontalschnitt durch das Gehirn derselben Maus in der Gegend der Thalami optici. *a* Gudden'sche Commissur. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.
 „ 19. Frontalschnitt durch das Gehirn derselben Maus in der Gegend der vorderen Vierhügel.

TAFEL III.

- Fig. 20. Längsschnitt durch das Chiasma eines Meerschweinchens. Enucleation des linken Auges, 6. XII. 1887; getödtet 23. XII. 1887. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 21. Frontalschnitt durch den Beginn des Chiasma eines Kaninchens. Enucleation des rechten Auges, 5. X. 1887; getödtet 24. X. 1887. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 22. Horizontalschnitt durch das Chiasma eines Kaninchens. Enucleation des rechten Auges, 14. XI. 1887; getödtet 7. XII. 1887. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 23. Horizontalschnitt durch das Chiasma eines Kaninchens. Enucleation des rechten Auges am Tage nach der Geburt (17. I. 1888), des linken Auges 20. II. 1888; getödtet 13. III. 1888. *a* Gudden'sche Commissur, *b* ungekreuzter Tractusantheil. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 24. Frontalschnitt durch die Nervi optici eines Hundes. Enucleation des linken Auges, 3. X. 1887; getödtet 27. X. 1887. — Hartn. Oc. 3, Obj. 4.

- Fig. 25. Frontalschnitt durch den Beginn des Chiasma desselben Thieres. — Hartn. Oc. 3, Obj. 4.
 „ 26. Frontalschnitt durch das Chiasma desselben Thieres gegen Ende der Kreuzung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 27. Horizontalschnitt durch das Chiasma eines Hundes. Enucleation des linken Auges, 14. XI. 1887; getödtet 9. XII. 1887. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.

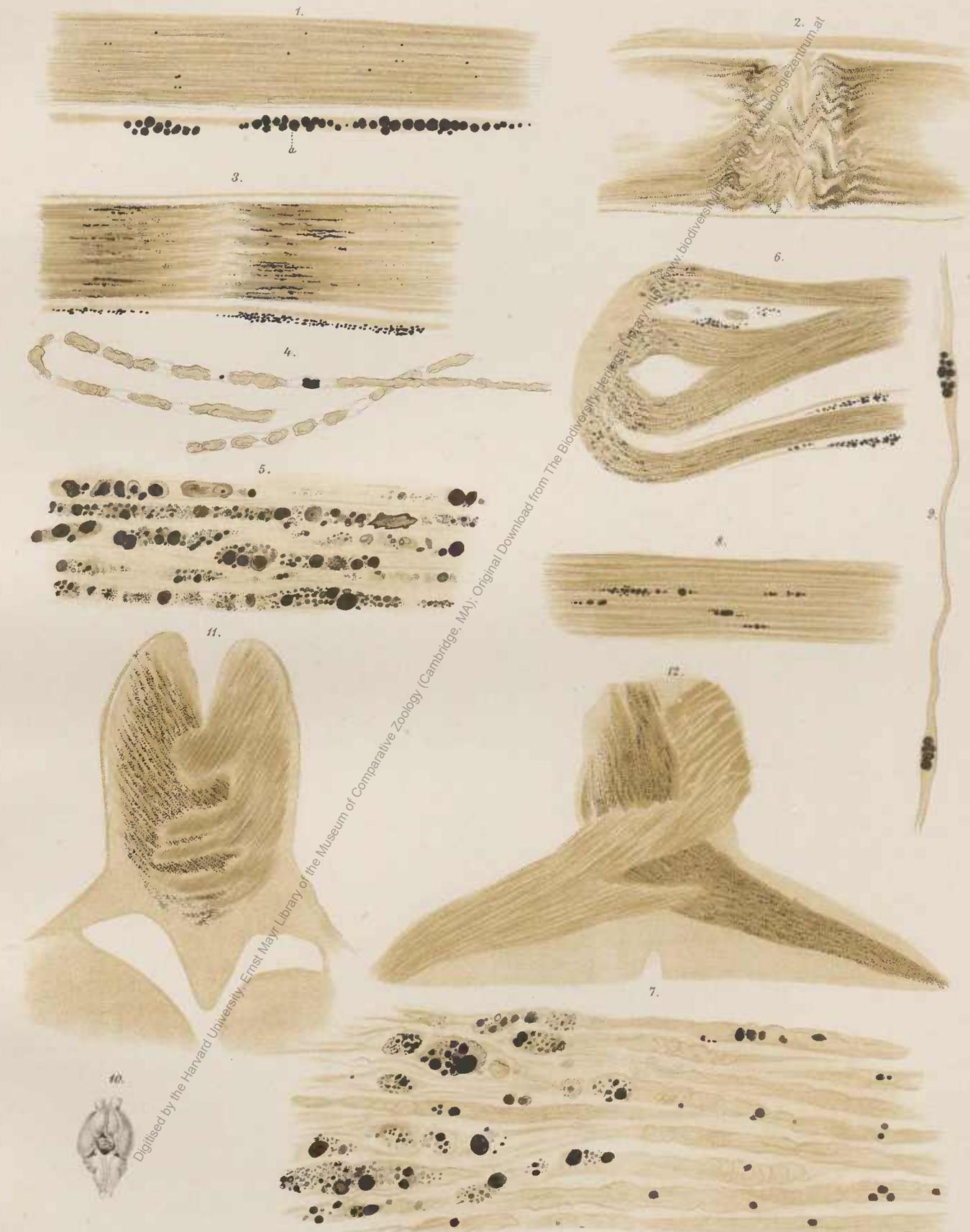
TAFEL IV.

- Fig. 28. Frontalschnitt durch das Chiasma eines Hundes. Enucleation des rechten Auges, 3. X. 1887; getödtet 27. X. 1887. Nach vollendeter Kreuzung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 29. Horizontalschnitt durch das Chiasma einer Katze. Enucleation des linken Auges, 18. I. 1888; getödtet 7. II. 1888. *a* Schleifenbildung, *b* Querschnittswirkung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 30. Frontalschnitt durch den linken Tractus opticus desselben Thieres. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.
 „ 31. Frontalschnitt durch die Nn. optici eines Kaninchens. Enucleation des rechten Auges am Tage nach der Geburt (17. I. 1888), des linken Auges, 24. II. 1888; getödtet 17. III. 1888. — Hartn. Oc. 3, Obj. 3.
 „ 32. Frontalschnitt durch den Beginn des Chiasma desselben Kaninchens. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 33. Frontalschnitt durch das Chiasma desselben Thieres. *a* Ungekreuzter Tractusantheil. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 34. Frontalschnitt durch die vordere Vierhügelgegend desselben Thieres. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.

TAFEL V.

- Fig. 35. Frontalschnitt durch die Tractus optici desselben Kaninchens (Fig. 31—34), nach vollendeter Kreuzung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 36. Frontalschnitt durch die Thalami optici desselben Kaninchens. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.
 „ 37. Ansicht der Gehirnbasis einer Katze. Enucleation des rechten Auges am Tage nach der Geburt (15. III. 1888), des linken Auges 20. IV. 1888; getödtet 12. V. 1888.
 „ 38, 39, 40. Aufeinanderfolgende Horizontalschnitte durch das Chiasma derselben Katze. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 41. Horizontalschnitt durch die Tractus optici derselben Katze nach vollendeter Kreuzung. — Hartn. Oc. 3, Obj. 2.
 „ 42. Frontalschnitt durch die Thalami optici derselben Katze. — Hartn. Oc. 3, Obj. 1.

¹ Fig. 31, 32, 33, 35, 36 sind in der Ansicht von vorn, Fig. 34 in der Ansicht von rückwärts gezeichnet.



Reisek del.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at



Reisek del.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at



Reisek del.

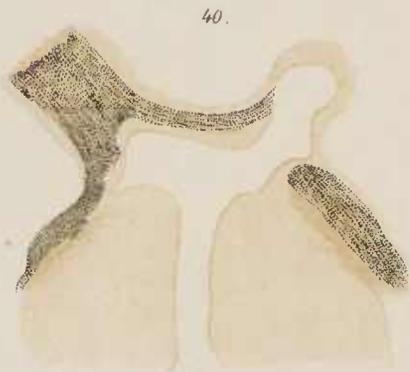
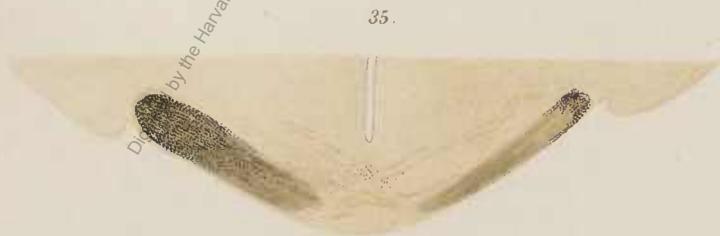
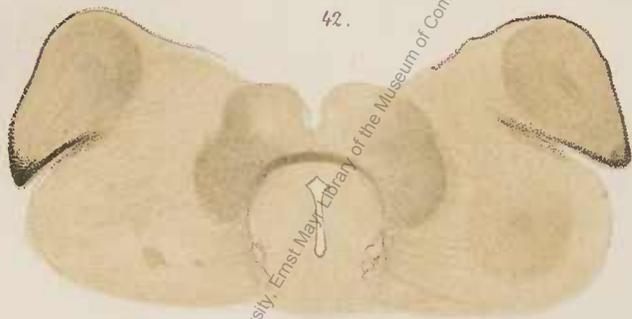
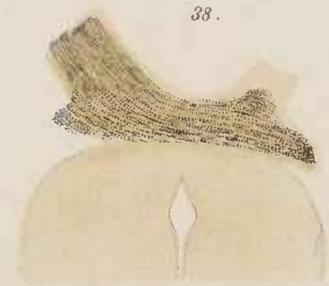
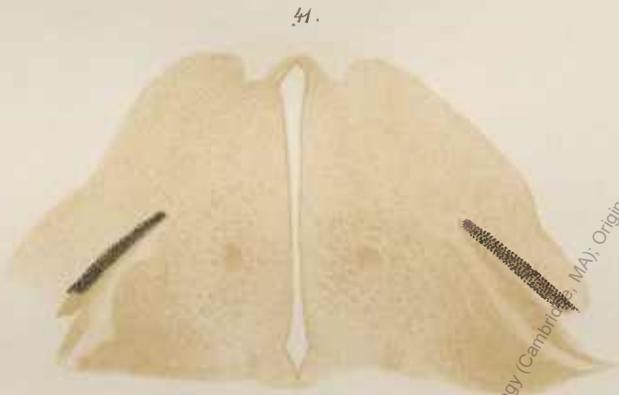
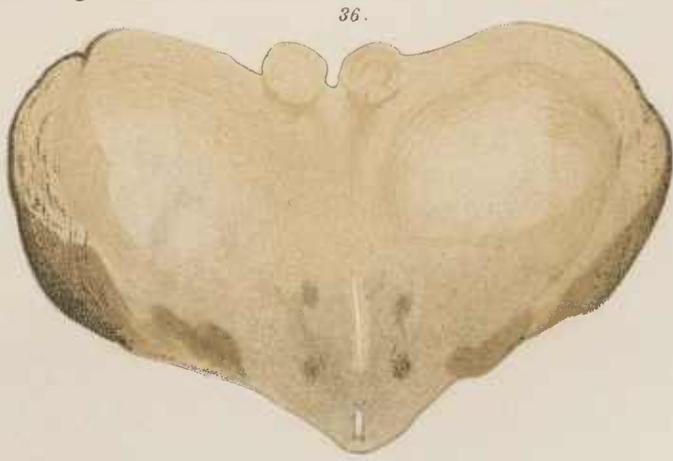
Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at



Reisek del.

Lith. Anst. v. Th. Barrwarth, Wien, VI. Bez.

Digitised by the Harvard University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA); Original Download from The Biodiversity Heritage Library <http://www.biodiversitylibrary.org/>; www.biologiezentrum.at



Reisek del.

Lith. Anst. Th. Sannwald, Wien, VII. Bez.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [55_2](#)

Autor(en)/Author(s): Singer Jakob, Münzer Egmont

Artikel/Article: [Beiträge zur Kenntnis der Sehnervenkreuzung. \(Mit 5 Tafeln.\) 163-182](#)