

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes des Menschen und der Thiere

Müller, Johannes

Leipzig, 1826

III. Von der subjectiven Identität und Differenz der Gesichtsfelder bei dem
Menschen und den Thieren

III.

Von der

subjectiven Identität

und

Differenz der Gesichtsfelder

bei dem Menschen und den Thieren.

- 1) Von der subjectiven Einheit der Gesichtsfelder bei dem Menschen.
- 2) Von dem organischen Grund der subjectiven Einheit der Gesichtsfelder.
- 3) Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma der Sehnerven bei dem Menschen.
- 4) Von der subjectiven Identität und Differenz der Gesichtsfelder bei den Thieren.
- 5) Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma und der Kreuzung der Sehnerven bei den Thieren.
- 6) Uebersicht der Metamorphosen des Gesichtesorgans in der Thierwelt in physiologischer Beziehung.
- 7) Vergleichende Tabelle über den Unterschied der Divergenz der Augen bei den Wirbelthieren.
- 8) Von der Desorganisation der identischen und differenten Theile der Sehsinns substanz bei dem Menschen und den Thieren.
- 9) Von der monströsen Monophthalmie, oder der organischen Vereinigung der identischen Theile der Sehsinns substanz.

1) Von der subjectiven Einheit der Gesichtsfelder bei dem Menschen.

Einheit des Ortes.

Es ist ein Zeichen schlechter Selbstbeobachtung, wenn Gall und Andere behaupteten, daß wir wechselsweise immer nur mit einem Auge sähen. Wer an der gleichzeitigen Thätigkeit beider Augen während dem Sehen zweifeln kann, hat nie die so häufig in demselben Gesichtsfelde vorkommenden Doppelbilder der Gegenstände beobachtet. Mit der Widerlegung der Gall'schen Gründe wollen wir uns nicht aufhalten, weil wir eine von Rudolphi zur Genüge geleistete Arbeit nur wiederholen könnten. Es kommt uns aber hier zu, die Thatsachen des einfachen und doppelten Sehens bei dem Menschen aus Momenten der subjectiven Gesichtswelt gemäß unserm bisherigen Gange zu entwickeln.

Wenn man in dem Auge Lichtempfindung aufruft, indem man eine bestimmte Stelle des Auges und so mit der Netzhaut mit dem Finger drückt, so entsteht der der Druckstelle entsprechende feurige Kreis scheinbar an der entgegengesetzten Seite des Gesichtsfeldes. Fährt man peripherisch fortschreitend mit dem Drucke fort, so entsteht auch eine peripherische Reihe feuriger Kreise in dem Sehfelde, immer scheinbar an den entgegengesetzten Seiten des

Druckes, in den wahren Größen der afficirten Stellen der Netzhaut. Geschieht der Fingerdruck bei geschlossenen Augen auf den äußeren Seiten beider Augen, so erscheinen die beiden feurigen Kreise an den äußersten seitlichen Grenzen des verdunkelten Gesichtsfeldes, so daß die äußere Druckstelle des rechten Auges ihren Feuerkreis auf der äußern linken Seite, die äußere linke Druckstelle ihren Feuerkreis auf der äußern rechten Seite des subjectiven Sehfeldes hat. Geschieht der Druck an den inneren Seiten beider Augen, so liegen die feurigen Kreise wieder an den Extremen des Sehfeldes, so daß die innere Druckstelle des linken Auges ihren Kreis auf der äußern linken Seite, die innere Druckstelle des rechten Auges ihren Lichtkreis auf der äußern rechten Seite des subjectiven Sehfeldes entwickelt.

Weil uns die Anschauung des Vertlichen in diesen subjectiven Erscheinungen von großer Wichtigkeit ist, so mögen wir uns dieselbe in einer Zeichnung erleichtern.

In der 16. Figur der ersten Tafel entsprechen die beiden inneren Kreise der Peripherie beider Augen, auf welche der Druck geschieht, der größere jene umfassende Kreis entspreche dem subjectiven gemeinsamen Sehfelde, dessen Beziehungen zu den beiden Augen in Hinsicht des Ortes wir erörtern wollen. Geschieht nun der Druck in c und d, so erscheinen die Lichtkreise für c in y, für d in x des subjectiven Sehfeldes. Geschieht der Druck in a und b an der innern Seite, so erscheinen die Lichtkreise an denselben Stellen wie im vorigen Versuch, und zwar für a in x, für b in y. Es ist also gleichgültig, ob man die äußere Seite des einen oder die innere des andern Auges drückt, die Druckfiguren erscheinen an derselben Stelle des Sehfeldes, für a und d der verschiedenen Augen an einer und derselben subjectiven Stelle x, für c und b beider Augen an einer und derselben Stelle y. Ist daher die Druckstelle d mit ihrer Druckfigur x bleibend, die Druckstelle des andern

Auges aber von c nach a beweglich in der Peripherie des Auges nach oben, so bewegen sich, wie die Druckstelle den obern Bogen von c nach a beschreibt, die Druckfiguren in entgegengesetzter Richtung in dem untern Bogen des Sehfeldes von y nach x, bis endlich, nachdem die Druckstelle nach dieser Kreisbewegung in a ist, die Druckfigur von a mit der Druckfigur von d, welche unbeweglich war, zusammenfällt. Mit einem Worte: in beiden Augen entsprechen sich bestimmte Stellen, die, wenn sie gedrückt werden, nur eine und dieselbe Druckfigur, an demselben Orte des subjectiven Sehfeldes gelegen, bieten. Außerhalb diesen Stellen, welche wir forthin identische nennen wollen, erscheinen, wenn beide Augen afficirt werden, örtlich verschiedene Bilder, deren Entfernung im subjectiven Sehfelde um so weiter ist, je größer in einem Auge die Entfernung der Druckstelle von derjenigen Stelle, mit welcher die Druckstelle des andern Auges identisch ist.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß die Netzhäute beider Augen vollkommen identisch sind, nur ein und dasselbe subjective Sehorgan bildend; und zwar alle Theile, in einem gewissen Meridian und in bestimmter Entfernung vom Mittelpunkte des Auges entfernt, sind identisch mit denjenigen Theilen der Netzhaut des andern Auges, welche in demselben Meridian und derselben Entfernung vom Mittelpunkte der Netzhaut gelegen sind. Das Außere des einen Auges ist identisch mit dem Innern des andern, das Außere des einen Auges im subjectiven Sehfelde örtlich von dem Außern des andern Auges different, und zwar um so viel verschieden, als das Außere und Innere desselben Auges örtlich verschieden sind. Identische Stellen beider Augen im Zustande der Affection haben eine und dieselbe

Lichterscheinung, differente Stellen im Zustande des Affectes sind auch örtlich in der Lichtempfindung verschieden. Es verhält sich mit den differenten Stellen beider Augen ganz so, als wirke der Affect nur auf verschiedene Stellen eines und desselben Sehorganes.

Diese Identität der Affection bleibt sich gleich, welche Stellung die Augen auch gegeneinander haben mögen. So, wenn bei geschlossenen Augen im subjectiven Sehfelde Nachbilder und Blendungsbilder haften, welche, da die afficirten Stellen identisch sind, auch nur einfach gesehen werden können, werden diese nicht zu Doppelbildern, man mag die Augen in jeder beliebigen Convergenz der Achsen bewegen.

Wenn das Vorgetragene wahr ist, wie es denn als solches durch die Erfahrung sich aufdringt, so muß, da die Eintrittsstellen der Sehnerven in beiden Augen innerlich gelegen sind, und das Außere des einen Auges nur mit dem Innern des andern identisch, gegen alles Andere aber different ist, die Affection der Eintrittsstellen des Sehnerven in beiden Augen auch im subjectiven Sehfelde örtlich verschiedene Lichtfiguren bieten. Denn wenn in Fig. 16. der ersten Tafel e und f die Eintrittsstellen der Sehnerven, so ist f wohl mit g aber nicht mit e identisch. Wenn also e und f, die Eintrittsstellen der Sehnerven, in beiden Augen afficirt werden, so ist dies eben so viel, als ob in einem und demselben Auge g und e, oder f und h afficirt werden. Die Lichtfiguren der Eintrittsstellen werden also in e und f erscheinen, im subjectiven Sehfelde um die wahre Größe von g e örtlich verschieden. Ich habe schon oben erwähnt, auf welche Weise die Eintrittsstellen der Sehnerven durch den subjectiven Versuch zur sinnlichen Anschauung gebracht werden können. Im Zustande der Affection erscheinen diese Theile der Netzhaut als feurige Kreise mit dunklerem mittlerem Felde zu beiden Seiten der identischen, subjectiv verein-

nigten, Mittelpuncte beider Augen. Unter allen Bewegungen der Augen ist ihre Entfernung eine gleichbleibende, in der Identität und Differenz der Netzhäute gegründet.

Die subjective Erscheinung der Aderfigur, welche früher beschrieben worden ist, wird uns auch hier eine unantastbare Gesichtswahrheit. Kennen wir einmal die feurigen Kreise der Eintrittsstellen, so werden wir die letzteren so gleich auch in der Aderfigur wieder erkennen. Die beiden seitlichen Stellen der Aderfigur, aus welchen die Stämme des Adergewebes entspringen, sind in den Eintrittsstellen der Sehnerven; sie haben in der Aderfigur dieselbe Entfernung im subjectiven Sehfelde, als jene feurigen Kreise, in welchen sie leuchtend zur Anschauung kommen. Auch liegen die Aderfiguren beider Augen im Sehfelde in einander, nach Maßgabe der identischen Stellen beider Augen, welche von den Gefäßgeflechten verschieden durchzogen sind. Bald ist die Aderfigur des einen, bald die des andern Auges mehr sichtbar; oft verschwindet die eine, ohne daß die andere unterbrochen wird, ganz so, als ob ein tiefer liegendes Gewebe im Sehfelde vor unseren Augen weggezogen würde.

Die Anwendung auf die objectiven Gesichtsercheinungen ergiebt sich nun von selbst. Haben die Augen eine solche Stellung gegen das leuchtende Object, welche mit der Convergenz der Augenachsen im Objecte gegeben ist, daß gleiche Bilder desselben Objectes auf identische Theile der Netzhäute fallen, so kann das Object nur einfach gesehen werden; in jedem andern Falle aber werden Doppelbilder gesehen. Die Gesetze dieser Erscheinungen gedenken wir später in einem besondern Buche zu verfolgen.

Man hat gegen die bleibende Identität der beiden Netzhäute fragend eingewendet, warum das Doppeltsehen im Schwindel, in der Trunkenheit und in nervösen Krankheiten entstehe, wo doch die harmonischen Bewe-

gungen beider Augen nicht aufgehoben seyen. Treviranus. Dieser Einwurf widerlegt sich aus der Voraussetzung. Wenn Doppelbilder gesehen werden müssen, wo immer die Sehachsen in dem Objecte der Fixation sich nicht kreuzen, so ist das Doppeltsehen in keinen Zuständen natürlicher und nothwendiger als im Schwindel, in der Trunkenheit, in den Nervenfebern. Die Bewegungen der Augen können in diesen Zuständen immer noch harmonisch seyn; denn diese harmonischen Bewegungen in der Breite sind etwas von der beweglichen Convergenz der Sehachsen für verschiedene Fernen ganz Verschiedenes. Es ist auch nicht der Fall, was Treviranus und Steinbuch und vor ihnen Andere behauptet haben, daß die Identität der Sehfelder eine erzogene sey, und daß, wenn im Anfange des Schielens Doppeltsehen statt finde, sich später nach Maßgabe der verkehrten Stellung der Augen eine neue, von der früheren verschiedene Identität der Netzhäute bilde, wodurch ungeachtet des Schielens das Einfachsehen hergestellt werde. Das Schielen in Hinsicht seiner objectiven Merkmale ist immer ein relatives. Die Stellung unserer Augen behufs der Convergenz der Achsen im Objecte der Fixation für einen nahen Gegenstand ist schielend in Beziehung auf die Stellung der Augen für einen fernen Gegenstand. Wenn nun bei jeder auch krankhaft schielenden convergirenden Stellung der Augen, der Convergenzpunkt der Achsen irgend eine Sehweite trifft, in welcher die Gegenstände nach dem frühern Verhältniß der Identität einfach erscheinen, welche sind die Gründe, die dieses Verhältniß der Identität und des Einfachsehens in einer bestimmten Ferne aufheben, um ein anderes verschiedenes zu setzen? Ich kenne keine gültigen. Auch haben die Untersuchungen von Reid *)

*) Inquiry into the human mind. p. 257.

Buffon *) und Fischer **) gelehrt, womit meine eigenen an vielen Schielenden gemachten Beobachtungen vollkommen übereinstimmen, daß, so lange das Schielen auch dauere, das ursprüngliche Verhältniß der Identität der Netzhäute nicht aufgehoben wird, daß mit dem Schielen in der Regel ein auffallender presbyopischer oder myopischer Zustand des einen Auges verbunden ist, und daß das schielende Auge beim Sehen ganz unthätig ist, wenn es nicht allein sieht ohne Begleitung des gesunden Auges; wodurch das Doppeltsehen eher vermieden als aufgehoben wird. Die Schielenden wissen aber in der Regel nicht einmal, ob sie mit einem oder beiden Augen sehen, wie jener Amaurotische, welcher der Amaurose des einen Auges erst gewärtig wurde, als er zufällig einmal das andere schloß. Die Möglichkeit einer solchen ausschließlichen Thätigkeit nur des einen Auges läßt sich im Zustande vollkommener Gesundheit schon nachweisen. Nämlich im Zustande des willkürlichen Doppeltsehens, bei einer verkehrten Stellung der Augen, läßt sich mit Willkühr eines der Doppelbilder bei bleibender verkehrter Stellung der Sehachsen unterdrücken und wieder aufrufen, je nachdem das Doppelbild mehr auf den seitlichen Theil oder in die Mitte des Sehfeldes fällt, wovon wir in der Theorie des natürlichen Doppeltsehens ausführlicher zu handeln gedenken. Auf gleiche Weise vermögen wir eines der Doppelbilder zu unterdrücken, welche uns entstehen, wenn wir denselben Gegenstand mit dem einen

*) Mem. de l'Ac. de Par. 1743, p. 329. Vergl. Priestley's Geschichte der Optik, Leipz. 1776. S. 468.

**) J. N. Fischer, Theorie des Schielens, veranlaßt durch einen Aufsatz des Gr. Buffon. Ingolstadt 1781. »Wenn man ihm das gute Auge verdeckt, so wendet er das schielende dem Gegenstande, dessen er ansichtig werden will, gerade entgegen.« Ebend. S. 71.

Auge durch eine Linse, mit dem andern Auge frei und unvermittelt ansehen.

Anmerkung.

Purkinje hat eine Methode angegeben, um sich von der wechselseitigen Deckung der Gesichtsfelder zu überzeugen, die zum Theil auf einem Irrthume beruht und berichtigt werden muß.

»Man trage die Distanz beider Pupillen seiner Augen auf ein Blatt Kartenpapier, und mache an den bezeichneten Stellen zwei Oeffnungen. Wird nun das Blatt knapp an die Augen gehalten, und man sieht vor sich ins Weite mit jedem Auge durch die ihm entsprechende Oeffnung, so fallen beide Oeffnungen in eine zusammen. Dasselbe geschieht, wenn man statt der Oeffnungen zwei schwarze Punkte macht. Diese Punkte entsprechen den Mittelpunkten der Gesichtssphären jedes Auges. Obgleich auf drittheilb Zoll von einander entfernt, fallen sie in Einen zusammen, also auch die Gesichtsfelder.« a. a. O. S. 145. Purkinje hat hier übersehen, daß, da die beiden Punkte selbst nicht von beiden Augen zugleich fixirt werden können, vielmehr durch die Oeffnungen ein ferner gemeinsamer Punct fixirt wird, diese Oeffnungen beider Augen doppelt erscheinen müssen, und auch in der That doppelt erscheinen. Entspricht daher die Entfernung der Oeffnungen oder Punkte nicht ganz der Entfernung der Pupillen, so sieht man statt der zwei Punkte vielmehr vier, wovon die mittleren sich um so näher liegen, je richtiger die Entfernung derselben gemäß der Entfernung der Pupillen ist. Wird endlich durch beide objective Oeffnungen ein einzelner ferner Gegenstand mit beiden Augen fixirt, so müssen die mittleren Doppelbilder sich endlich

ganz vereinigen, scheinbar eine Oeffnung darstellend, weil diese in den Sehachsen liegen. Die beiden äußeren Doppelbilder bleiben aber, und sind von Purkinje übersehen worden, weil sie sehr zu den Seiten des Gesichtsfeldes liegen und nur deutlich gesehen werden, wenn die vorgehaltene Karte recht breit ist. Es erscheinen also nach Maßgabe der Fixation in diesem Versuch statt der zwei objectiven Oeffnungen oder Punkte, entweder vier oder drei, nie aber nur eine; und dieser Versuch beweist zwar die Identität der Gesichtsfelder im Allgemeinen, aber auch die relative Differenz einzelner Theile der Netzhäute, wodurch in dem Zusammenwirken beider Augen durch die einfache objective Bestimmung an differenten Stellen Doppelbilder gesetzt werden.

Auf denselben Irrthum wird aber sofort S. 146 der Beweis gegründet, daß bei den Thieren mit divergirenden Sehachsen auch Identität der Sehfelder statt finde; und es ist übersehen, daß, wenn bei divergirenden Augen das Verhältniß der Identität wie beim Menschen ist, kein Gesichtseindruck ohne Doppelbilder seyn kann. In Purkinje's vortrefflichen Untersuchungen des subjectiven Sehens ist der Abschnitt über die Einheit beider Gesichtsfelder und das Doppeltsehen vielleicht der einzige, welcher einer durchgängigen Reform bedarf.

Unterschied des Eindruckes.

Ist uns nun auf diese Art die Identität der beiden Netzhäute in Hinsicht des Ortes im subjectiven Gesichtsfelde unbezweifelbar, so werden wir sobald auf eine tiefer

liegende Differenz auch der in Hinsicht des Ortes identischen Stellen beider Netzhäute hingewiesen, nämlich in der Quantität des Eindruckes.

Wenn das eine Auge von Blau und Gelb zugleich beleuchtet wird, oder wenn das Auge von denjenigen Principien erregt wird, welche einzeln in ihm diese Affection in der Empfindung des Blauen und Gelben erscheinen lassen, so sieht das Auge Grün, und eben so durch den gleichzeitigen Eindruck des Blauen und Rothten auf denselben Stellen violett, durch den simultanen Eindruck von Roth und Gelb, die Mittelfarbe Orange. Wenn aber die beiden Augen von verschiedenem Licht beleuchtet werden, wenn sie durch verschieden gefärbte Gläser sehen, so ist bei aller Identität der Gesichtsfelder in Hinsicht des Ortes die Empfindung nicht etwa die der Mittelfarbe, des Grünen, des Violetten, des Orangenen, sondern immer nur abwechselnd in den elementarischen, die Augen verschieden beleuchtenden, Farben, bald Blau, bald Gelb u. s. w. Nur das Dunkle und Helle der beiden Farben gleicht sich zu einem mittlern Eindrucke aus, so daß das gemeinsame Gesichtsfeld, bald gelb, bald blau, weder so hell ist, als wenn das eine Auge bei geschlossenem anderem nur durch gelb gefärbtes Glas sieht, noch so dunkel, als wenn der Eindruck des Blauen bloß gestattet ist. *DuTour* hat diese Versuche mit gefärbten Gläsern zuerst angestellt; sie sind später häufig wiederholt worden; ich habe sie mit vielen Arten gefärbter Gläser sehr häufig, so wohl an mir als an Andern gemacht, und immer dieselben nie zweideutigen Resultate erhalten; so daß ich, wenn *Sanin*, mit den verschiedenen Augen durch blaues und gelbes Glas sehend, Grün empfunden haben will, was Andere nachgeredet haben, diese Erfahrung nur für erfunden halten kann *).

*) Vergl. *Rudolphi*, Grundriß der Physiologie, Berlin, 1823. II. 1. S. 231.

Es ist ein Gleiches mit dem Eindrücke verschiedener objectiver Bilder auf identischen Theilen der Netzhaut. Wenn man, bei verkehrter Stellung der Augen gegen ein buntes objectives Gesichtsfeld, verschieden gefärbte Felder durch Uebereinanderrücken der Doppelbilder auf identischen Theilen der Netzhäute im subjectiven Sehfelde örtlich vereint zur Anschauung bringt, so gleichen sich diese Farben auf identischen Theilen der Netzhaut nicht zu einem mittlern Eindrücke aus, sondern es wird eine Farbe aus der andern ohne Vermischung gesehen, bald hebt sich das Gelbe des einen, bald das Blaue des andern Auges an einem und demselben Orte des subjectiven Sehfeldes; nun ist das blaue Feld unterbrochen und von dem gelben ergänzt; das eine wird abwechselnd von dem andern absorhirt; sie erscheinen theilweise und ganz wechselseitig. Nie aber gleichen sie sich zu einem mittlern Eindrücke des Grünen aus Blau und Gelb, des Violetten aus Roth und Blau, des Drangenen aus Roth und Gelb aus; und da, wo die Felder über einander wegtreten, haben sie nur vermischte, getrübte, zerrissene Ränder, nicht aber vermischte Farben. Nur gleicht sich auch hier das Dunkle und Helle verschiedener Farben auf identischen Stellen beider Augen zu einem gemeinsamen Eindrücke mittlerer Helligkeit aus.

Die Netzhäute beider Augen sind also subjectiv identisch in Hinsicht des Ortes, different aber in Hinsicht der Dualität des Eindrücke auf den in Hinsicht des Ortes identischen Stellen.

Anmerkung.

Warum aber bald das Blaue, bald das Gelbe, eines das andere verdrängend, in dem gemeinsamen Gesichtsfelde auftaucht, das scheint von dem Wechsel der beiden Pupillen abzuhängen. Das Helle und das Schattige, welche

den beiden farbigen Lichtern verschieden inwohnen, wirken in den beiden Augen auch verschieden auf die Contraction und Expansion der Iris. Da nun aus Gründen, welche hier nicht zu erörtern sind, die Regenbogenhäute beider Augen sich in einem Zustand gleicher Contraction und Expansion zu erhalten streben, so muß, da der Reiz auf beiden Augen fortbauernb verschieden ist, die Pupille in einem dauernden Wechsel der Contraction und Expansion schwanken, was noch vermehrt wird durch das Schwanken der Sehweite in verschiedenen Fernen. Bei einer größern Oeffnung der Pupille ist das Auge empfänglicher für die dunklere Farbe, bei kleiner Pupille waltet die hellere Farbe vor. Da fast nie gleiches Licht die Augen beleuchtet, so ist offenbar, warum die Iris auch beim natürlichen Sehen in einem fortbauernb Wechsel der Contraction und Expansion, in den sogenannten Undulationen begriffen seyn muß. Nicht aber schwankt die Pupille, wie Blumenbach und Himly angeben, weil das Licht Contraction, diese aber wieder Licht, also Expansion, fordert; denn dieser Wechsel müßte bald zur Ruhe kommen. Aus demselben Grunde, was wir beiläufig erwähnen wollen, ist die Pupille des einen geöffneten Auges immer größer als die Pupille der beiden geöffneten Augen. Dem geschlossenen Auge kommt die größte Pupille zu. Da aber die beiden Augen unter den verschiedensten Einflüssen einen gleichen Zustand der Pupille zu erhalten streben, so muß die Pupille des einen geöffneten Auges erweitert seyn durch den Mangel des Reizes auf das andere geschlossene. Daz hin gehört auch das in der Amaurose häufig beobachtete Phänomen, dessen Erklärung sehr entlegen schien, daß nämlich bei gleichzeitig geöffneten Augen die Pupille des amaurotischen Auges weit und unbeweglich ist, bei geschlossenem gesundem Auge aber die vorher scheinbar ge-

lähmte Iris des amaurotischen Auges sich zur Bildung einer sehr weiten Pupille contrahirt. Denn das des Lichtreizes ganz ermangelnde Auge, in der Bewegung der Pupille also nicht durch das ihm selbst zufließende Licht bestimmbar, gehorcht in dieser Beziehung dem Lichtreize auf das gesunde Auge. Aus diesem Grunde wirkt die Blendung des gesunden Auges in beiden Augen ein enge, keiner Undulationen fähige, Pupille; die Anschauung der Dunkelheit aber in dem geschlossenen gesunden Auge läßt in dem amaurotischen Auge eine weitgeöffnete Pupille zu.

Warum unter verschieden gefärbten im Doppeltsehen sich bedeckenden Bildern, abwechselnd immer nur die eine der Farben sichtbar ist, hat seinen Grund nicht so sehr in den Undulationen der Iris. Dieses mögen wir aber füglich aus einander setzen, wenn wir eine Monographie des natürlichen Doppeltsehens zu geben im Stande sind..

2. Von dem organischen Grunde der subjectiven Identität des Ortes in der Affection verschiedener Nervengebilde.

Räumlichkeit der Gefühlsobjecte und Räumlichkeit des empfindenden Nerven.

Es ist Resultat der feineren Anatomie der Hirn- und Rückenmarksnerven, daß diese aus einer Menge neben einander liegender durch Zellstoff verbundener Markbündel bestehen, die zum Theil große Strecken getrennt von ein-

ander verlaufen, häufig aber auch durch unmittelbare Contiguität ihrer Substanz verbunden sind. Daß die in den Markbündeln enthaltenen feinen Markfasern sich auf gleiche Weise verhalten, nicht so sehr parallel immer getrennt verlaufen, sondern wie die Markbündel überhaupt an einzelnen Stellen Verbindungen und Schlingen eingehen, wird auch angenommen *). Indessen ist die Vertheilung der Markbündel in den peripherischen Theilen des Körpers doch so, daß die von dem Stamme abgehenden Nervenzweige als Markbündel schon im Stamme des Nervens vorgebildet sind, und auch die feineren Vertheilungen dieser Nervenzweige in die letzten Endigungen sind in dem größern Zweige schon in der Anlage vorhanden. So sind also alle Verzweigungen schon im Nervenstamme selbst vorgebildet. Eine physiologische Thatsache, die wir sogleich erheben werden, wird beweisen, daß die Affection einzelner dieser Verzweigungen zugleich Affection einzelner Fasern oder Markbündel des Nervenstammes sey. Wir haben es als einen in die Physiologie des Nervensystems tief einführenden Erfahrungssatz aufzustellen, daß, welche zufällige relative Lage auch die einzelnen Verzweigungen des Stammes durch die veränderte Lage des Gliedes haben mögen, die Gefühlsperceptionen dieser Verzweigungen keineswegs zur Vorstellung des Räumlichen so verbunden werden, wie die relative Lage der Zweige durch die veränderte Lage der das Glied constituirenden Theile war, sondern daß, wie unnatürlich und ungewöhnlich auch die Relation der Gliedertheile und der in ihnen enthaltenen Verzweigungen ist, die einzelnen Gefühlsperceptionen doch in der Vorstellung des Räumlichen verbunden werden ge-

*) Reil de structura nervorum. Halae Saxonum 1796. fol. p. 11, 17. tab. III.

mäß der räumlichen Relation der in dem Stamme vorgebildeten Theile der peripherischen Verzweigungen. Eine anschauliche Darstellung soll uns das Verständniß erleichtern.

Wenn in Fig. 1. Taf. 1. a, b und o die peripherischen Endigungen des Nervenstammes oder der Nervenäste sind, und als solche durch Berührung der Glieder, wie etwa der Finger, Gefühlsaffectionen haben, so ist die räumliche Relation der Tastobjecte für die Vorstellung in der Aufeinanderfolge von a, b, o und zwar nicht allein, weil die die Affection bedingenden Objecte auch diese räumliche Folge haben, sondern weil die Lage der Fasern in den Stammnerven, nämlich $e f g = a b o$, oder gleich der wirklichen räumlichen Relation der äußeren Tastgegenstände ist.

Kreuzen sich aber die peripherischen Zweige des Nervenstammes oder der Hauptnerven Taf. 1., Fig. 2., wie etwa durch eine verschiedene Opposition der Glieder, welche von einem und demselben Geschlechte Nervenzweige erhalten, z. B. durch Kreuzung der Finger über einander, und werden diese peripherischen sich kreuzenden Zweige durch Tastobjecte afficirt, so ist die räumliche Relation der Tastobjecte in der Vorstellung nicht etwa, wie die der berührenden afficirten Zweige b, a, o Fig. 2., sondern nur wieder wie die der ursprünglichen Fasern in den Nerven, von welchen die peripherischen Zweige ausgehen, also nicht $b a o$, sondern $e f g$ oder $a b o$.

So wenn in Fig. 1. a die äußeren Nerven des Zeigefingers, b die inneren Nerven des Mittelfingers (als Zweige des N. medianus und N. radialis), und wenn zwischen der inneren Seite des Mittelfingers und der äußeren des Zeigefingers eine Kugel rotirend gedacht wird, so wird die Gefühlsvorstellung einer Kugel dadurch vermittelt, daß die Gefühlsindrücke zweier converen Abschnitte beym Rollen der Kugel immer dieselben bleiben und daß diese Wie-

berhöhung des Eindruckes durch das Urtheil zur Vorstellung einer Kugel ergänzt wird. Wenn nun, statt der natürlichen Lage, der Zeige- und Mittelfinger sich über einander kreuzen, so daß in Fig. 2. b die äußere Seite des Mittelfingers, a die innere Seite des Zeigefingers sey, so haben auch die peripherischen Nerven dieser Theile (Zweige des N. ulnaris, N. medianus und N. radialis) eine Kreuzung erlitten, obgleich die Fortsetzung dieser Nervenzweige in den Hauptnerven in der Lage nicht verändert werden kann. Rollt zwischen den sich kreuzenden Fingern nunmehr die Kugel, so ist die Relation der Lastobjecte (als Eindrücke zweier converen Abschnitte) in der Vorstellung nicht die der sich kreuzenden Fasern von b, a, sondern wie die räumliche Relation der Markbündel vor der Kreuzung, also e f, oder a b, das ist, der objectiven Natur des Körpers gerade widersprechend. Man scheint unter diesen Umständen einen äußern seitlichen Kugelabschnitt einer innern, und einen innern seitlichen einer äußern Kugel, und somit zwei Kugeln zu fühlen.

Dieser Versuch ist immer bekannt gewesen; aber mißverstanden und falsch erklärt worden. Wir wir ihn jetzt betrachtet haben, ist er nicht mehr eine Gefühlstäuschung, sondern eine für die Physiologie wichtige Gefühlswahrheit, welche uns erst recht in die Physiologie der Sinnesnerven einzuführen scheint.

Einheit der Empfindung in zwei Organen — Theilung der Nerven in identische Zweige.

Bei einer solchen Vertheilung der Markbündel der Nerven, daß die Nerven einzelner Glieder des Lastorganes nicht als Aeste eines und desselben in sich gleichen Stammes entspringen, sondern als Markbündel schon in dem

Stämme vorgebildet sind, können die Gefühlseindrücke auf die Nerven verschiedener Zweige des Tastorganes nicht identificirt werden, wie dies in den Zweigen eines und desselben Gesichtorganes, nämlich den Augen geschieht.

Wenn aber die doppelten peripherischen Enden einer und derselben Nervenmasse ihre Gesichtsobjecte in einem und demselben subjectiven Raume anschauen, so daß verschiedene Theile des einen Zweiges verschiedenen Theilen des andern Zweiges eines und desselben Organes identisch sind, und gleichwohl andere Theile beider Zweige, sich in dieser Beziehung ausschließend, different sind, so muß die Verzweigung der Nervenmasse in identische Arme auch zugleich eine Verzweigung der sie begründenden Fasern in identische Fasernzweige in jenen Gliedern eines und desselben Organes seyn. D. h. jede Nervenfaser c. Fig. 4. der Sinnsstoff, welche sich in identische Arme (Augen) theilt, verzweigt sich in die identischen Fasern a und b, für die beiden Glieder eines und desselben Organes, welche Theilung aber nicht schon in der Mutterfaser vorgebildet ist, wie etwa in Fig. 5. In der Faserung Fig. 5. sind Affectionen der Zweige a und b auch zugleich getrennte Affectionen von c und d. In der Faserung Fig. 4. aber sind die Eindrücke auf die Zweige a und b nur eine und dieselbe Affection der Faser c. Werden also in Fig. 4. a und b von einem und demselben Eindrucke afficirt, so ist, inwiefern c mit dem sensorium commune verbunden ist, die Empfindung subjectiv eins. Sind aber die Eindrücke von der äußern Natur her auf die beiden Glieder a und b eines und desselben mütterlichen Zweiges c verschieden, wie etwa blau und gelb, so ist die Empfindung auch örtlich subjectiv eins, aber blau und gelb einander durchscheinend, eines in dem andern, oder abwechselnd.

Wir haben uns aber c nur als eine einzelne Faser in dem mütterlichen Stamme zweier identischer Glieder ge-

dacht. In so fern also der Mutterstamm aus einer Menge differenter Faserungen c besteht, werden sich auch alle diese Fasern für die Glieder dieses einen Stammes in die identischen Zweige a und b theilen müssen, Fig. 6. So sind nun in Fig. 6. die Fasern des Zweiges a, nämlich 1, 2, 3, 4 unter sich different, eben so dieselben des Zweiges b; aber, so wie a und b in c identisch sind, so ist die Faser 1 von a mit der Faser 1 von b durch ihre Vereinigung in 1 c identisch, ebenso 2 von a mit 2b

3 — a — 3b

4 — a — 4b.

Dieses scheint der organische Grund, warum die Gesichtsfelder zweier Augen in dem, was diese Augen verbindet, subjectiv eins sind, warum einzelne Theile des einen Gesichtsfeldes nur mit einzelnen Theilen des andern subjectiv eins, weil einzelne Theile des einen Gliedes der Sinns-Substanz eins mit einzelnen Theilen des andern Gliedes.

Aus physiologischen Gründen muß diese Organisation im Chiasma des Menschen statt finden, wenn auch die anatomische Bildung des Chiasma bisher nicht hat genau ermittelt werden können. Mag also der Begriff des Chiasma aus anatomischen Merkmalen noch nicht genau gekannt seyn, aus physiologischen scheint er uns zu bestimmen. Durch diese Art der Betrachtung darf die Physiologie der Anatomie sogar vorausseilen. Soviel von dem Chiasma nur vorläufig; von seinen Wurzeln und von seiner aus andern physiologischen Gründen wahrscheinlichen innern Bildung im nächsten Abschnitt. Sey es uns hier aber erlaubt, eine vierfache Verschlingung der Fasern in der Nervenbildung anzudeuten:

1. in den Gefühlsnerven. Die Zweige des Nerven sind als Markbündel in dem Stamme vorgebildet. Fig. 1.
2. in den vereinigten Gefühls- und Bewegungsnerven. Wenn es wahr ist, was ursprünglich Bell entdeckt

hat, daß die hinteren mit Ganglien versehenen Wurzeln der Rückenmarksnerven Gefühlszweige, die vordern Bewegungszweige sind *), so ist die Verschlingung der Markfasern dieser zwei Systeme in dem Stamme des Nerven wahrscheinlich so, daß jede Bewegungsfaser in der Vereinigung diesseits des Ganglion eine Empfindungsfaser zur Begleiterin erhält, wodurch die Verbreitung der zugleich fühlenden und bewegendem Aeste und Zweige in den peripherischen Theilen vorbereitet wird. Fig. 3. Ob hierhin der Nervenplexus gehöre?

3. in den sympathischen Nerven. Sie bestehen zwar auch nach den Beobachtungen von W u g e r und L o b s t e i n

*) Durch Versuche bestätigt von Magendie, (Journal de physiologie experimentale. T. II. p. 276—366.) und Vesclard (Elemens d'anatomie generale. Paris 1823. p. 688).

Ich habe den Versuch der Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln einmal bei einer jungen Katze gemacht. Das Rückenmark wurde in der Lendengegend durch Wegnahme der noch knorpeligen Wirbelbogen mit dem bloßen Messer leicht und schnell bloßgelegt; allein durch das Bluten des Knochengewebes wurde das Thier so entkräftet, daß obgleich es nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln noch eine halbe Stunde lebte, ich doch aus den schwachen Reactionen einen sichern Schluß mir nicht erlauben durfte. Das Thier zuckte nicht beim Durchschneiden. Uebrigens ist dieser Versuch weder so schwer auszuführen, noch so sehr grausam, als man allgemein glaubt. Bei dem großen Interesse des Gegenstandes wäre es sehr zu wünschen, daß jene Arbeiten einmal von einem Deutschen auf dem Wege eines wiederholten Versuchs geprüft würden. — Nach den Versuchen von Bellinigeri (Annali universali di medicina, 1824. 2. 3.) gehört die hintere Wurzel der Extension, die vordere der Flexion und zugleich dem Gefühle an.

aus Fasern; allein diese verzweigen und vereinigen sich sichtbar genug überall in Theile, die nicht in einem Stamme vorgebildet sind. Dadurch scheint die Sympathie der Empfindung, der überall sich mittheilenden auf keinen bestimmten Ort beschränkten Gefühle der sympathischen Nerven begründet.

4. in den Nerven, deren Faserungen, aus einem Stammorgane entspringend, sich für die Glieder dieses Stammes in identische Zweige theilen. Die Wurzeln des Chiasma. Fig. 4. 6.

3. Von der physiologischen Bedeutung des Chiasma der Sehnerven bei dem Menschen.

In den Faserungen des Sehnerven vor dem Chiasma ist die räumliche Continuität der Netzhaut vorgebildet. Die Räumlichkeit der Netzhaut wie des Sehnerven begründet die Möglichkeit einer Lichtempfindung des Räumlichen. Alle Theile des Sehnerven müssen wie alle Theile der Netzhaut eines Auges als unter sich different betrachtet werden; so daß die Affectionen eines und desselben Sehnerven wie einer und derselben Netzhaut an verschiedenen Stellen ihrer räumlichen Ausbreitung nicht subjectiv an einem und demselben Raume identificirt werden, sondern daß dem in der Ausbreitung des Nervengebildes Continuirlichen auch ein Continuirliches in der Gesichtsvorstellung entspricht. Gleichwohl entsprechen sich in beiden Augen gewisse Theile nach früher angegebenen Gesetzen auf das genaueste, sie identificiren ihre Empfindung räumlich an einen und den-

selben Ort. Wenn also alle Theile eines und desselben Sehnerven und seiner Netzhaut different sind, jedem denkbaren Theile des einen Sehnerven und der einen Netzhaut, ein anderer in dem andern Sehnerven als identisch entspricht, so müssen nicht etwa die Sehnerven an ihrem Ursprunge mit einander im Allgemeinen vereinigt seyn; denn in dieser organischen Vereinigung wäre die relative Identität und Differenz der einzelnen Theile noch nicht denkbar; sondern alle unter sich differenten Urtheile eines Sehnerven müssen in ihrem Ursprunge mit den ihnen ausschließlich identischen und unter sich selbst differenten Urtheilen oder Faserungen des andern Sehnerven vereinigt seyn. Dieses ist der physiologische Begriff des Chiasma der Sehnerven, zu dem wir aus Untersuchungen über die subjectiven Gesichtserscheinungen gekommen sind. Wohlwissend, daß alle bisherigen Untersuchungen über den organischen Bau des Chiasma bei dem Menschen ungenügend geblieben sind, sind wir dennoch berechtigt, den aus richtig festgestellten subjectiven Thatfachen gewonnenen Begriff vom Chiasma der Sehnerven auf demselben Wege zu erweitern. Das was wir Chiasma genannt haben, hat zweierlei Extremitäten, zwei centrale, die sich mit dem Centralmarke, dem Gehirne verbinden, die Wurzeln des Chiasma, zwei peripherische, welche nur Bündel der sich in identische Theile für zwei verschiedene Organe spaltenden Urtheile der Wurzeln des Chiasma oder des Chiasma selbst sind, die Sehnerven, oder die Zweige des Chiasma. Die Wurzeln des Chiasma, bei allen Wirbelthieren, wo eine Verbindung der Sehnerven vorkommt, getrennt, enthalten nur durch und durch differente Urtheile. Die Sehnerven oder die Zweige des Chiasma sind einzeln in ihren Urtheilen different mit einander, aber nicht wie die Wurzeln des Chiasma überhaupt different, sondern in entsprechenden Theilen identisch.

So entsteht uns die vorläufige Anschauung von der

Organisation des Chiasma des Menschen, welche auf der siebenten Figur der ersten Tafel versinnlicht ist.

a, b die Wurzeln des Chiasma; alle Theile von a und b unter sich different, alle Theile von a gegen alle Theile von b different.

a giebt im Chiasma die identischen Theile c für das eine, e für das andere Auge ab; aber alle Theile von c, so wie alle Theile von e sind unter sich ganz so different, wie die Urtheile ihrer Wurzel a.

b giebt im Chiasma die identischen Theile d für das eine und f für das andere Auge ab; aber alle Theile von d, so wie alle Theile von f sind unter sich ganz so different, wie die Urtheile ihrer Wurzel b.

So ist also cd gleich der Verbindung der Wurzeln des Chiasma a und b, und ebenso ef.

Die Wurzel b bildet den äußern Theil des Sehnerven und der Netzhaut des einen Auges B und zugleich den innern Theil des Sehnerven und der Netzhaut des andern Auges A.

Die Wurzel a bildet den äußern Theil der Nervengebilde des Auges A und den innern des Auges B; welche Theile, wie wir gesehen haben, identisch sind. Aber nicht die Wurzeln des Chiasma theilen sich im Allgemeinen in Aeste für den äußern des einen und den innern Theil des andern Auges; sondern, alle unter sich differenten Urtheile der Wurzel theilen sich im Chiasma in identische Theile für beide Augen.

Wenn diese Ansicht von der physiologischen Bedeutung und der Organisation des Chiasma bei dem Menschen wahr ist, so muß eine Lähmung einer der Wurzeln des Chiasma oder des Sehhügels, aus welchen diese entspringt, zugleich eine Lähmung der identischen Theile beider Augen

veranlassen, welche aus einer und derselben Wurzel des Chiasma entstehen, also des äußern Theiles der Netzhaut des einen und des innern Theiles der Netzhaut des andern Auges.

Dies findet in der That bei der Amaurosis dimidiata oder dem Halbssehen statt, welches nie auf eine protopasthische Lähmung der Netzhaut selbst zurückgeführt werden kann. Das Halbssehen, welches immer beide Augen zugleich trifft, entsteht auf diese Art aus einer vollkommenen Lähmung der einen Wurzel des Chiasma oder der Theile einer Seite des Gehirns, aus welchen jene entspringt, des Sehhügels, der einen Hälfte der Vierhügel.

Ältere Fälle von Halbssehen sind von Vater *) gesammelt. Aber es ist in diesen nicht angegeben, ob sich das Halbssehen auf beide Augen ausdehnte. Indessen ist dieses wahrscheinlich; sonst würde das gesunde Auge die gelähmte Hälfte des kranken Auges im Gesichtsfelde ersetzt haben. Aber Hyde Wollaston hat in den philos. transact. von 1824 mehrere Fälle von Halbssehen genau beschrieben**), in welchen das Halbssehen immer auf die identischen Theile beider Augen sich erstreckte. Beim Lesen waren beiden Augen so wie auch jedem einzelnen Auge die Anfänge der Wörter verschwunden. Die Sensibilität kam wieder vom Centrum aus. In einem Falle kehrte das Halbssehen einmal um. Sehr instructiv für unsere Ansicht

*) *Oculi vitia duo rarissima, visus duplicatus et dimidiatus.* Viteb. 1723. 4. recus. in Hall. diss. med. pract. T. 1.

**) *Annales de chimie et de physique par Gay-Lussac et Arago.* 1824. Sept. Der Herausgeber dieses Hefes begleitet die Uebersetzung der Abhandlung von Wollaston mit einer Note, worin er erzählt, daß er 4 Personen kenne, die auf gleiche Weise am Halbssehen gelitten, und daß er selbst drei Anfälle davon gehabt habe.

von der Bedeutung des Chiasma ist die Beobachtung, daß in einem Falle für beide Augen das blinde Feld 3 Grade vom Centrum des Sehfeldes entfernt war. Wollaston schließt sehr richtig und unbezweifelbar, daß das Halbsehen nur aus der Lähmung einer der Wurzeln des Chiasma entstehen könne. Er stellt die Meinung auf, die aus unvollständigen und mangelhaften anatomischen Beobachtungen einigen Grad von Wahrscheinlichkeit erhalten hatte, daß die äußeren Fasern der Wurzel des Chiasma ohne Kreuzung zum Auge ihrer Seite gehen, um den äußern Theil der Netzhaut dieses Auges zu bilden, die innern Fasern derselben Wurzel aber zu dem andern Auge kreuzend fortschreiten, um den innern Theil der Netzhaut des andern Auges zu bilden. Diese Meinung ist schon von Newton in den optischen Quaestionen, aus physiologischen Gründen aber von Weber *) vor 20 Jahren ausführlich vorgebracht worden; und namentlich hat der letztere Schriftsteller das Halbsehen auf diese problematische Organisation des Chiasma gegründet. Allein diese Ansicht ist ungenügend. Wenn auch die sympathische theilweise Lähmung beider Netzhäute auf diese Art durch die Verlegung einer Wurzel des Chiasma eine Erklärung findet, so schließt dieselbe Erklärung das sympathische Sehen räumlicher Bilder durch zwei Organe aus. Denn die Hälften der Netzhäute beider Augen, welche sympathisch gelähmt werden, sehen im Zustande der Gesundheit nicht etwa im Allgemeinen nur identisch, sondern einzelne Theile des einen Auges sind nur gegen einzelne Theile des andern Auges identisch, gegen alle übrigen aber different. Was also nach der frühern Annahme der ganzen Wurzel zukommt, nämlich sich in zwei identische Arme für beide Augen zu theilen, muß von allen

*) Keil's Archiv für die Physiologie. 6. B. S. 282.

Urtheilen oder Fasern der Wurzel des Chiasma vorausgesetzt werden. Jede Faser theilt sich continuirlich in einen fortlaufenden und in einen kreuzenden Zweig, welche zu beiden Augen gelangend dort die identischen Urtheile der Netzhäute bilden; wie sich die Fasern in der Wurzel des Chiasma folgen, so folgen sich auch die identischen Fasern in dem einen und andern Sehnerven, wie diese Bildung in der siebenten Figur der ersten Tafel versinnlicht ist. Wäre jene ältere Ansicht von der Decussation der Sehnerven wahr, so müßte eine Affection einer Wurzel des Chiasma im Halbsehen auch immer eine Erblindung der ganzen Hälfte des Sehfeldes zu Folge haben, welchem der eben mitgetheilte Fall widerspricht. Wollaston erzählt von dem Halbsehen eines seiner Freunde, daß dieser lesen und schreiben konnte, ohne bei letzterem die Hand zu sehen. Eine theilweise Affection der einen Wurzel des Chiasma oder ihrer Ursprungsstellen zieht also nur eine theilweise Lähmung einer Seite beider Augen in Folge; das Räumliche in den Netzhäuten muß in dem Räumlichen der Wurzeln vorgebildet seyn.

Durch anatomische Untersuchungen kann ich diese Bildung des Chiasma nicht beweisen, wohl aber wahrscheinlich machen. Die zweckmäßigste Art, das Chiasma anatomisch zu untersuchen, ist, es frisch vorher 24 Stunden in concentrirter Salzsäure liegen zu lassen, und dann mit einem dünnblättrigen sehr scharfen Messer, einen Durchschnitt in der Richtung der Ebene desselben zu machen. Die Salzsäure löst, wenn sie nur 24 Stunden auf den Nerven eingewirkt hat, diesen zu einer pulposen weißgraulichen Masse, in welcher die faserige Bildung weiß erscheint. Länger darf das Chiasma nicht in der Salzsäure bleiben, sonst wird es bröcklich. Die Salpetersäure verhärtet im Anfange die Nervensubstanz, macht sie aber bald bröcklich, färbt sie gelb, zuletzt braun, und löst sie später in eine breite Ma-

terie auf. Sie taugt weniger zu diesen Versuchen. Manchmal that mir eine Mischung der Salpetersäure und Salzsäure gute Dienste. In den meisten Fällen ist die Salzsäure vorzuziehen. Man muß bei einem solchen Durchschnitte das Einfallen eines hellen Lichtes häufig wechseln, um die Faserbildung am deutlichsten zu sehen. Vergrößerungen helfen nicht viel. Ein gutes Auge wird auch ohne Lupe sogleich erkennen, aber schwieriger ist die Zeichnung einer so intricaten Bildung. Die in der ersten Figur der zweiten Tafel gegebene Abbildung des Durchschnittees eines mit Salzsäure behandelten Chiasma von einem zweijährigen Kinde ist vergrößert ganz der Natur getreu und mit der größten Sorgfalt von mir selbst, ohne Begünstigung meiner früher aufgestellten Ansicht von der Bildung des Chiasma, gezeichnet.

A, B. Die Augentheile des Chiasma, die Sehnerven.

C, D. Die Hirnthteile desselben, die Wurzeln des Chiasma.

Die faserige Bildung des innern Theiles der Sehnerven ist bis fast zur Längsachse des Chiasma zu verfolgen. Die äußeren Fasern des Sehnerven scheinen in dem Durchschnitte auch dem äußern Theile der Wurzel des Chiasma derselben Seite anzugehören; sie scheinen, die Linie AD erreichend, sich zu beugen gegen die Wurzel des Chiasma hin. Diese Beugung habe ich in manchen Fällen sehr deutlich gesehen. Dann war die faserige Bildung, die sich unmerklich verlor, in ihren Spuren am äußern Theile der Wurzel noch kurz über das Chiasma hin zu verfolgen. An dem innern Theile der Wurzeln habe ich aber nie Spuren der Faserung bemerken können. Die Kreuzung der Fasern im mittlern Theile des Chiasma mit äußerst feinen, hell weißen Fasern ist ganz deutlich und nicht zu verkennen. Indessen sind die Kreuzungswinkel, wie man in der Ab-

bildung sieht, sehr klein, so daß die Fasern an manchen Stellen gar nicht schief, weder zu der einen, noch zu der andern Wurzel zu verlaufen scheinen. Dieser Umstand ist sehr wichtig. Größtentheils haben die Fasern in der Mitte des Chiasma nicht den Verlauf, daß sie von dem innern Theile einer Wurzel, das Chiasma schief durchkreuzend, zu dem innern Theile des Sehnerven der entgegengesetzten Seite zu gehen scheinen; sondern die fast parallel mit der Breitenachse verlaufenden oder doch sehr wenig gegen dieselbe sich neigenden Fasern, scheinen vielmehr ihrer Lage gemäß ebenfalls von dem äußern Theile der entgegengesetzten Wurzel zu kommen, die außerdem deutlich die Fasern für den äußern Theil des Sehnervens derselben Seite abgiebt. Wie sollten zum Beispiel die sich kreuzenden, bogenförmig verlaufenden, aber von der Breitenachse des Chiasma wenig abweichenden Fasern am vordern Theile desselben, bei dem Theilungswinkel α , von dem innern Theile der Wurzel C oder D entstehen. Dieses ist wegen ihrer Lage ganz undenkbar, so daß man auf den ersten Blick verführt werden könnte zu glauben, diese bogenförmigen Fasern kommen gar nicht von den Wurzeln, sondern verbinden die Fasern des innern Theiles beider Sehnerven vor dem Chiasma. Wie, wenn aber diese Fasern, wenn sie einmal sich kreuzen, so aus der Wurzel der entgegengesetzten Seite abstammen, daß die hinteren Fasern des Chiasma vom innern Theile der Wurzeln, die mittleren vom mittlern Theile der Wurzeln, die vorderen vom äußern Theile derselben abstammen, was ganz mit der Lage derselben übereinstimmt. Dann würde der innere Theil des Sehnerven A nur von den schief nach A verlaufenden Fasern gebildet, die sämtlich von der Wurzel D entstehen, aber in dieser Wurzel D auch mit den Fasern für den äußern Theil des Sehnerven B vereinigt wären. Und es fände statt, was früher aus an-

deren Untersuchungen construirt worden ist; die Fasern in der Wurzel theilten sich in identische Zweige für den innern Theil des Sehnervens der entgegengesetzten Seite und den äußern Theil des Sehnervens derselben Seite. Dieß ist das einzige, was ich in der Auslegung meiner Abbildung wagen darf, ohne zu Gunsten meiner Ansicht zu werben.

Uebrigens sind die Fasern im Chiasma des Menschen sehr viel feiner als die der Thiere nach meinen Untersuchungen. Auch unterscheidet sich das Chiasma des Menschen von dem der Thiere dadurch, daß bei den Thieren außer dem Chiasma in den Wurzeln desselben keine Spur einer Faserung zu entdecken ist, und daß die Faserbildung des Chiasma wie durch eine Linie von der Wurzel geschieden ist; bei dem Menschen aber das Letztere fehlt, und die Faserbildung wenigstens am äußern Theile der Wurzel noch eine kurze Strecke verfolgt werden kann *). Weiter hört aber alle Spur der Faserung sowohl in dem frischen, als in dem mit Salzsäure behandelten Nerven auf. Ich glaube dieß anführen zu müssen, da Home **) behauptet hat, die Faserung beginne schon vom Ursprunge an mit wenigen aber dicken Fasern, die sich mehr und mehr theilten. Brolicq hat in dem Hirnthelle der Sehnerven bei dem Menschen auch nie Fasern bemerken können. Dieß kann natürlich unserer anschaulichen Darstellung der Faserung, wie wir sie, aus physiologischen Gründen bewogen, in der siebenten Figur der ersten Tafel gegeben haben, und wo die Faserungen der Wurzeln zur Erleichterung der Anschauung mit aufgenommen sind, keinen Eintrag thun.

Nach unseren bisherigen Untersuchungen über die subjective Identität der Gesichtsfelder bei dem Menschen, über

*) Vergl. tab. II. fig. 1. und fig. 4.

**) On the structure of the nerves. Philos. transact. 1799. 1.

den organischen Grund derselben und über die physiologische Bedeutung des Chiasma sind wir berechtigt die Frage, warum wir mit beiden Augen einfach sehen, von uns abzuweisen. Denn jene Frage ist gleichbedeutend mit dieser: warum sieht der Mensch mit einem Sehorgane nicht doppelt?

4. Von der subjectiven Identität und Differenz der Gesichtsfelder bei den Thieren.

Die Frage, warum die Thiere mit divergirenden Augen unter Bedingungen, unter welchen wir doppeltstichtig sind, dennoch einfach sehen, ja vielmehr bei divergirenden Achsen der Augen, den Gegenständen, welche in der Achse des Körpers liegen, die größte Aufmerksamkeit zu schenken vermögen, so daß sie dieser Dinge im Laufe und Sprunge halbhast werden können, hat sich die Physiologie kaum erst aufgeworfen. Treviranus *) scheint die Beantwortung derselben nur unter der Voraussetzung möglich, daß bei jenen Thieren der Eindruck von dem in der Achse des Körpers, oder außerhalb den Gesichtsbachsen, liegenden Gegenstände auf beide Augen den Eindruck überwiege, oder wenigstens dem gleichkomme, der unterdeß auf jedes einzelne Auge von dem in dessen Achse befindlichen Objecte gemacht wird. Wenn nun auch bei vielen Thieren, namentlich bei den Vögeln, die Achse der Linse nicht zugleich die Achse des Auges ist, wenn auch bei einer mäßigen Divergenz der Augen die mittleren

*) Biologie, VI. B. S. 569.

vorderen Gegenstände in jedem Auge Bilder auf dem äußern hintern Theile desselben bewirken müssen, so ist durch jene Voraussetzung das Problem hypothetisch nicht einmal beantwortet, sondern vielmehr missverstanden. Denn es kommt nicht auf die Deutlichkeit desselben Bildes eines mittlern Gegenstandes in beiden Augen an, sondern auf das einfache Sehen, welches bei einer divergirenden Stellung der Augen, wenn die Identität der Gesichtsfelder wie beim Menschen, nicht denkbar ist. Vielmehr müssten die Gesichtsfelder beider Augen, welche in allen Theilen subjectiv congruent wären, die seitlichen Gegenstände, welche nicht von beiden Augen zugleich gesehen werden können, an einer und derselben Stelle des subjectiven Sehraumes ineinander enthalten, und die mittleren vorderen Gegenstände, welche auf dem äußern hintern Grunde beider Augen bei einer mäßigen Divergenz abgebildet werden müssen, aus demselben Grunde doppelt erscheinen; da nach der Voraussetzung nicht die äußeren Theile beider Netzhäute identisch sind, sondern die äußeren des einen Auges mit den inneren des andern, so wie bei dem Menschen. Wenn man annehmen wollte, daß immer nur ein Auge abwechselnd sähe, während das andere unthätig wäre, so würden doch inmitten des Wechsels beider Augen im Sehen räumlich weit entlegene und verschiedene Gegenstände der beiden Seiten abwechselnd an einem und demselben Orte des gemeinsamen Sehfeldes erscheinen.

Man hat bisher noch keinen Versuch gemacht, diesen Widerspruch zu lösen und alle Erklärungen des einfachen Sehens bei dem Menschen, wie wir sie bisher zu hören gewohnt waren, zeigen sich hier erst recht unfruchtbar und unzureichend. Dagegen liegen in unserer bisherigen Betrachtungsweise, wenn wir diese nur fortsetzen wollen, solche Folgerungen, daß diese, wenn wir uns deren nur bewusst werden wollen, uns den natürlichen Weg zu einer

einfachen und befriedigenden Auflösung jenes Problems von selbst eröffnen werden.

Ich werde zuerst aus Thatsachen der vergleichenden Anatomie beweisen, daß die Sehfelder der Thiere nicht in der Art, wie bei dem Menschen, subjectiv identisch sind. Diese Beweise schneiden uns auf einmal von einer Menge blinder Abwege und unfruchtbarer Untersuchungen ab.

1. Bei vielen Thieren tritt der Sehnerv im Mittelpunkte der Netzhaut oder diesem sehr nahe ins Auge: so unter den Säugthieren bei dem asiatischen Elephanten, dem Bären, dem Waschbären, dem Dachse, dem Murmelthier, dem Viber, dem Luchse, dem Wallfische, dem Narval *); unter den Fischen bei *Raja clavata*, *Squalus acanthias*, *Gadus morrhua*, *Cobitis anableps* **). Da nun, wie Mariotte zuerst bewiesen und Bernouilli genau berechnet, beim Menschen im ganzen Umfange der Eintrittsstelle des Sehnerven nicht deutlich empfunden wird, vielmehr, statt der Unterscheidung bestimmter Grenzen des objectiven Bildes, an jener Stelle nur Empfindung der allgemeinen Beleuchtung statt findet, wie Troxler richtig beobachtet hat, so würden jene Thiere, bei welchen der Sehnerv in der Achse des Auges eintritt, wenn anders ihre Sehfelder auf gleiche Weise wie die unsrigen identisch wären, gerade an derjenigen Stelle der Netzhaut am un- deutlichsten sehen, wo wir allein nur deutlich empfinden. Ferner sind beim Menschen die Mittelpunkte der beiden Netzhäute identisch, und von diesen aus die innere Hälfte der Netzhaut des einen Auges identisch mit der äußern

*) D. W. Sömmerring, de oculorum hominis animaliumque sectione horizontali commentatio. Götting. 1818. tab. II.

**) Ebdend. tab. III.

Hälfte des andern, so daß was in beiden Augen links in gleichen Radien und gleicher Entfernung vom Mittelpuncte ist, und was unter denselben Bedingungen in beiden Augen rechts liegt, in subjectiver Hinsicht eins und dasselbe sind. Die Eintrittsstellen der Sehnerven an der innern Seite beider Augen sind demnach different, wie denn ihre Affection in beiden Augen, nicht subjectiv zusammenfällt, vielmehr die feurigen Kreise, welche im subjectiven Versuch durch die Zerrung der Sehnerven erscheinen, um die wahre subjective Größe der Summe der scheinbaren Entfernungen beider Sehnerven vom Mittelpuncte der Netzhaut, im Sehfelde von einander entfernt sind. Dadurch also, daß die Eintrittsstelle des Sehnerven des einen Auges nicht identisch ist mit der des andern, aber identisch mit einer andern freien Stelle der Netzhaut, wird bei dem Zusammenwirken beider Augen, die unempfindliche Eintrittsstelle des einen Auges, durch eine vollkommen empfindliche des andern ersetzt; und die undeutliche Lücke im Gesichtsfelde kann nur bei der isolirten Thätigkeit eines Auges entstehen. Wenn nun die Eintrittsstellen der Sehnerven bei den Thieren wie bei dem Menschen different sind, so können bei denjenigen Thieren, bei welchen Mittelpuncte der Augen und Eintrittsstellen der Sehnerven coincidiren, erstere nicht identisch seyn. Aus doppelten Gründen ist es also wahr, daß wenn beim Menschen die Mittelpuncte der Netzhäute ihre doppelten objectiven Eindrücke zu einer und derselben subjectiven Empfindung vereinigen, das Thier vielmehr, was immer für Theile der Bilder die Mittelpuncte seiner Netzhäute betreffen, bei unserer Voraussetzung diese doppelt sehen müsse.

2. In den Augen mehrerer Saurier befindet sich im Mittelpuncte der Netzhaut ein anschuliches foramen centrale, welches nicht wie bei dem Menschen scheinbar ist, wo die Markhaut selbst unverfehrt und vielleicht nur ihre

Gefäßplatte durchbrochen ist, sondern mit scharfen Rändern einen scheibenförmigen Theil der choriodea schwarz durchscheinen läßt. *Albers* *) fand bei einer 80 Pfd. schweren Schildkröte, deren Augen er nach dem Köpfen untersuchte, ein Centralloch der Retina mit gelbem Saume. An den Augen von *Crocodylus sclerops* und *Lucius* hat *D. W. Sommering* diesen schwarzen Diskus schon im Jahre 1818 beschrieben und abgebildet **). Auf des Hrn. *Ghr. Rudolphi* Veranlassung habe ich in Berlin das Auge eines jungen *Crocodylus* (*sclerops*?) in dieser Hinsicht untersucht und mich überzeugt, daß die Netzhaut im Mittelpuncte des Auges rund im Durchmesser fast einer Linie ausgeschnitten ist, und daß die dunkle Scheibe lediglich durch die choriodea gebildet wird. Uebrigens hat dieses foramen centrale nicht die geringste Aehnlichkeit mit dem scheinbaren foramen centrale des Menschen und einiger Affen, das über Verdienst berüchtigt geworden ist. *Knor* hat dieselbe Oeffnung der Netzhaut auch an mehreren Eidechsen gefunden, wie namentlich bei *Lacerta scutata*, *superciliosa*, *calotes* und beim *Chamäleon* ***). Wären also die Mittelpuncte der Netzhäute bei den Thieren wie bei dem Menschen identisch,

*) *Abh. der Acad. der Wissensch. v. München. B. 1. S. 83.*
Es ist jedoch zu bemerken, daß *Albers* später einmal unter denselben Bedingungen das Centralloch nicht wieder fand.

***) *A. a. O. Sommering* scheint mir jene schwarze Scheibe zu seitlich abgebildet zu haben.

***) *Mem. Wern. Soc. Vol. V. p. 2. Edinb. phil. Journ. oct. 1823. p. 358.* Nach *Knor* ist bei jenen Thieren auch der gelbe Fleck vorhanden. Liegt er vom foramen centrale entfernt? Wahrscheinlich würde er dann die Centralpuncte der identischen Ausbreitungen in beiden Augen bezeichnen können. Ich habe ihn im Auge des *Crocodylus* nicht gesehen.

so könnten von jenen Thieren diejenigen Theile der Bilder, welche die Mittelpuncte der Augen betreffen, gar nicht gesehen werden, und es würde bei der Größe der Oeffnung wenigstens ein ansehnlicher Theil aus dem objectiven Sehraume im subjectiven Gesichtsfelde ausfallen. Wenn aber die Netzhäute beider Augen nicht wie bei dem Menschen identisch oder subjectiv eins sind, so kann die Lücke in dem Gesichtsfelde des einen Auges durch die empfindende Markstelle des andern ersetzt werden, auf gleiche Weise, wie bei dem Menschen durch das Zusammenwirken beider Augen die undeutlich sehenden Eintrittsstellen der Sehnerven Ersatz finden.

3. Wenn es nun einmal gewiß ist, daß die Netzhäute der Thiere ein ganz anderes Verhältniß der Identität als die des Menschen haben, so können wir auf dem bisherigen Wege auch noch andere Stellen beider Augen ausschließen, von welchen wir mit Gewißheit behaupten können, daß sie nicht identisch seyn dürfen. Dahin gehören diejenigen Stellen der untern und äußern Hälfte beider Augen, wo bei den Vögeln und Eidechsen die Basis des Fächers auf der Netzhaut aufsteht. Da die so bedeckten Theile der Netzhaut beträchtlich sind, so müßten, wenn jene Theile identisch wären, noch größere Lücken in dem Gesichtsfelde entstehen.

4. Bei denjenigen Thieren, welche bei einer geringern Divergenz der Augen, mittlere vordere Gegenstände des Sehraumes fixiren, sind wir nun selbst im Stande das Verhältniß der differenten und identischen Stellen der beiden Netzhäute mit Gewißheit zu bestimmen.

Viele Säugthiere nämlich und namentlich die Raubthiere, wie die Katzen und Hunde, haben für mittlere vordere Gegenstände verschiedener Entfernungen, so gut wie die Menschen, einen verschiedenen Contactus der beiden Augen, oder eine bewegliche Convergenz der Sehachsen (nicht der Au-

genachsen); so daß ihre Augen, wenn gleich immer divergierend, dennoch sich einander zuwenden, wenn sie die nächsten Gesichtsobjecte in der Mitte des Sehraumes betrachten, sich von einander entfernen, wenn die Gegenstände ferner sind oder ferner rücken. Kurz die Augen dieser Thiere sind, wenn auch immer in den Augenachsen divergent, doch durch die bewegliche Convergenz der Sehachsen, welche den Gegenstand der Aufmerksamkeit in ihrem Vereinigungspuncte fixiren, immer zusammenwirkend. Man kann sich davon leicht an Hunden überzeugen. Tritt man ihnen nahe, so bewegen sich ihre Augen, einander sich nähernd, nach innen; entfernt man sich von ihnen, so entfernen sich ihre Augen, um Weniges nach aussen rotirend. Klebt man ihnen etwas auf die Nase, so bestreben sie sich, dieses genau zu sehen, sie schielen so gut wie wir bei den nächsten Gegenständen heftig nach innen, um dem Gesichtseindrucke identische Stellen zuzuwenden, um des einfachen Sehens willen. Deswegen läßt sich diesen Thieren der bewegliche Blick nicht absprechen, wenn die meisten anderen, ohne Contactus der seitlichen Augen, dieses ermangeln. Es ist also offenbar, daß bei den Thieren die Augenachsen und Sehachsen, welche bei dem Menschen zusammenfallen, ganz verschiedene Dinge sind, und daß die ersteren mit den letzteren unter ganz verschiedenen Winkeln bei verschiedenen Thieren kreuzen müssen. Die Sehachsen ändern bei jenen Thieren so gut wie beim Menschen ihre Convergenz nach Maßgabe der Entfernung der Gegenstände; sie sind bei den Thieren diejenigen Linien, welche, wenn das Thier irgend etwas fixirt, von dem Gegenstande der Fixation durch die Mittelpuncte der Linsen gehend, dort die divergirenden Augenachsen schneiden und in ihrer Verlängerung im äußern hintern Theile beider Augen in einem Puncte die Netzhaut treffen, welcher in beiden Augen in demselben Meridian

gleichweit vom Mittelpuncte der Netzhaut nach außen entfernt liegt. Diese beiden im äußern Theile der Netzhaut gelegenen Punkte sind die Centralpuncte der identischen Stellen, durch deren gleiche Affection das Thier fixirt; sie sind dasselbe, was im Auge des Menschen die Mittelpuncte der Netzhaut. Wenn bei dem Menschen ferner in beiden Augen alle Theile der Netzhäute identisch sind, welche von dem Mittelpuncte aus in gleichen Meridianen und gleich weit von jenen Mittelpuncten in beiden Augen entfernt sind, so sind bei den Thieren mit beweglichem Contuitus sofort alle diejenigen Stellen der beiden Netzhäute identisch, d. h. subjectiv eins, welche von jenen äußeren seitlichen Centralpuncten der identischen Stellen aus gleich weit von diesen in derselben Richtung entfernt, und in denselben Radien jener äußeren seitlichen Centralpuncte gelegen sind.

Wir können uns jetzt zu größerer Klarheit einer anschaulichen graphischen Darstellung bedienen.

Wenn Taf. I. Fig. 17. A, B, die beiden mit ihren Linsenachsen divergirenden Augen des Thieres, die natürliche Stellung für die Perception eines in der Richtung der Längsachse des Körpers gelegenen Gegenstandes a haben, so wird dieser dem Auge A in o dem Auge B in o erscheinen. Diese beiden Punkte sind die Centralpuncte der identischen Stellen; sie sind gleich weit vom äußern Rande des Ciliarringes entfernt; die Linien a o und a e, welche sich im Gegenstande der Fixation a vereinigen, sind die Sehachsen, welche sich mit den Augenachsen unter dem Winkel $\alpha x u$ kreuzen. Was nun in der graphischen Darstellung mit gleichen Tinten in beiden Augen bezeichnet ist, ist identisch, was mit ungleichen, ist different. So sind in beiden Augen diejenigen Stellen subjectiv eins, welche zwischen den Graden 40—50 enthalten sind, aber in umgekehrter Ordnung, so daß, wenn in dem Auge A 40 mit dem Rande der Netzhaut zusammenfällt, 50 aber um

10 Grade von diesem entfernt ist, in dem Auge B vielmehr 50 mit dem äußern Rande der Netzhaut zusammenfällt, 40 aber um eben so viel von diesem, als 50 in dem andern Auge, entfernt ist. Dieses Verhältniß der Inversion gilt für alle zwischen 40 und 50 denkbaren Grenzen. Nur die Grade 45 oder e und o liegen in beiden Augen gleich weit vom äußern Rande der Netzhaut entfernt; sie liegen in der Direction der Sehachsen, da die Augenachsen ganz verschiedene Stellen, in dem einen Auge 30 in dem andern 60 betreffen. Der Umfang der Netzhaut im Auge A von 50—80 ist durchaus different, subjectiv verschieden vom Umfang der Netzhaut im Auge B von 40—10; welche Verschiedenheit durch verschiedene Tinten angegeben ist. Die äußeren Theile der Netzhaut in dem Auge A von 40—50, so wie dieselben in dem Auge B von 40—50, sehen sich selbst im Zustande der Affection identisch im subjectiven Sehraume, so wie dieß beim Menschen in einem andern Verhältniß von den inneren Theilen des einen Auges mit den äußeren des andern gilt. Umgekehrt aber werden die Affectionen der Netzhaut im Auge A von 50—80, und die des Auges B von 40—10, nicht subjectiv im Sehraume eins erscheinen, sondern in Hinsicht des Ortes verschieden neben einander liegende Theile des gemeinsamen Sehfeldes darstellen; so etwa, wie wenn die subjective theilweise Vereinigung der beiden Sehfelder wie in Fig. 18. wäre.

Unter diesen physiologischen Bedingungen werden die Gegenstände des Horopters x d, wie immer auch die Augenachsen divergiren, einfach gesehen werden müssen. So erscheinen a, b, c dem Auge A in der Ordnung von innen nach außen gegen den orbiculus ciliaris an den Stellen der Netzhaut 45, 43, 40, dem Auge B in umgekehrter Ordnung vom orbiculus ciliaris aus in denselben identischen Stellen 45, 43, 40. Identische Theile auf gleiche Weise

afficirt, sehen einfach. Ein anderes Verhältniß ist mit den übrigen Theilen der Augen. Was über c im Horopter nach d zu liegt, kann von dem Auge A nicht mehr gesehen werden, wohl aber von B. Denn das von d ausgehende Licht vereinigt sich durch Refraction auf der Stelle 35 im Auge B. Mit dem 35. Grade des Auges B liegt im Auge A der 55. Grad in demselben Meridian. Was den Grad 55 im Auge A afficirt, kann nicht auf die Netzhaut des Auges B wirken. Diese Stellen sind überdieß subjectiv verschieden, d. h. sie mögen gleichartig oder ungleichartig afficirt seyn, im subjectiven gemeinsamen Sehfeld sind diese in gleichen Meridianen liegenden Stellen beider Augen örtlich geschieden. Es erscheinen also a , b , c beiden Augen und zwar subjectiv eins, x und d aber einzeln den einzelnen Augen und subjectiv verschieden. Das subjective Sehfeld enthält demnach unter den gegebenen physiologischen Bedingungen auch bei der Divergenz der Augen die Gegenstände in derselben Ordnung und einfach, wie sie in der äußern Natur gegeben sind.

Mit der Entfernung der Gegenstände oder des Horopters, wird auch die Convergenz der Sehachsen ao und ae ändern müssen, so zwar, daß, abgesehen von der Divergenz der Augenachsen, nur immer die Sehachsen, in dem Punkte der Fixation convergirend, sich kreuzen. Unter diesen Bedingungen werden auch hier, wie beim Menschen, die Gegenstände aller Entfernungen einfach gesehen werden müssen. Doppelbilder entstehen auf gleiche Weise, wie beim Menschen, wenn diese letzteren Bedingungen nicht erfüllt sind, wenn die Sehachsen über oder vor dem Gegenstande convergiren, in welchem Falle gleiche Bilder auf differente Theile beider Netzhäute fallen. Das aufgeführte Schema der identischen und differenten Theile der Netzhäute bei den Thieren war nur beispielsweise. Die Centralpunkte der identischen Stellen o , e liegen bei verschie-

denen Thieren verschieden vom Rande der Netzhäute entfernt, nach Maßgabe der größeren oder geringeren Divergenz der Augen; woraus hervorgeht, daß die in beiden Augen subjectiv übereinstimmenden Stellen der Netzhäute, auf Kosten der differenten, einen um so größern Umfang des Markgebildes einnehmen, je geringer die Divergenz der Augenachsen bei dem Thiere, oder je kleiner die Kreuzungswinkel der Sehnerven mit den Augenachsen sind. Bei den höhern Säugethieren, welche dem Menschen am nächsten stehen, bei den Affen, scheinen die Augenachsen mit den Sehnerven zusammenzufallen; ihre Augen liegen in derselben Ebene des Gesichtes und scheinen das Verhältniß einer durchgängigen Identität, wie beim Menschen, zu haben, womit ebenfalls das Vorkommen des gelben Fleckes in der Mitte des Auges übereinkommt. Bei allen übrigen Säugethieren divergiren die Augen in verschiedenen Ebenen; worüber die angehängte Tabelle der Ausmessungen nachzusehen. Unter den Vögeln liegen nur die Augen der Eulen fast in derselben Ebene des Gesichtes; alle anderen Vögel haben sehr divergirende Augen; weniger die Amphibien. Aber bei den Cetaceen und den meisten Fischen liegen die Augen ganz zur Seite des Kopfes in fast parallelen Ebenen. So ist die natürliche Divergenz der Augen bei den Thieren der sichere Maßstab für die Bestimmung des Verhältnisses der identischen zu den differenten Stellen ihrer Netzhäute. Mit einer gegebenen Divergenz der Augen bei einem Thiere, das wie die Hunde, die Neigung der Augen nach Maßgabe der Entfernung der Gegenstände abändert, mittlere Objecte des Gesichtsfeldes betrachtend, ist auch die Convergenz der Sehnerven für die Entfernung des Gegenstandes gegeben. Diese Sehnerven treffen die Centralpunkte der identischen Stellen.

Die meisten Säugethiere richten ihre Aufmerksamkeit

vorzugsweise auf die in der Richtung der Längsachse des Körpers gelegenen Gegenstände; sie ändern die Divergenz der Augen oder die Convergenz der Sehachsen nach Maßgabe der Entfernung der in dieser Richtung ihnen gebotenen Objecte; sie haben dadurch eine Spur des beweglichen Blickes, und man sieht, wie diesen Thieren die Augenmuskeln eben so nothwendig zum Contuitus, wie dem Menschen sind. Bei den Vögeln selbst, wo die Augen fast parallel zu den Seiten des Kopfes liegen, ist die Aufmerksamkeit noch zum Theil auf die in der Richtung der Längsachse des Körpers gelegenen Gegenstände gerichtet, wenn diese nur nicht zu nahe sind, als daß sie Bilder auf den äußeren identischen Theilen der Netzhäute entwerfen könnten. Daß aber von entfernteren mittleren Gegenständen in der That Bilder auf den äußeren und hinteren Theilen der beiden Netzhäute erzeugt werden können, davon habe ich mich auf folgende Art überzeugt. Ich nahm die knöchernen Bedeckungen über den Augen des getödteten Vogels weg, so daß die oberen Segmente der Augen frei dalagen. Nachdem ich von diesen sorgfältig alles Zellgewebe lospräparirt, schnitt ich sehr behutsam, ohne die Augen zu zerren und zu verrücken, mit Hülfe eines sehr scharfen Messers und einer gekrümmten Augenscheere, ein kleines rundes Stück, sclerotica, chorioidea und retina, so wie einen kleinen Theil des Glaskörpers begreifend, aus dem obern Segmente beider Augen aus, wodurch ich eine freie Einsicht in den Boden der Augen durch den Glaskörper gewann. In einem geräumigen Zimmer, dessen Fenster, außer einem einzigen, verdunkelt wurden, durch welches letztere die Sonne schien, hielt ich in größerer Entfernung die Augen bei ihrer natürlichen Lage innerhalb der Augenhöhlen, dem Lichtscheine des erhellten Fensters entgegen, so zwar, daß das Fenster in der Richtung der Längsachse des Kopfes gelegen

war. Das Bild des Fensters erschien in beiden Augen in ihrem hintern äußern Theile, verschwand aber in beiden, wenn ich mich dem Fenster zu sehr näherte. Dieser Versuch wurde an einem Haushahne angestellt. Die Erscheinung der Bilder mittlerer vorderer Gegenstände in den hinteren und äußeren Theilen beider Augen zu gleicher Zeit wird bei den Vögeln durch mehrere Umstände begünstigt, einmal durch die viel geringere Breite der Iris an ihrem vordern innern Abschnitte bei vielen Vögeln, womit eine geringere Breite des corpus ciliare an diesen Stellen verbunden ist, dann aber auch dadurch, daß die Hornhaut und die Linse bei manchen Vögeln etwas mehr nach vorn, als in der Achse des Auges gelegen sind, wodurch sich der hintere und äußere Theil der Höhle des Auges erweitert. Dasselbe findet in geringerem Grade auch bei mehreren Säugethieren statt, wie nach Sommerings Abbildungen beim Wolf, beim asiatischen Elephanten, in hohem Grade aber beim Pferde, wo nicht allein das corpus ciliare im hintern äußern Segmente des Auges viel breiter wird, sondern auch derselbe Theil der Höhlung des Auges bedeutend erweitert ist. Unter den Fischen kenne ich diese Bildung nur von *Esox Lucius*, bei dem sie aber aus der Abbildung von Sommering viel zu wenig erkennbar ist. Die Vögel treffen die vor ihnen liegenden Körner mit Bestimmtheit, ohne ihrem Bilde erst den mittlern Theil der Netzhaut durch seitliche Wendung des Kopfes auszusetzen. Indessen sehen die Vögel auch die seitlichen Gegenstände sehr deutlich, ohne ihnen die Sehachsen zuzuwenden, mit einem Auge. Bei seitlichen Gesichtsobjecten scheint Behufs des deutlichen Sehens die Thätigkeit des einen Auges die des andern zu überwiegen; unter diesen Umständen sind die Bewegungen beider Augen immer gleichzeitig und in entgegengesetzter Richtung, wie ich mich an Papagayen überzeugt habe. Ob die Convergenz der Sehachsen oder die

Divergenz der Augenachsen für verschiedene Entfernungen mittlerer Gegenstände sich abändere, wage ich trotz vieler Bemühungen nicht zu entscheiden. Für entferntere Gegenstände braucht die Abänderung der Convergenz der Sehachsen, so gut wie beim Menschen, nur sehr klein zu seyn; und die nächsten mittleren Gesichtsobjecte sehen die Vögel doch nicht mit beiden Augen zugleich; weshalb sie um jedes Kornes willen, das sie auslesen, den Hals vorschießen und zurückziehen. Wenn bei uns die seitlichen Theile der Netzhaut weniger empfindlich sind, auch außerdem aus Bedingungen der Refraction minder deutliche Bilder erhalten, so scheint bei den Thieren in doppelter Beziehung ein anderes Verhältniß obzuwalten. Einmal sind es nur die äußeren hinteren Theile der Netzhaut, welche, in beiden Augen Bilder derselben Gegenstände empfangend, identisch sind; also auch nur in diesen Theilen kann die Intensität des Gesichtes durch Zusammenwirken beider Augen erhöht seyn. Alle anderen Theile, subjectiv different, wie sie sind, sind nur einseitig erhellt. Dann aber auch scheinen durch Bedingungen der Refraction deutlichere Bilder auf den seitlichen Theilen des Augenbodens bei den Thieren gestattet zu seyn. In den Augen der Wiederkäufer, welche ich so wie die Augen des Vogels behandelte, waren sogar die Bilder jederzeit noch deutlicher, wenn ich dem Auge eine solche Stellung gegen das blendende Object gab, daß die Bilder auf den seitlichen Theilen der Netzhaut verzeichnet wurden. Bei denjenigen Thieren, bei welchen die Achse des Auges nicht auch die Achse der Linse ist, so daß letztere um wenig nach innen neigt, wie bei dem Pferde, bei *Strix bubo*, bei *Falco chrysaetos*, *Esox Lucius*, *Cobitis anableps* *), muß diese Wirkung noch sehr erhöht werden, und

*) Siehe *Sömmerring a. a. D. Tab. II. III.*

zwar müssen bei diesen Thieren vorzugsweise die äußeren hinteren Theile der Netzhäute an Deutlichkeit der Bilder gewinnen. Versuche über diesen Gegenstand an dem Auge des Hechtes gedenke ich später ausführlicher zu erzählen. Ich will hier nur dieß erwähnen, daß, wenn das Auge des Hechtes, so präparirt, wie es oben angegeben ist, unter Wasser gehalten wird, und das Bild der Sonne durch einen Hohlspiegel auf die Wand des sehr großen Gefäßes, in welchem das Auge gehalten wird, unter Wasser geworfen wird, das auf der Retina verzeichnete Bild immer doppelt und schwach im mittleren Theile der Netzhaut, einfach und hell aber auf den seitlichen und äußersten Theilen derselben erscheint, wie man durch den künstlichen Ausschnitt des Auges sehr wohl bemerken kann.

Je größer die Divergenz der Augen bei den Thieren, um so geringer wird auch die bewegliche Convergenz der Sechachsen, um so kleiner die identischen Antheile der Netzhäute im hintern äußern Theile derselben, um so größer der Umfang der subjectiv differenten Theile des Markgebildes. Mit der ganz seitlichen Lage der Augen, wie bei den Cetaceen und den mehresten Gräthenfischen hört selbst die partielle Identität der Gesichtsfelder ganz auf. Diese Unterschiede der Bildung der Sehsinnssubstanz müssen sich auch in den Sehnerven und im Chiasma beurfunden. Wir haben als Extreme zu betrachten das Chiasma des Menschen mit ganz identischen Gesichtsfeldern, und die vollkommene Decussation der Sehnerven ohne Chiasma bei den Fischen mit ganz differenten Gesichtsfeldern. Zwischen diesen Extremen muß bei den Thieren mit zum Theil identischen, zum Theil differenten Gesichtsfeldern auch die Bildung des Chiasma bis zu seinem Verschwinden unter den Fischen sich abändern. Auf welche Weise dieß geschehen könne und müsse, wollen wir in dem folgenden Abschnitte untersuchen; wir können nun die früheren

Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Chiasma vorbereitet auch auf die Thiere ausdehnen.

5. Von der in der organischen Bildung begründeten physiologischen Bedeutung des Chiasma und der Kreuzung der Sehnerven bei den Thieren.

So wie in der Thierwelt die Identität der beiden Netzhäute, welche im Menschen absolut ist, abgeändert wird in theilweise Identität, in theilweise Differenz, so muß auch mit dieser physiologischen Umwandlung die Bildung des Chiasma sich verändern, von welchem aus die beiden Zweige des Sehorganes ihren Ursprung nehmen. Wir wollen auch, ehe wir unsere fragmentarischen Untersuchungen über den Bau des Chiasma bei den Säugethieren, Vögeln und Amphibien mittheilen, aus dem vorher entwickelten Begriff einer theilweisen Identität und Differenz der Gesichtsfelder die Bildung des Chiasma zu erschließen suchen.

Den in beiden Augen identischen Stellen von 40 — 50 Fig. 17. muß in den Sehnerven beider Augen ein Theil der Fasern entsprechen, welche im Chiasma eine Vereinigung zu Mutterzweigen erleiden. Dieß kann so geschehen, wie es in der 8. Figur der ersten Tafel versinnlicht ist. Das Faserbündel a in beiden Sehnerven entspricht den identischen Theilen beider Netzhäute von 40 — 45 Fig. 17., und diese beiden Faserbündel verbinden sich in ihren entsprechenden identischen Zweigen zu dem gemeinsamen Faserbündel c. Das Faserbündel b in beiden Sehnerven entspricht den identischen Theilen beider Netzhäute von 45 — 50 und diese

beiden Zweige *b* verbinden sich zu dem gemeinsamen Faserbündel *d* der andern Wurzel des Chiasma. *a b* von *A* und *a b* von *B* verhalten sich also gerade so zu *c* und *d*, wie in der menschlichen Sehsinnsubstanz. So wie aber die Theile von 50 — 80 des einen Auges gegen die Theile 10 — 40 des andern Auges ganz different sind, so können auch alle Fasern der Sehnerven, welche diese Theile der Netzhäute bilden, keine Vereinigung zu Mutterzweigen im Chiasma eingehen, sie müssen sich kreuzen und sofort in den entgegengesetzten Wurzeln des Chiasma verlaufen. Das Faserbündel *e* entspricht den Theilen der Netzhaut *A* von 50 — 80, das Faserbündel *f* des andern Sehnerven den Theilen 10 — 40 des andern Auges, beide Faserbündel kreuzen sich schlechthin und erscheinen unverändert in *f* und *e* der beiden Wurzeln des Chiasma. So bildet also die Wurzel *f c* die Theile *a* des einen Auges und *f a* des andern, so bildet die Wurzel *d e* die Theile *b e* des einen Auges und *b* des andern. $f c + d e$ ist gleich $f + a a + b b + e$, oder = 10 — 40 des Auges *B* + 40 — 50 der beiden Augen + 50 — 80 des Auges *A*, oder = 10 — 80 des gemeinsamen Gesichtsfeldes beider Augen in Fig. 18.

Diese theilweise Kreuzung der differenten Fasern und theilweise Vereinigung der identischen Fasern zu gemeinsamen Wurzelzweigen muß dem Chiasma aller Thiere zukommen, welche einen beweglichen Blick für vordere mittlere Gegenstände haben, wenn anders unsere Ansicht und Beweise von der theilweisen Identität und Differenz der Netzhäute bei den Thieren richtig sind. Und zwar werden die sich kreuzenden und vereinigenden Theile der Sehnerven sich verhalten müssen, wie die differenten und identischen Theile der Augen. Wenn aber die Augen keiner beweglichen Convergenz der Sehachsen für die Fixation vorderer mittlerer Gegenstände verschiedener Entfernung mehr fähig

sind, so wird mit den identischen Stellen der beiden Netzhäute auch die Vereinigung identischer Faserbündel im Chiasma aufhören müssen. Das Chiasma wird fehlen müssen, wo die seitlich liegenden Augen ganz verschiedene Gesichtsfelder haben, und wo die Augen in ihren Bewegungen nicht mehr die Convergenz der Sehachsen oder die Divergenz der Augenachsen vermehren und vermindern, wo die beiden Augen sich immer nur mit parallelen Sehachsen bewegen, so daß das eine Auge sich nicht nach außen bewegen kann, ohne gleiche Einwärtsbewegung des andern. Dieß hat bei den Gräthenfischen statt. Sie ermangeln alle des Chiasma, die Sehnerven kreuzen sich schlechthin, einer über den andern, ohne Spur der Faserverbindung. Und zwar ist es bei einer und derselben Art nach den Untersuchungen von Rudolphi bald der linke bald der rechte, der über den andern weggeht *) . Fig. 9.

Bei den Wirbelthieren, wo eine theilweise Kreuzung statt findet, geschieht diese entweder durch einzelne Fasern wie bei den Säugethieren, oder durch Blättchen wie bei den Vögeln und Amphibien. Sobald aber das Chiasma aufhört, bei den Gräthenfischen, verlieren die Sehnerven ihre faserige oder blätterige Textur ganz und werden bandförmig, so daß der Sehnerven als eine einfache membranöse Ausbreitung aus der faserigen membranösen Hülle der Sehhügel entsteht und in seinem Verlaufe bis zum Auge nur zusammengefaltet ist. Die Sehnerven der linsenhaften Augen der Spinnen, Scorpionen und Insekten mit glatten Augen, bei welchen Thieren die Augen überall in den wesentlichen Theilen denen der Wirbelthiere ähnlich, sich von den

*) Nur beim Kabliau, *Gadus morrhua*, sollen nach Peter Camper die Sehnerven ohne Vereinigung und ohne Chiasma gerade zu den entsprechenden Augen verlaufen. Vergl. Rudolphi, Physiologie 2. Bd. S. 203.

zusammengesetzten Augen der Insecten unterscheiden, erleiden endlich weder eine Vereinigung noch eine Kreuzung ihrer Fasern. Mit der beweglichen Convergenz der Sehachsen hört das Chiasma auf, mit der Bewegung der Augen überhaupt, hört auch die Kreuzung auf.

Säugethiere.

Chiasma des Ochsen.

Das Chiasma des Ochsen unterscheidet sich von dem des Menschen, nach sorgfältiger Entfernung der Gefäßhaut und nach einer kurzen Einwirkung der Säuren, dadurch, daß es von seinen Wurzeln und den Sehnerven durch eine vierseitige Begrenzung unterschieden werden kann. Wo die Wurzel des Chiasma in das Chiasma tritt, ist sie von diesem durch eine Furche oberflächlich abgegrenzt, welche als eine Fortsetzung des innern Randes der entgegengesetzten Wurzel erscheint, in derselben Richtung verlaufend; ferner, wo der Sehnerv aus dem Chiasma heraustritt, sind beide wieder durch eine Furche und einen etwas erhabenen Limbus des Chiasma geschieden, welche in der Richtung des äußern Randes der Chiasma-Wurzel derselben Seite verlaufen. Die beiden hinteren Furchen, welche in dem hintern Winkel des Chiasma zusammenkommen, sind bei dem Ochsen sowohl an der obern als an der untern Fläche sichtbar; an der obern verlaufen sie mehr gerade, an der untern mehr ausgebuchtet, so daß sie hier nicht im hintern Winkel des Chiasma zusammenkommen, sondern durch die graue Platte getrennt sind. Die vorderen Furchen sind beim Ochsen nur an der untern Fläche, aber hier sehr sichtbar, indem die Fasern des Sehnerven von dem Limbus des Chiasma und jener Furche senkrecht ausgehn.

Die zweite Figur der zweiten Tafel stellt das Chiasma des Ochsen von der obern Fläche, die dritte Figur von der untern Fläche dar.

Fig. 2. a. a. Die Wurzeln des Chiasma.

b. b. Die hinteren Furchen, im Winkel des Chiasma zusammentretend.

c. c. Die Sehnerven.

Fig. 3. a. a. Die Wurzeln des Chiasma.

b. b. Die hinteren Furchen zwischen den Wurzeln und dem Körper des Chiasma, durch graue Substanz im hintern Winkel des Chiasma getrennt.

d. Endigung der grauen Substanz der grauen Platte in einer seichten Vertiefung im hintern Theile des Chiasma.

e. e. Vorderer Limbus des Chiasma auf beiden Seiten im vordern Winkel durch die vordere Grenze des Chiasma f bogenförmig vereinigt.

g. g. Die Fasern der Sehnerven, aus den vorderen seitlichen Furchen unter dem Limbus des Chiasma-Körpers entspringend.

An der untern Fläche hat demnach das Chiasma des Ochsen eine sechsseitige Begrenzung, von hinten durch die graue Substanz der grauen Platte c, nach hinten seitlich durch die Furchen zwischen dem Chiasma-Körper und den Chiasma-Wurzeln b, b, nach vorn seitlich durch den Limbus des Chiasma-Körpers und die Furchen zwischen diesem und den Sehnerven e, e, von vorn durch die bogenförmige Vereinigung des beiderseitigen Limbus im Winkel der Sehnerven f.

Weber im frischen Zustande noch nach der Behandlung mit Säuren ist an der Oberfläche des so begrenzten Chiasma eine Spur von Faserung zu bemerken. Nach der Behandlung mit Säuren zerfallen die Sehnerven in ihre Fasern, können aber nur bis an den seitlichen Limbus des Chiasma verfolgt werden. Doch entspringen die inneren oberflächlichen Fasern der Sehnerven zum Theil deutlich aus dem vordern Theile des Limbus selbst, ohne jedoch weiter geschieden zu seyn. Dieß ist in der dritten Figur an seiner Stelle angedeutet.

Ich ließ das Chiasma des Ochsen 36 Stunden in concentrirter Salzsäure liegen, worauf die Masse graulich und wie halbdurchsichtig wurde, übrigens aber solche Consistenz behielt, daß mit einem feinblättrigen sehr scharfen Messer auch dünnere Schichten vorsichtig und ohne Zerrung abgetragen werden konnten. Diese Behandlung schien mir nach mehrfachen Versuchen in Hinsicht verschiedener ägender Substanzen und verschiedener Zeit am zweckmäßigsten. Die Durchschnittsfläche, welche ich so gleich beschreiben werde, war vorzüglich rein ausgefallen; ich wählte sie als typische, obgleich ich auch in andern Durchschnittsflächen wesentlich dasselbe sah, wobei nicht zu verschweigen ist, daß diese Untersuchungen an vielen Chiasmen von Ochsen wiederholt worden. Die Zeichnung habe ich selbst im vergrößerten Maßstabe mit der größten Genauigkeit und Treue nach der Natur aufgenommen.

Vierte Figur der zweiten Tafel.

- A. B. Die Wurzeln des Chiasma, durchaus ohne Spur von Fasern.
- C. D. Die faserigen Sehnerven.
- E. Graue Substanz zwischen den Wurzeln des Chiasma.

a. a. Grauliche Grenze der faserlosen Substanz der Chiasma-Wurzeln, entsprechend den Furchen b, b der dritten Figur. Vor dieser Grenze aus beginnt die faserige Bildung des Chiasma plötzlich und entschieden. Die Fasern haben einen dreifach verschiedenen Verlauf.

Diejenigen Fasern d, welche in dem hintern Theile des Chiasma von dem innersten Theile der Chiasma-Wurzeln entspringen, haben einen fast bogenförmigen Verlauf von der einen Seite zur andern, so daß die Chiasma-Wurzeln an dieser Stelle durch Commissuren von einzelnen Fasern vereinigt zu seyn scheinen. Indessen haben auch hier schlingenförmige Verbindungen der einzelnen Fasern wie überall statt. Die mittleren Fasern des Chiasma haben einen mehr schiefen Verlauf von dem mittlern größten Theile der grauen Fasergrenze e nach dem Sehnerven der entgegengesetzten Seite. In dem gegenwärtigen Durchschnitte sind diejenigen kreuzenden Fasern mehr sichtbar, welche von B nach C dringen, in andern Durchschnitten sah ich das Gegentheil. Gleich nach ihrem Ursprunge aus der grauen Fasergrenze e verschlingen sich schon die einzelnen Fasern vielfach, indem sie mehr unregelmäßig als parallel verlaufen. Wo sie aber die Achse des Chiasma erreichen, um sofort nach dem entgegengesetzten Sehnerven C überzusetzen, gehen von ihnen hier und dort deutlich mehr quer verlaufende Fasernzweige ab, welche dem Sehnerven D zugewandt sind, und mit den Fasern derselben sich zu verschlingen scheinen. Diese quer verlaufenden und von der kreuzenden Richtung der Mutterfasern abgehenden Zweige sind, wie auch die Abbildung zeigt, in dem größten Theile des Chiasma sichtbar.

Es scheinen also wirklich die kreuzenden Fasern Zweige für den Sehnerven derselben Seite abzugeben, was mit der vorausgeschickten Construction übereinstimmt. Im vordern Theile des Chiasma sind diese gewundenen quer

verlaufenden Fasern noch besonders deutlich, und es scheint durch sie, wie im hintern Theile, wieder eine Commissur der Fasern beider Sehnerven statt zu finden. Die dritte Ordnung der Fasern des Chiasma betrifft diejenigen, welche von dem äußern Theile der Sehnerven entspringen b, b und, sich bogenförmig an dem äußern Rande des Chiasma umschlagend, in den äußern Theil der Faserung des Sehnerven selbiger Seite übergehen c. Es ist jedoch sehr zu merken, daß auch aus jenen nach derselben Seite verlaufenden Faserbogen sich wieder andere erheben, die in kreuzender Richtung nach dem entgegengesetzten Sehnerven verlaufen. So viel ist aus unserer Abbildung klar, daß die äußeren Fasern der Chiasma-Wurzel zum Theil zwar nach derselben Seite umschlagen, zum Theil aber auch kreuzend zu den inneren Fasern des Sehnerven der Gegenseite werden. Und so viel zur Auslegung unserer Abbildung, die der aus andern Gründen entwickelten Construction keineswegs entgegen ist, vielmehr diese zu stützen scheint. Wohl aber ist das Ergebnis unserer Untersuchung früheren Angaben Anderer entgegen; denn die Wurzeln des Chiasma sind nicht faserig, die aus den Wurzeln entspringenden Fasern kreuzen sich keineswegs ganz, und aus denselben Stellen, wo nichtkreuzende Fasern entspringen, entstehen andere, welche kreuzen.

Chiasma des Pferdes.

Das Chiasma des Pferdes habe ich bloß von seiner untern Fläche an einem sehr wohl erhaltenen und kurze Zeit in Weingeist aufbewahrten Gehirne untersucht. Durch die Güte des Herrn Dr. Gurkt, Lehrers der Anatomie an der Thierarzneischule zu Berlin, erhielt ich mehreremal Chiasmen von Pferden, war aber damals noch nicht mit der rechten Methode bekannt geworden, diese zu untersuchen, so daß microscopische Untersuchungen und die subtilsten

Durchschnitte frischer Exemplare mich nichts von der innern Bildung erkennen ließen. Ich muß mich daher bloß auf die äußere Bildung des Chiasma bei dem Pferde beschränken.

Fünfte Figur der zweiten Tafel.

Chiasma des Pferdes von der untern Fläche.

A. B. Die Sehnerven.

C. D. Die Wurzeln des Chiasma.

a. a. Ein fast membranöser sichelförmiger Zuwachs des Sehnerven, der von dem äußern Rande der Chiasma-Wurzel derselben Seite ausgeht, an der Seite des Chiasma verläuft, indem er am breitesten wird, und sich allmählig in den äußern Theil des Sehnerven derselben Seite verliert. Diese Falte kommt mehr vom obern Theile der Chiasma-Wurzel.

Der untere Theil der Wurzel C linker Seite geht aber nicht zum Sehnerven derselben Seite, sondern in einem bogenförmigen nach außen convergen immer dünner werdenden Fortsatz b in den innern Theil des entgegengesetzten Sehnerven B hin. Der untere Theil der rechten Wurzel D scheint mit einem ähnlichen geschweiften Fortsatz c unter dem erstern zu dem entgegengesetzten Sehnerven A zu gehen. Zwischen diesen beiden sich kreuzenden Fortsätzen entsteht im mittlern Theile der untern Fläche des Chiasma eine längliche Grube d, die mit Spuren der grauen Substanz in die graue Platte e übergeht. Deutliche Fasern habe ich nur in der grauen Platte bemerkt; diese verlaufen zum Theil in der Mitte geradlinigt, zum Theil seitlich buchtig, nach dem geschweiften Verlauf jener sie einschließenden sich kreuzenden Fortsätze, gegen die genannte mittlere Grube hin.

Es ist hier, zumal äußerlich, schon deutlich, wie der äußere Theil der Wurzel sowohl den äußern Theil des Sehnerven derselben als den innern des Sehnerven der entgegengesetzten Seite abgibt. Indem aber die Wurzel C in ihrem kreuzenden geschweiften Fortsatz immer dünner wird und nur mit ihrem dünnsten Theile die innere Portion des entgegengesetzten Sehnerven B erreicht, scheint sie in ihrem Verlauf über den Sehnerven A, auch Fasern für eben diesen Sehnerven A derselben Seite abzugeben, wie wir dies an dem ähnlichen vordern Limbus des Chiasma beim Menschen deutlich bemerkt haben (Fig. 3.).

Chiasma des Affen.

Untersuchungen über die innere Faserung des Chiasma der Säugethiere, welche den von mir mitgetheilten Beobachtungen vorausgegangen wären, kenne ich nicht, außer einem Fragmente von G. R. Treviranus *) über die Bildung des Chiasma bei Simia Aigula, worüber ich hier auszugswise berichte. Schon an der Außenseite war unter einem mäßig vergrößernden Glase die faserige Structur zu erkennen. Als Treviranus die Sehnerven einige Zeit in ägendem Kali hatte liegen lassen, um sie zu erweichen, und dann nach Wegnahme ihrer Scheide die Fasern mittelst feiner Nadeln und eines Pinsels zertheilte, sah er, daß die äußeren Fasern der obern Seite jedes Sehnerven sich vom Hirnende bis zum Augende desselben fortsetzten, ohne sich mit denen des andern Nerven im Chiasma zu verbinden, daß hingegen die inneren und unteren Fasern des einen Nerven im Chiasma zum andern Nerven übergiengen und sich mit den nämlichen Fasern des letztern aufs innigste verwebten. Es hielt

*) Vermischte Schriften III. B. Bremen 1820. S. 168.

schwer zu entscheiden, ob ein Theil dieser Fasern von der einen Seite zur entgegengesetzten übergieng. Bei einigen schien dieß der Fall zu seyn. Die ganze Masse der inneren, mit einander verflochtenen, Fasern des Chiasma war offenbar größer als die der äußeren, welche ohne Verbindung mit denen der entgegengesetzten Seite zum Auge fortgiengen.

Bögel.

Carus beschrieb im Jahre 1814 zuerst die blätterige Kreuzung im Chiasma der Bögel. Er sagt in seinem gehaltvollen Werke über das Gehirn *): »Durchschneidet man das Chiasma senkrecht, so bemerkt man auf der Schnittfläche mehrere Querstreifen, und es ergiebt sich bei einer genauern Untersuchung, daß diese Streifen entstehen von einem theilweisen Uebereinandergreifen einzelner Blätter der Sehnerven. Indem nun aber hinter dem Chiasma diese einzelnen Blätter sich wieder vereinigen, um den starken aber sehr kurzen Sehnerven zu bilden, so entsteht in demselben eine faltige Structur, die gewöhnlich in einer besonders in der Nähe des Chiasma deutlichen Canalirung des Sehnerven sich manifestirt **), und, was nun besonders wichtig ist, was man aber wenig oder gar nicht berücksichtigt hat, offenbar den Grund enthält von dem das Auge der Bögel auszeichnenden kammförmigen Fortsatz einer Gefäßhaut.«

*) Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns nach ihrer Bedeutung, Entwicklung und Vollendung, mit 6 Kupfert. Leipz. 1814.

***) Ebend. Taf. IV. Fig. IX. 2. Fig. XIV. 2.

Im Jahre 1815 hat A. Meckel *) diese Bildung genauer beschrieben. Meine Untersuchungen stimmen mit dieser Darstellung ganz überein. Es ist billig, daß ich Meckels eigene Darstellung heraushebe, um sofort aus meinen eigenen Untersuchungen die nöthigen Zusätze zu machen. Ich führe aber um so lieber des Verfassers eigene Worte an, da Desmoulins in einer neuern Berührung dieses Gegenstandes, auf die wir mehrfach zurückkommen werden, mit vielem Aufwande zu beweisen suchte, wie neu dasjenige sey, was er von der blätterigen Bildung der Sehnerven beim Adler und Geyer sagt, wobei aber nicht einmal der blätterigen Kreuzung im Chiasma erwähnt wird.

» Hebt man vom Sehnerven nach oben zu Markschichten auf, so findet man, daß die äußeren Schichten desselben sich bis zur Sylvischen Grube aufheben lassen, die inneren aber allmählig immer kürzer werden und immer tiefer an den Bierhügeln entspringen. Diese Art der Trennung des Sehnerven in verschiedene Schichten ist aus seiner eigenthümlichen Art der Kreuzung mit dem entgegengesetzten zu erklären. Die Sehnerven der Vögel haben die eigenthümliche Beschaffenheit, daß sie sich an der Stelle, wo sie von beiden Seiten in Berührung kommen, in eine gewisse Anzahl von Blättern spalten, welche sich von beiden Seiten gegenseitig aufnehmen, so daß zwischen zwei Platten des einen immer eine des andern Nerven hindurch geht, und nach diesem Durchgange alle Platten wieder zur Bildung des ganzen Nerven zusammentreten. Die Markfasern, aus welchen der Nerve besteht, scheinen hierbei mit denen des andern Nerven bloß in genauere Berührung zu kommen, aber keine Vermischung zu erleiden; denn man

*) Anatomie des Gehirns der Vögel. Deutsches Archiv für die Physiologie 2. B. S. 25.

kann bei einem erhärteten Gehirne sehr leicht die ganze Kreuzung der Sehnerven aufblättern, ohne sichtbare Zerreißung der Fasern entstehen zu sehen, was jedoch die Verbindung durch einzelne feine Fasern nicht ausschließt *). Die (senkrechte) Durchschnittsfläche der Kreuzung ist oval und besteht, dem ersten Anscheine nach, aus Streifen von verschiedener Substanz, welche in der Richtung des Sehnerven von einer Seite zur andern quer übergehen, in der Mitte des Ovals länger und gerade, nach dem vordern und hintern Rande hin abnehmend und etwas gebogen sind. Sie liegen so begrenzt, als wenn man die Finger der einen Hand in die Zwischenräume zweier Finger der andern Hand steckt, und es sind bei der Gans 15—16, bei der Krähe, wie die Figur **) zeigt, gegen 30 solcher Streifen, welche das Eigene haben, daß sie ihre Farbe verändern, sobald das Licht von verschiedenen Seiten darauf fällt, so daß sie bald weiß, bald grau erscheinen ***). Will man diese Spaltung der Nerven vor und hinter der Kreuzung noch weiter verfolgen, so ist dieß wohl möglich, aber unmöglich ist es, diese Spaltung wenigstens nach dem Auge hin zu verfolgen, ohne eine Menge der feinsten Markfasern zu zerreißen. Verlängerungen der Gefäßhaut gehen zwar zwischen die Platten der Nerven bei der Kreuzung ein, eben so wie sie jedes etwas abge sonderte Markbündel, ja jede einzelne Markfaser umgeben, aber keineswegs weder vor noch hinter der Kreuzung als besondere Membranen durch den Sehnerven zum Auge oder Gehirne fort. Blättert man nun sorgfältig die Kreuzung der Sehnerven von hinten nach vorn auf, so wird man ungefähr an ihrer Mitte dicht über ihr

*) a. a. D. S. 60.

**) Ebend. Taf. 1. Fig. 3. A. B.

***) a. a. D. S. 37.

von jedem Nerven ein dünnes Markbündel kommen sehen, welches sich zwar auch mit dem der andern Seite in der Mitte kreuzt, aber gleich darauf in den Nerven der andern Seite wahrhaft übergeht, und also eine deutliche und starke Verbindung beider Sehnerven unter einander bildet *). «

Die blätterige Kreuzung ist, wenn man die Gefäßhaut vorsichtig und genau entfernt hat, gewöhnlich schon an der Oberfläche des Chiasma, vorzüglich an der untern Fläche desselben sichtbar.

In der 1. Figur der 3. Tafel ist das unverkehrte, nur von seinem häutigen Wesen gereinigte Chiasma eines Haushahnes mit seinen Verbindungen nach einem ganz frischen weder mit Alcohol, noch mit Säuren behandelten Präparate von der untern Fläche dargestellt. Das Auge ist an der Eintrittsstelle des Sehnerven durchschnitten.

- a. Die Sehhügel.
- b. Die Hypophyse des Gehirns.
- c. Die Wurzeln des Chiasma.
- o. Kreuzung der obersten schmalsten Blätter.
- d. Die Sehnerven in ihrem hintern und untern Theile gefurcht, Spuren der fortgesetzten Blätter, Rand des untersten und schmalsten Blattes.
- e. Furchen in dem geschweiften Ende des Sehnerven der rechten Seite.
- f. Geschweiffter Fortsatz des Sehnerven, wo er durch die sclerotica und chorioidea bringt.

*) a. a. D. S. 61. Ebend. Fig. II. 30. Durchschnittsstelle der Sehnerven, 29. Commissur derselben.

g. Härteres von der sclerotica getrenntes Blättchen, an seiner innern Wand schwärzlich, außen weiß. Das Analogon der lamina cribrosa des Menschen und der Säugethiere.

h. Die Neshaut.

i. Der Kamm im ganzen Verlauf der Eintrittsstelle des Sehnerven.

k. Chorioidea.

l. Sclerotica.

Fig. 2. Ansicht desselben Präparates von oben. Die Kreuzung ist hier nur in dem vordersten Theile sichtbar.

a. b. Die Wurzeln des Chiasma.

c. d. Die Sehnerven.

e. Vorderer Winkel des Chiasma, in welchem die Kreuzung am deutlichsten, entsprechend d der Fig. 3.

Fig. 3. Ansicht des Chiasma von vorn, im Winkel der beiden Sehnerven.

a. Die Sehhügel.

b. Die Wurzeln des Chiasma.

c. Das Chiasma.

d. Scheidung der Blätter im Winkel der Sehnerven.

e. Die Sehnerven.

Wird das Chiasma senkrecht in der Richtung von einer Seite zur andern in Schichten getheilt, so ist der Durchgang der Blätter in allen Schichten deutlich. In den vordersten Schichten stellt derselbe nur eine zickzackförmige Linie dar, auf deren einer Seite die Substanz weißlich, auf deren andern sie graulich erscheint. Fig. 4

Bei anderer Beleuchtung wechselt dieser Schimmer. Je weiter die Durchschnitte der Mitte des Chiasma sich nähern, um so größer werden die Höhen der Winkel in der zickzackförmigen Linie, Fig. 5. so daß also hier die Blätter immer tiefer in ihre Zwischenräume gegenseitig eindringen. Der senkrechte Durchschnitt des Chiasma in der Mitte seiner Längsachse zeigt den zusammengesetztesten Durchgang der Blätter. Die Blätter und ihre Zwischenräume sind nicht mehr winklich, sondern abgerundet und ihre Seiten fast parallel, dabei haben sie die größte Länge und nehmen ohngefähr die Hälfte der ganzen Breite des Chiasma ein, so daß, was besonders zu merken ist, auf jeder Seite $\frac{1}{4}$ Breite des Chiasma ungeblättert ist, aber den Schimmer der von hier ausgehenden Blätter theilt, und mit diesem wechselt. Fig. 6. Werden die Durchschnitte durch den hintersten Theil des Chiasma fortgesetzt, so werden die Blätter gegen den hintern Winkel immer wieder kürzer und winklicher, worin sie sich ganz wie im vordern Theile des Chiasma verhalten, mit dem Unterschiede, daß was bei einer und derselben Beleuchtung im vordern Theile des Chiasma grau erschien, hier umgekehrt weiß erscheint. Immer sind die mittleren Blätter eines Durchchnittes die größten, die unteren und oberen kleiner. Fig. 3. 4.

Die 7. Figur zeigt die Kreuzung der Blätter und ihren Durchgang an einem und demselben Stücke des Chiasma

a. Senkrechter Durchschnitt des Chiasma.

b. Horizontaler Durchschnitt des Chiasma und seiner Wurzeln.

Fig. 8. 9. 10. 11. stellen den Durchgang der Blätter in Durchschnitten dar, welche zwar senkrecht aber mit der Längsachse des Chiasma parallel sind.

Fig. 8. Durchschnitt des Chiasma in dem äußersten seitlichen Theile, trifft deshalb in einer kurzen Strecke

auch den Sehnerven, der Durchschnitt ist in der Linie a. b. der 12. Figur.

- a. Graue Substanz über dem Trichter.
- b. Seitliche Durchschnittsfläche des Chiasma und des rechten Sehnerven.
- c. Der linke Sehnerv.
- d. Die Commissur der Sehnerven.

Fig. 9. Durchschnitt in der Linie c. d. der Fig. 12

Fig. 10. Durchschnitt in der Achse des Chiasma c. f. Fig. 12.

Fig. 11. Durchschnitt in dem linken Theile des Chiasma, in der Linie g. h. Fig. 12.

Was in den Durchschnitten der rechten Hälfte des Chiasma grau oder weißlich erschienen, nahm in den Durchschnitten der linken Hälfte den entgegengesetzten Schein an.

Das Verhalten der Blätter in den senkrechten mit der Breitenachse parallelen Durchschnitten beweist, daß nicht der ganze Sehnerv der einen Seite zwischen den Blättern des andern Sehnerven durchgeht, um zu dem entgegengesetzten Auge zu gelangen. Kreuzten sich die Sehnerven in ihren Blättern ganz, so müßten sich die Blätter der auf einander folgenden Durchschnitte decken. In dem Durchschnitte, welcher durch die Mitte des Chiasma geht (Fig. 6.), könnte keine freie blätterlose Substanz an den Seiten übrig bleiben, von welcher die Blätter wie Zähne ausgehen. Vielmehr müssen diese sich in jenem Durchschnitte über die ganze Breite des Chiasma ausdehnen, wie es in den Linien a, b Fig. 13. bezeichnet ist.

Läßt man das Chiasma des Vogels einige Zeit in Weingeist liegen, oder behandelt man es mit Salzsäure, so

kann man sich deutlich überzeugen, daß die äußeren Theile der Chiasma-Wurzeln keine Blätter für den entgegengesetzten Sehnerven abgeben, daß vielmehr nur die inneren Theile der einen Wurzel zwischen den inneren Theilen der andern Wurzel blätterweise kreuzend weggehen.

Fig. 14. stellt einen Durchschnitt eines mit Salzsäure behandelten Chiasma vom Hahne dar.

a. b. Die Wurzeln des Chiasma.

c. d. Die Sehnerven.

e. Äußerer Theil der Wurzel b, welche in den äußern Theil des Sehnerven derselben Seite d übergeht.

f. Innerer Theil der Wurzel b, welcher als Blatt zum innern Theile des entgegengesetzten Sehnerven c übergeht, und von dem äußern Theile derselben Wurzel durch einen scharfen Einschnitt getrennt ist.

g. Blattförmige Brücke über dem kreuzenden Blatte f, von dem innern Theile der Wurzel a kommend.

An einem mit Säure behandelten Chiasma des Vogels kann man leicht ein Blatt unter der Brücke des andern wegziehen.

Die Kreuzung der Blätter verhält sich also wie in der anschaulichen Zeichnung Fig. 15 dargestellt ist. Die punctirten und zusammenhängenden Linien mögen die graue und weiße Substanz bezeichnen; diese liegen frei und unvermischt in den äußeren Theilen des Chiasma A, B, C, D; sie decken sich in dem Theile des Chiasma a, b, c, d blätterförmig, und zwar wächst die Größe der Blätter bis zur Breitenachse.

Die Zahl der Blättchen scheint bei den Vögeln sehr verschieden. Bei der Krähe sah Meckel 30, 15 auf

jeder Seite, bei der Gans 15—16, beim Truthahn 8, bei den Hahnen zählte ich 10—11.

Nach Desmoulins soll der Sehnerv des Adlers und des Geiers aus einem Bündel von etwa 12 parallelen Platten bestehen, die zur Seite des Bündels auf einer andern Platte senkrecht aufliegen. In der Netzhaut hat Desmoulins eine ähnliche Faltenbildung bemerkt. Bei dem Adler und dem Geier soll die Netzhaut wie unter den Fischen bei der Gattung Zeus und bei den Meerärschen in den Meridiane einer Kugel gefaltet seyn; und bei dem Geier soll die Netzhaut nach der Entwicklung 3 mal größer als in ihrer natürlichen gefalteten Ausbreitung seyn. Die faltige Bildung der Sehnerven wird wohl keine andere seyn, als diejenige, welche Carus und A. Meckel längst beschrieben haben, sie wird nur bei dem Adler und Geier deutlicher zu verfolgen seyn, wenn Desmoulins bei andern Vögeln, wie bei der *Scolopax arcuata* nichts Aehnliches beobachtet hat. Mag aber auch die Fortsetzung der Blätter in den Sehnerven bei größeren Thieren leichter zu verfolgen seyn, die blättrige Bildung des Chiasma kommt gewiß allen Vögeln ohne Ausnahme zu. Die senkrechte Platte worauf die einzelnen Blätter der Sehnerven aufliegen sollen, wird wohl auch nichts Anderes seyn, als eine Fortsetzung der seitlichen Nervensubstanz, von welcher die horizontalen Blätter des Chiasma ausgehen.

Amphibien.

Die blätterförmige Kreuzung der Sehnerven kommt auch den Amphibien zu. Schon Carus *) führt die grauen Streifen im senkrechten Durchschnitte des Chiasma

*) a. a. D. S. 188. Taf. III. Fig. XIX. 2.

von *Lacerta Igwana* an, und bemerkt, daß schon bei der Schildkröte etwas ähnliches erkennbar sey, Ich habe das Chiasma der gemeinen Ringelnatter, der Europäischen Schildkröte und der *Lacerta ocellata* untersucht, und bei allen die Blattbildung gefunden, ein senkrechter Durchschnitt des Chiasma der Ringelnatter ist in der 16. Figur der dritten Tafel abgebildet. Die Zahl der Blätter scheint bei den Amphibien viel geringer. Ich habe bei der Ringelnatter in allen Durchschnitten nur zwei zwischen dreien eingeschlossen bemerkt; bei *Lacerta ocellata* sah ich auf jeder Seite vier. *Carus* bildet vom Leguane drei zwischen vieren ab. Da übrigens die blätterige Kreuzung nicht allein den Eidechsen zukommt, welche einen Kamm besitzen, sondern auch den übrigen Geschlechtern der Amphibien, so ist gegen die Vermuthung von *Carus* offenbar, daß der Fächer nicht nothwendig mit der Erscheinung der blätterigen Kreuzung verknüpft sey.

H. Meckel bemerkt schon der theilweisen Commissur der Sehnerven außer der blätterigen Kreuzung bei den Vögeln. Bei den Amphibien wird jene viel ansehnlicher. Wenigstens sind nach meiner Untersuchung bei der Ringelnatter die Wurzeln des Chiasma an ihrer obern gegen das Hirn sehenden Fläche hinter dem Chiasma noch durch eine starke bandförmige Commissur vereinigt, so daß nur die Hälfte der Wurzeln des Chiasma zur Bildung desselben verwandt wird, die hinteren inneren Hälften derselben aber bandförmig vereinigt werden. So entsteht zwischen der bandförmigen hintern Commissur und den Schenkeln des Chiasma ein kleiner dreieckiger Zwischenraum, welcher trichterförmig vertieft ist. Fig. 17. An der untern Fläche des Chiasma wird jene Commissur vermißt. Hier ist der Zwischenraum der Schenkel des Chiasma wie gewöhnlich mit grauer Masse und durch die Hypophyse des Gehirns ausgefüllt. Die Trennung der Sehnerven in die Wurzeln

des Chiasma und die bandförmige Commissur geschieht aber nur durch jenen dreieckigen Zwischenraum, und läßt sich nicht weiter in die Sehnerven verfolgen. Ein Durchschnitt der Commissur zeigt keine Spur der Blätterbildung. Bei den Vögeln beginnt also die Commissur der Sehnerven hinter dem Chiasma in der Vereinigung zweier einzelner Blätter, bei den Amphibien wächst die Commissur auf Kosten der Wurzeln des Chiasma zu einem ansehnlichen Bande, und so ist also hier der Uebergang zu einer Bildung gegeben, die nur den Gräthenfischen eigenthümlich ist, zu einer Commissur der Sehnerven ohne Chiasma. Wahrscheinlich kommt aber die Commissur der Sehnerven nicht nur den Schlangen, sondern allen Amphibien zu. Darüber vermag ich nicht abzusprechen; denn von den Amphibien, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, waren nur die Schlangen im frischen Zustande.

Daß sich bei den Amphibien nur der kleinste und innerste Theil der Sehnerven blätterförmig kreuze, wird dadurch recht augenscheinlich, daß die Kreuzung nur im vordersten Theile des Chiasma statt hatt, und daß das Chiasma in seinem hintern Theile ohne Verletzung natürlicher Verbindung bis über seine Mitte in die den beiden Sehnerven zukommenden Portionen getheilt werden kann. Am deutlichsten sah ich diese Bildung bei *Lacerta ocellata*.

Fig. 18. a. b. Die Wurzeln des Chiasma.

c. Innerer kreuzender Theil derselben.

d. e. Die Sehnerven.

Fische.

In Hinsicht des Ursprunges der Sehnerven bei den Gräthenfischen stimmen meine Untersuchungen größtentheils

mit denen von Carus überein. Ich werde daher die eigenen Worte dieses Schriftstellers anführen, so weit ich sie bestätigen kann, und sofort die nöthigen Berichtigungen zusetzen.

Die Sehnerven haben zwei deutlich von einander zu unterscheidende Wurzeln. » Deutlich erkennt man den Ursprung der äußern Wurzel, welche mit vielen weißen, von oben herabsteigenden, in der äußern Rinde oder Gangliensubstanz der straligen Hülle des Sehhügels liegenden Fasern entsteht. Beide Sehnerven treten, nachdem ihre beiden Wurzeln sich vereinigt haben, convergirend gegen einander und vereinigen sich durch eine ziemlich starke Commissur *), hinter welcher sich sodann die Sehnerven, ohne sich wiederum, wie gewöhnlich, zu vereinigen kreuzen, wobei nach Rudolphi (aber doch mit sehr vielen Ausnahmen, sogar in einer und derselben Art) der Sehnerv des rechten Sehhügels über den des linken weggeht. Es sind also in den Fischen die beiden Momente, welche in höheren Thieren das Chiasma bilden, nämlich die Kreuzung und die Vereinigung der Sehnerven von einander gesondert, so daß sie an einem Orte, ohne sich zu kreuzen, sich vereinigen, an einem andern Orte sich kreuzen, ohne sich zu vereinigen. Die Sehnerven stellen in der Nähe jener Commissur immer ein breites Markblatt dar **). « Carus führt sofort auch an, daß diese Blattbildung an der Commissur in mehreren Gattungen der Fische sich im ganzen Verlaufe zeige, daß aber in andern wie im Karpfen diese Bildung gänzlich verschwinde und der Nerve dieselbe cylindrische Gestalt zeige, welche ihm in höheren Thierklassen eigenthümlich ist.

*) Carus a. v. D. Taf. II. Fig. IX.

**) Carus a. a. D. S. 151.

Malpighi *) hat zuerst die membranöse Bildung der Sehnerven vom Schwertfisch *Xiphias gladius* beschrieben. Der Sehnerv besteht nicht mehr aus einzelnen Fasern, sondern aus einer continuirlichen Membran, die in viele Falten gelegt wird, in welche überall die weiche Hirnhaut eingeht, während die harte Hirnhaut sämtliche Falten zu einem cylindrischen Sehnerven vereinigt. Dieselbe Bildung ist an den Sehnerven von *Esox lucius* von Ebel **) beschrieben worden. Nach Rosenthal's ***) Beobachtungen kommt sie den von ihm untersuchten Fischen zu, wie dem Hechte, dem Barsche, dem Sander, einigen Karpfenarten, dem Haring, dem Lachs, dem Wels und den Schollen. Euvier eignet sie dem Stockfische *Gadus morrhua* zu.

Carus hat die Haut und die Sehnerven von *Cyprinus rutilus* abgebildet †); ebenso hat der jüngere Sommering dieselbe Bildung von einigen Knorpelfischen, der *Raja clavata* und dem *Squalus acanthias* beschrieben. Desmoulins ††) will den häutigen Sehnerven bei 8 Gattungen von Fischen bemerkt haben, er führt von diesen nur Magil, Zeus und den Seedrachten (*vive*) an. Bei meinen Untersuchungen der Sehnerven sowohl im frischen Zustande als nach der Behandlung mit mineralischen Säuren habe

*) Opera omnia, Lugd. Bat. 1687. de cerebro T. II. pag. 120.

**) Observ. neurolog. T. II. Fig. II. recus. in: Ludwig script. neurol. minor. Vol. III.

***) Reil's Archiv für die Physiologie. B. X. S. 402. Taf. VII. Fig. 8.

†) Taf. II. Fig. VII.

††) Recherches anatomiques et physiologiques sur le systeme nerveux des poissons. Magendie, Journal de Physiologie, T. II. p. 127. Vergl. T. III, p. 53.

ich nie eine andere als die membranöse Bildung bemerken können, die auch gegen die Angabe von *Carus* dem Karpfen zukömmt. Außer mehreren kleineren Flußfischen, deren Sehnerven nach der Behandlung mit Säuren untersucht wurden, waren folgende größere Fische diejenigen, bei welchen die membranöse Bildung durch das Messer sogleich bloßgelegt wurde. *Cyprinus carpio*, *Cyprinus barbus*, *Clupea alosa*, *Salmo salar*, *Esox lucius* und einige Arten der Gattung *Sparus*. Wir sind daher berechtigt, den meisten Fischen, und zwar sowohl den Gräthensfischen ohne Chiasma, als den Knorpelfischen mit Vereinigung der Sehnerven, die membranöse Bildung der Sehnerven zuzuschreiben *). Nur bei *Cyclopterus lumpus* sollen nach *Desmoulins* die Sehnerven nicht kreuzen und von faseriger Bildung seyn. Wahrscheinlich findet jedoch hier kein Chiasma statt. Darüber habe ich bis jetzt keine eigenen Beobachtungen; durch die membranöse Bildung des Sehnerven ist aber die Netzhaut schon in dem Sehnerven vorgebildet, und die erstere steht wieder, wie wir sogleich sehen werden, mit der Art des Ursprunges der Sehnerven in nothwendiger Beziehung.

Vorher wird es zweckmäßig seyn, uns mit der Bezeichnung der hieher gehörigen Abbildung bekannt zu machen.

Fig 19. der dritten Tafel stellt den Ursprung, Verlauf und Uebergang der Sehnerven in die Netzhaut vom Lachs, *Salmo salar*, dar. Die übrigen Häute des Auges sind um die Eintrittsstelle des Sehnerven auf das vorsichtigste entfernt.

*) Von der vollkommenen Vereinigung der Sehnerven bei den Knorpelfischen habe ich mich an mehreren Exemplaren des Störz, des Bitterrochen und des Haien überzeugt.

- A. Theile des Ursprunges aus dem Gehirn.
- B. Der membranöse Sehnerv des rechten Auges oder des linken Sehhügels, aus seiner natürlichen kreuzenden Lage seitwärts gezogen und von seinen Hüllen entblößt.
- C. Der hintere Theil der Netzhaut des rechten Auges.
- D. Der unentfaltete Sehnerv des linken Auges, zurückgeschlagen.
 - a. Der linke Sehhügel, von oben angesehen.
 - b. Linker Rand des membranösen Sehnerven, welcher deutlich in die obere Wand des Sehhügels bogenförmig übergeht.
 - c. Die Commissur der Sehnerven an ihrem innern Rande, am untern Theile des Chiasm.
 - d. Rechter Rand des membranösen Sehnerven, welcher in die untere Wand des Sehhügels und in die Commissur c übergeht.
 - e. Linker Rand der Sehnervenhaut, wo er in den obern Rand der Netzhaut g, an der Spalte derselben in der Eintrittsstelle des processus falciformis chorioideae, übergeht.
 - f. Rechter Rand der Sehnervenhaut, wo er in die Netzhaut übergeht, sehr wahrscheinlich in den untern Rand der Netzhaut h sich fortsetzend.
 - g. Oberer Rand der Netzhaut, deutlich übergehend in den linken Rand der Sehnervenhaut.
 - h. Unterer Rand der Netzhaut. Zwischen g und h tritt die Falte der chorioidea als processus falciformis durch.

Der rechte Rand der Sehnervenhaut, d liegt in dem unentfalteten Sehnerven nach unten und innen im

ganzen Verlaufe desselben Mit diesem Theile des Blattes geht der Sehnerve in die Commissur und in den untern innern Theil des Sehhügels seiner Seite über. Deutlich läßt sich dieser Uebergang nachweisen, indem an dem Ursprunge des Sehnerven der größte Theil der Sehnervenmasse sich seitlich nach der Hülle des Sehhügels umschlägt, in diese übergehend, der untere Rand der Sehnervenmembran aber, nach einwärts gewandt, unmittelbar in die blattförmige Commissur sich fortsetzt. Es ist eben so gewiß, daß der übrige größte Theil des Sehnerven, der von dem Sehhügel entspringt, in seiner membranösen Ausbreitung in der straligen Hülle des Sehhügels zu Tage liegt, im Sehnerven selbst aber erst gefaltet wird. Der äußerste rechte Theil des Sehnerven geht in den obern und innern Theil der Hülle des Sehhügels, die mittleren Theile des Sehnerven in den äußern und obern Theil des Sehhügels, die linken Theile des Sehnerven in den untern Theil des Sehhügels über. An dem Ursprunge des Sehnerven aus dem Sehhügel zieht sich daher eine Falte hinter die andere zurück, um sich in die Hülle des Sehhügels umzuschlagen und zu entfalten, wie dieß in der Abbildung naturgemäß angedeutet ist.

Die beiden getrennten Blätter beider Sehnerven bilden also in ihrem Ursprunge durch Vermittelung der Commissur ein ganz zusammenhängendes Blatt, das von der Commissur der Sehnerven ausgeht, nach vorn beiderseits in den anfänglich innern, nach der Kreuzung äußern Theil der Sehnervenhaut übergeht, im Gehirn von der Commissur aus sich in die membranöse Hülle der Sehhügel in einem Verlaufe von unten und innen nach außen und oben fortsetzt. So wie sich die Theile in der membranösen Hülle des Sehhügels von oben und innen nach außen, sofort nach unten und zuletzt nach innen bis zur Commissur folgen, so folgen sich die entsprechenden Theile der Sehnervenhaut vom obern

Rande bis zum untern, der in die gemeinschaftliche Commissur übergeht. Das gefaltete Blatt des Sehnerven geht nach vorn sich entfaltend unmittelbar in die Netzhaut über. Da aber die Ränder der Sehnervenhaut im Sehnerven nicht vereinigt sind, auch im Gehirn einen verschiedenen Ursprung nehmend, so werden sie auch im Auge selbst, wo die Haut des Sehnerven zur becherförmigen Netzhaut wird, nicht vereinigt, sondern nur durch Juxtaposition sich genähert, und die Netzhaut ist daher, wie Rosenthal richtig beobachtet hat, gewöhnlich von der Eintrittsstelle bis zum vordern Rande gespalten. Die Ränder dieser Spalte entsprechen den Rändern des gefalteten Sehnervenblattes. Der obere Rand des letztern b, c geht deutlich in den obern Rand der Spalte g, der untere d f wahrscheinlich in den untern Rand der Spalte über. So also entspricht der obere Rand der Netzhaut an der Spalte der obern innern Wand des Sehhügels, die übrige Netzhaut der membranösen Hülle des Sehhügels im obern, äußern und untern Theile, und der untere Rand an der Spalte entspricht dem Blatte der Commissur. An der Eintrittsstelle des Sehnerven ziehen sich die Falten der Nervenhaut in ein scheinbares Blatt e f zusammen. Dieser Theil liegt aber erst zwischen den Häuten des Auges von der glandula chorioidalis umgeben. Von Innen des Auges betrachtet, entspringt die Sehhaut von jener linearen Vereinigung der Falten der Sehnervenhaut, aber mit einer Spur sehr feiner und sehr kurzer Faserchen, welche gesteuert von der linearen Ursprungsstelle ausgehen. Durch die Spalte der beiden Netzhautränder dringt eine nach innen gebildete Falte der choriodea oder vielmehr des innersten Blattes derselben, als Falte deutlich aus zwei Blättern bestehend, die nach innen vereinigt, nach außen von einander abstehend in die choriodea übergehen, der processus falciformis, der sich mit seiner vordern Endigung durch ein knorpeliges Knöt-

chen, die *campanula Halleri* an den Rand der Linse (an einer nicht ganz beständigen Stelle, gewöhnlich oben) festsetzt.

* * *

In der folgenden Tafel habe ich eine Uebersicht aller mir bekannten wesentlichen Metamorphosen des Sehorganes zusammengestellt. Das Verhalten der Sehnerven, die Identität und Differenz der Netzhäute oder Gesichtsfelder sind als Grundprincipien der Ordnung billigerweise unterlegt. Alle andern Bildungen werden diesen Veränderungen angereiht. In Beziehung auf die letzteren sind mir die Untersuchungen von Rudolphi, Ziedemann, Sömmering, Treviranus, Rosenthal nützlich gewesen. Wo ich die Angaben Anderer durch eigene Untersuchung bestätigen oder widersprechende berichtigen konnte, habe ich das Zeichen * beigefügt.

Was von dem Auge der Gasteropoden gesagt ist, gehört den Untersuchungen von Swammerdam und Stiebel an. In Hinsicht dessen, was von den einfachen Augen der Spinnen, Scorpione und Milben so wie mancher Insecten, und was von den zusammengesetzten Augen der Insecten und Krebse bemerkt worden, beziehe ich mich lediglich auf meine eigenen Untersuchungen, welche in einer der folgenden Abhandlungen niedergelegt sind.

7. Vergleichende Tabelle über die Unterschiede der Divergenz der Augen bei den Wirbelthieren.

Die in der folgenden Tabelle verzeichneten Ausmessungen über die Divergenz der Augen bei den Wirbelthieren sind sämmtlich und besonders an Skeletten des anatomischen Museums zu Berlin angestellt. Ihre Richtigkeit beruht auf dem Grundsatz, daß bei den Thieren die Ebene des Augenhöhlenrandes auch zugleich die Ebene ist, auf welcher die Achsen der Augen senkrecht sind. Diese Annahme kann wenigstens als beiläufig richtig gelten; und jede andere Methode die Divergenz der Augen bei einem lebenden Thiere zu ermessen, ist viel unsicherer und schwieriger. Der vordere Winkel in den folgenden Tabellen entsteht also durch die Convergenz der Ebenen der Augenhöhlenränder. Wo der Augenhöhlenrand Vorsprünge hatte, oder unvollständig war, wurde das Mittel genommen. Ueberall und namentlich dort, wo die Ebenen der Augenhöhlenränder nicht allein nach vorn, sondern auch nach oben convergiren, ist der vordere Winkel bei einer horizontalen Lage der Schenkel des Winkelmessers an dem horizontal gestellten Kopfe genommen. Wo die Ebenen der Augen auch nach oben convergiren, ist dieser obere Winkel auch aufgenommen. Bei einigen Meerbewohnern, wie bei den Cetaceen und Meerschilbkroten liegen die Augen nicht nur ganz zur Seite, sondern sehen sogar etwas nach unten, wodurch der obere Winkel zu einem untern wird. Dieser untere Winkel ist in der Tabelle in der zweiten Columne mit dem Zeichen V bezeichnet.

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Säugethiere.		
Bierhänder.		
Cynocephalus Mormon	155°	
Innuus nemestrinus	137	
Innuus ecaudatus (S. Sylvanus)	158	
Simia satyrus	147	
Cercopithecus Diana	132	
Cercopithecus Aigula	136	
Cercopithecus aethiopicus	140	
Cercopithecus sabaeus	139	
Ateles Paniscus	147	
Cebus fatuellus	143	
Cebus Apella	142	
Callithrix capucina	144	
Hapale jacchus	105	
Mycetes	140	
Lemur mongoz	115	
Handflügler.		
Pteropus vulgaris	92	83
Vespertilio myotus	52	52
Insectenfresser.		
Talpa europaea	18	78
Chrysochlorus capensis	69	65
Erinaceus auritus	53	72
Erinaceus Europaeus	53	72

Arten der Thiere	borderer Winkel	oberer Winkel
Sohlgänger.		
Ursus maritimus	97	
Ursus spelaeus	112	
Ursus arctos	88	
Gulo canescens	92	
Gulo borealis	74	
Procyon lotor	111	
Procyon carnivorus	111	
Meles vulgaris	92	
Zehengänger.		
Canis familiaris (Schaafpuhel)	84	
Canis familiaris (Haushund)	92	
Canis brachyurus	105	
Canis americanus	93	
Canis brasiliensis	83	
Canis vulpes	87	
Canis lupus	110	
Felis leo	112	
Felis onca	114	
Felis concolor	111	
Felis lynx	112	
Felis catus domest.	105	
Mustela martes	84	
Mustela ferina	86	
Mustela putorius	86	
Mustela brasiliensis	86	
Beuteltiere.		
Didelphis marsupialis	52	95

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
<i>Didelphis opossum</i>	58	77
<i>Halmaturus giganteus</i>	47	67
Nager.		
<i>Coelogenys paca</i>	51	84
<i>Cavia cobaya</i>	46	69
<i>Castor fiber</i>	83	124
<i>Lepus cuniculus</i>	31	50
<i>Hystrix cristata</i>	28	51
<i>Hystrix prehensilis</i>	36	63
<i>Georhynchus maritimus</i>	71	111
<i>Georhynchus capensis</i>	81	105
<i>Myoxus avellanarum</i>	78	124
<i>Arctomys citillus</i>	58	76
<i>Arctomys marmotta</i>	45	55
<i>Sciurus cinereus</i>	44	55
<i>Sciurus europaeus</i>	35	58
<i>Mus rattus</i>	41	100
<i>Mus musculus</i>	41	73
Zahnlose.		
<i>Ornithorhynchus fulvus</i>	71	
<i>Dasypus novemcinctus</i>	9	61
<i>Myrmecophaga bidactyla</i>	37	
<i>Myrmecophaga quadrid.</i>	11	56
<i>Myrmecophaga jubata</i>	6	
<i>Bradypus tridactylus</i>	51	25
Pachydermen.		
<i>Elephas africanus</i>	49	

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Hippopotamus niger	79	45
Rhinoceros unicornis	46	
Rhinoceros fossilis	37	
Tapirus americanus	62	
Sus Scrofa	62	
Sus aethiopicus	76	
Sus Barbirussa	59	
Wiederfäuer.		
Camelus dromas	52	
Camelus bactrianus	58	
Cervus alces	45	
Cervus dama	43	
Cervus capreolus	63	
Cervus tarandus	39	
Cervus simplicissimus	59	
Cervus rufus	56	
Cervus elaphus	58	
Antilope rupicapra	42	
Antilope tragulus	59	
Bos urus	62	
Bos taurus	60	
Einhufer.		
Equus asinus	45	
Equus caballus	42½	
Amphibien = Säugethiere.		
Phoca groenlandica	96	

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Phoca vitulina	113	
Phoca jubata	64	
Phoca ursina	61	
Trichecus rosmarus	54	
Cetaceen.		
Delphinus Delphis	15	
Delphinus Phocaena (foetus)	39	
Balaena rostrata	16	

V ö g e l.

Vultur Papa	44°	10°
Vultur Aura	30	9
Vultur fulvus	45	0
Vultur peregrinatus	37	0
Strix uralensis	74	20
Strix Aluco	71	10
Strix nyctea	73	35
Strix flammea	53	23
Strix Otus	59	27
Falco fulvus	39	45
Falco milvus	26	0
Falco nisus	15	
Falco tinnunculus	17	
Falco subbuteo	38	0
Buceros obscurus	15	0

Arten der Thiere	borderer Winkel	oberer Winkel
Buceros excavatus	10	0
Lanius excubitor	38	6
Psittacus aestivus	29	0
Psittacus scapularis	15	6
Psittacus pertinax	18	8
Psittacus ochrocephalus	20	0
Psittacus erithacus	18	7
Psittacus tuipara	21	0
Psittacus dominicensis	19	7
Psittacus macao	23	159
Psittacus ararauna	14	162
Psittacus sulphureus	20	0

A m p h i b i e n .

Chelonier.

Testudo imbricata	73°	150°V
Testudo mydas	65	13V
Trionyx aegyptiacus	43	105

Saurier.

Lacerta Monitor	17	77
Lacerta Teguxin	24	85
Lacerta Jguana	13	76
Lacerta denticulata	35	10
Crocodylus niloticus	13	132

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Crocodylus lucius	19	103
Crocodylus sclerops	26	93
Chamaeleo	21	16
Batrachier.		
Rana cornuta	70	130
Rana esculenta	43	117
Rana pipa	46	161
Rana temporaria	44	112
Rana breviceps		95
Hyla margaritifera	70	0
Hyla lactea	23	100
Hyla ranaeformis	50	109
Bufo igneus		130
Bufo marinus	87	82
Dphidier.		
Boa constrictor	39	59
Boa canina	22	21

F i s c h e.

Scieena aquila	53°	82°
.	32	89
Cyprinus barbuis	32°	91°
Cyprinus carassias	34	45

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
<i>Cyprinus rutilus</i>	23	49
<i>Cyprinus auratus</i>	48	145
<i>Esox belone</i>	19	
<i>Polypterus bischir</i>	45	111
<i>Fistularia tabacaria</i>	7	68
<i>Fistularia japonica</i>	14	16
<i>Exocoetus volitans</i>	38	4
<i>Gadus morrhua</i>	22	52
<i>Gadus callarias</i>	34	
<i>Silurus glanis</i>	82	117
<i>Silurus clarias</i>	17	59
<i>Chaetodon Argus</i>	27	9
<i>Zeus faber</i>	21	39
<i>Cottus scorpius</i>	28	91
<i>Cottus scaber</i>	26	136
<i>Coryphaena novacula</i>	26	34
<i>Coryphaena equisetis</i>	35	38
<i>Coryphaena cristata</i>	63	19
<i>Blennius phycis</i>	0	94
.	0	98
<i>Echeneis naucrates</i>	38	62
<i>Echeneis remora</i>	33	0
<i>Perca cabrilla</i>	31	97
<i>Perca lucioperea</i>	11	60
<i>Lutjanus brasiliensis</i>	37	47
<i>Labrus fuscus</i>	17	60
<i>Sparus auratus</i>	25	0
<i>Sparus sciandra</i>	47	54
<i>Brama Raji</i>	30	46
<i>Cobitis anableps</i>	40	79
<i>Trigla cuculus</i>	23	

Arten der Thiere	vorderer Winkel	oberer Winkel
Trigla hirundo	15	64
Trigla cataphracta	12	51
Scomber sarda	38	12
Scomber rhombeus	26	
Salmo salar	30	8

Man sieht aus diesen Bestimmungen, wie veränderlich die Divergenz der Augenebenen bei den Arten einer und derselben Gattung ist. Ich erinnere an den Unterschied des vordern Winkels bei verschiedenen Arten der Hunde von 83 — 105°, der Gattung Cervus von 43 — 63, der Ameisenfresser von 6 — 37, der Gattung Phoca von 61 — 113, bei Strix von 59 — 74, bei Falco von 15 — 39, bei Boa von 22 — 39, beim Crocobil von 13 — 26, bei Hyla von 23 — 70, bei Gadus von 22 — 34, bei Silurus von 17 — 82, bei Perca von 11 — 31, bei Cyprinus von 23 — 48.

Der obere Winkel ist eben so veränderlich bei verschiedenen Arten derselben Gattung. Er wechselt bei den Papagaien von 7 — 162, bei der Gattung Hyla von 0 — 109, bei Boa von 21 — 59, bei Cyprinus von 49 — 145, bei Cottus von 91 — 136, bei Fistularia von 16 — 68. Die Größe des obern Winkels der Augenebenen steht in keinem bestimmten Verhältniß zur Größe oder Kleinheit des vordern Winkels. Mit der Größe des vordern Winkels steigen aber bei den Thieren die Theile der Gesichtsfelder, welche in beiden Augen gleich sind. Bei den Affen ist jener Winkel am größten und also die Divergenz am kleinsten, bei den Cetaceen und Fischen ersterer am kleinsten. Die Divergenz der Augen wechselt unter den Säugethieren:

bei den Affen von	105° — 158° ,
„ „ Fledermäusen	52 — 92 ,
„ „ Insectenfressern	53 — 111 ,
„ „ reißenden Thieren	84 — 114 ,
„ „ Zahnlosen	6 — 71 ,
„ „ Dickhäutigen	37 — 79 ,
„ „ Wiederkäuern	42 — 63 ,
„ „ Amphibiensäugethieren	54 — 113 ,
„ „ Cetaceen	15 — 39 ;

unter den Vögeln :

vom Nashornvogel bis zur Eule	
oder von	10 — 74 ;

unter den Amphibien :

bei den Schildkröten von	43 — 73 ,
„ „ Eidechsen	13 — 35 ,
„ „ Fröschen	23 — 87 ,
„ „ Schlangen	22 — 39 ,

unter den Fischen von 0 — 82.

Wahrscheinlich wechselt die Divergenz der Augenebenen auch in verschiedenen Altern. Ich habe aber wenig Gelegenheit gehabt, darüber etwas Gewisses auszumitteln.

Da aber bei jüngeren Thieren der Kiefertheil des Gesichtes so sehr verkürzt ist und später erst oft zu einer Länge entwickelt, in welcher die jugendliche Bildung nicht mehr zu erkennen ist, so wächst wahrscheinlich bei allen Thieren mit dem Alter die Divergenz der Augen. Bei den Ameisenfressern und den Crocodilen ist mir dieß besonders deutlich geworden. Vielleicht kann man auch hierher rechnen, daß bei dem Foetus von *Delphinus phocaena* der vordere Winkel 39° beträgt, während er bei einem erwachsenen Delphin anderer Art nur 15° mißt.



8. Von der Desorganisation der identischen und differenten Theile der Sehsinnssubstanz bei dem Menschen und den Thieren.

Nach unsern bisherigen Untersuchungen über die subjective Identität und Differenz der Gesichtsfelder und über die Bildung des Chiasma mögen wir einen Blick werfen auf die gleichzeitige Desorganisation der Sehnerven vor und hinter dem Chiasma. Zuerst aber sind wir genöthigt, alle in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen streng zu trennen in diejenigen, welche an Thieren (mit zum Theil identischen Netzhäuten) und diejenigen, welche an Menschen (mit ganz identischen Netzhäuten) angestellt sind. Es ist offenbar, daß wenn bei den Thieren nur ein kleiner Theil der Netzhäute beider Augen identisch ist, wenn die Wurzeln des Chiasma nur zum geringsten Theil im Chiasma Fasern für die identischen Theile beider Augen abgeben, wenn vielmehr der übrige größte Theil derselben ohne Theilung nur zum Auge der entgegengesetzten Seite decussatim übergeht, daß dann die Erblindung eines Auges und seines Sehnerven auch nur vorzugsweise an der entgegengesetzten Wurzel des Chiasma Theilnahme an der Desorganisation bewirken müsse. So ist mir kein Fall von einem Thiere bekannt, wo nach Erblindung des einen Auges die Wurzel des Chiasma derselben Seite zugleich gelitten hätte. In den von Sommering an einem Eichhörnchen, zweien Pferden und einem monströsen Schwein, an Hühnern und Enten, von Billmann an einem Hunde, von Rosen-

thal *) an einem Pferde und an einer Dohle gemachten Beobachtungen waren das Augen- und Hirnstück der Sehnerven entgegengesetzter Seiten von der Desorganisation ergriffen. Auch ist aus demselben Grunde begreiflich, warum vorzugsweise nur bei Vögeln, denen in den Versuchen von Magen die das eine Auge zerstört worden, die Wurzel des Chiasma entgegengesetzter Seite geschwunden war. Wenn in ähnlichen Versuchen an Säugethieren nach Verlauf von einiger Zeit überhaupt noch keine Spuren der Desorganisation über das Chiasma hinaus sichtbar waren, so ist dieß um so natürlicher, da bei der bedeutenden Divergenz der Augen der Vögel der größte Theil des Nervenmarks blätterweise zu dem Auge der entgegengesetzten Seite fortschreitet. Bei den höheren Säugethieren aber, an welchen jene Versuche angestellt wurden, mußte, da die identischen Theile der Netzhäute bei der geringern Divergenz der Augen, im Verhältniß zu den differenten auskreuzenden Faserungen entspringenden Theilen größer sind, die gewaltsame Zerstörung des einen Auges auf die entgegengesetzte Wurzel des Chiasma keinen so merkbaren Einfluß haben. Denn in dieser Wurzel konnte nur der geringe Theil der Faserungen afficirt werden, welcher ohne Theilung aus dem Chiasma zum entgegengesetzten geblendeten Auge übergieng. Der andere Theil der Wurzel, welcher sich im Chiasma für die identischen Theile beider Augen theilt, konnte weniger durch die Blendung des entgegengesetzten Auges afficirt werden, da er nach unserer theoretischen Ansicht der Identität noch einen gesunden Arm in dem andern Auge hatte.

*) Diss. anat. de oculi quibusdam partibus, praes. Rudolphi, Gryphiac 1801.

Was die Beobachtungen an Menschen betrifft, so sind diese bekanntlich in Masse widersprechend.

1. In den meisten Fällen waren nach der Zerstörung eines Auges die Sehnerven hinter dem Chiasma gleich ohne erkennbare vorzugsweise Desorganisation der einen Wurzel des Chiasma. Dahin gehören einige Fälle von Morgagni, ein Fall von Isenflamm, einer von Michaelis, einer von Vesalius, zwei Beobachtungen an Menschen und eine an einem Raben von Wenzel *), mehrere Fälle von Balverda, ein Fall von Brolik **). Beer ***) sah bei allen denen, die durch

*) De penitioni cerebri structura. Observ. IV. p. 116. obs. V. p. 119. obs. VII. p. 120.

***) Memoires sur quelques sujets intéressans d'anatomie et de physiologie. Amsterdam 1822. Memoire sur le retard dans le developpement du tissu osseux et sur l'atrophie des deux nerfs optiques. p. 16. Ich bemerke hier beiläufig, daß Brolik in diesem schätzbaren Werke einen Fall von einem vierzehnjährigen Kinde, das durch Augenentzündung im vierten Jahre beide Augen verloren hatte, mitgetheilt hat, welcher der durch Gall erhobenen und durch Flourens neuerlich versuchsweise unterstützten Ansicht vom Ursprunge der Sehnerven, auf das Entschiedenste entgegen ist. Obgleich die Sehnerven vor und hinter dem Chiasma und zugleich die Sehhügel geschwunden waren, so waren doch die Vierhügel durchaus normal. Mag das vordere Vierhügelpaar auch einigen Antheil an dem Ursprunge der Sehnerven haben, wie dieß durch vereinzelte Beobachtungen und Versuche wahrscheinlich wird, so sind die Sehhügel dennoch unleugbar die wesentlicheren Ursprungsstellen.

***) Lehre der Augenkrankheiten. Wien 1792. B. II. S. 50.

Entzündung und Eiterung das Auge verloren, den Sehnerven nur bis zum Chiasma geschwunden.

Haben, wie wir bewiesen zu haben glauben, an der Bildung eines Auges beide Wurzeln des Chiasma Antheil, so ist jener Ausgang, der am häufigsten vorkommt, auch der natürlichste, im Falle nämlich der Sehnerven oder die Netzhaut des einen Auges nicht theilweise, sondern in ihrem ganzen Umfange zerstört worden war. Denn unter diesen Bedingungen muß sich die Zerstörung des Sehnerven 1) entweder nur bis zum Chiasma erstrecken, indem nämlich die Wurzeln des Chiasma, außer dem afficirten Arme in dem zerstörten Auge, auch noch den gesunden Arm in dem gesunden Auge haben; oder 2) die Zerstörung erstreckt sich über das Chiasma, aber auf beide Wurzeln desselben gleichmäßig; die Sehnerven sind beide hinter dem Chiasma geschwunden. Wenn auch jede Wurzel des Chiasma für beide Augen in identische Faserungen sich theilt, so kann doch die Zerstörung des einen Auges auf die Integrität der aus beiden Wurzeln des Chiasma zu ihm tretenden Faserungen so groß seyn, daß letztere nicht unversehrt sich erhalten, trotz ihrer gesunden Verzweigungen in dem gesunden Auge.

Die Anatomen haben in den hicher gehörenden Beobachtungen immer nur auf den Unterschied der Wurzeln des Chiasma Rücksicht genommen. Fast Niemand aber hat darauf geachtet, ob in den Fällen, wo die Wurzeln hinter dem Chiasma gleich waren, sie auch im Verhältniß zu den Sehnerven vor dem Chiasma entweder gleich gesund oder gleich geschwunden waren. In einem von Wenzel *) beobachteten Falle hatte sich die Zerstörung

*) a. a. D. S. 114.

von einem Auge aus auf beide Wurzeln des Chiasma erstreckt.

2. In andern Fällen ist nach der Zerstörung des einen Auges der Sehnerv, die Wurzel des Chiasma auf derselben oder auf der entgegengesetzten Seite geschwunden. In Beziehung auf die Bedingungen dieser Verschiedenheiten, welche nicht zufällig seyn können, mangeln uns ebenfalls genauere Beobachtungen. War nämlich in diesen Fällen die Desorganisation nur in einem Theile der Breite des Sehnerven vor dem Chiasma, so kann sie sich auch nicht, wie in den vorher berührten häufigeren Fällen auf beide Wurzeln des Chiasma ausdehnen.

a. So wenn der äußere Theil des Augenstücks des Sehnerven schwand, müßte sich nach unserer theoretischen Ansicht der Organisation des Chiasma die Verbildung nur auf die Wurzel des Chiasma derselben Seite erstrecken, weil diese den innern Theil des gesunden und zugleich den äußern Theil der Markgebilde des verletzten Auges bildet.

b. War aber der innere Theil der Netzhaut oder des Sehnerven vor dem Chiasma vorzugsweise von der Desorganisation ergriffen, so muß letztere sich nur vorzugsweise auf die entgegengesetzte Wurzel des Chiasma ausdehnen, weil diese den innern Theil der Markgebilde des verletzten und den äußern des gesunden Auges durch Theilung ihrer Faserungen bildet.

3. Geht aber endlich die Lähmung vom Gehirne aus durch ein Leiden der rechten oder linken Hemisphäre und namentlich des Sehhügels oder der seitlichen Hälfte der Vierhügel, so wird, da jede Wurzel des Chiasma an der Bildung beider Augen Antheil hat, Halbsehen in beiden Augen entstehen müssen. Fälle, wo nach der Zerstörung eines Sehhügels entweder nur die entsprechende Wurzel des Chiasma, nicht aber die Augentheile

der Sehnerven afficirt waren, oder die Sehnerven in ihrem ganzen Verlaufe vor und hinter dem Chiasma unverfehrt geblieben, haben die Brüder Wenzel *) beobachtet. Nur in einem Falle **) war bei einem Leiden des Sehnervgels einer Seite der entgegengesetzte Augentheil der Sehnerven geschwunden.

Es wäre sehr zu wünschen, daß auf alle diese Punkte in späteren Beobachtungen Rücksicht genommen würde, und daß die Beobachter namentlich die Fragen sich stellen:

1. Ob die Desorganisation vom Auge oder vom Gehirn^c ursprünglich ausgegangen?
2. Ob, wenn die Mißbildung sich vom Auge nur bis zum Chiasma erstreckt, und hinter dem Chiasma kein Unterschied des Sehnerven bemerkbar ist, die Wurzeln des Chiasma nicht vielmehr gleich geschwunden sind?
3. Ob der äußere oder innere Theil des kranken Augenstücks mehr geschwunden sey?
4. Ob, wenn die Mißbildung von der einen Hemisphäre des Gehirns ausgieng und das Augenstück des Sehnerven derselben Seite in Mitleidenschaft zog, die ursprüngliche Desorganisation als fremde Bildung zu betrachten sey, wie dieß in mehreren von Otto ***) und in einem von Prochaska ****) mitgetheiltem Falle statt fand. Solche Fälle sind hier ganz auszuschießen. Die fremde Bildung, alle gesonderten Ge-

*) a. a. O. Observ. IX. p. 121. X. p. 122. XI. p. 122.

**) Obs. VIII. p. 121.

***) Neue seltene Beobachtungen zur Anatomie, Physiologie und Pathologie. Berlin 1824. S. 8. ff.

****) Opera minora. T. II. p. 304.

bilde in ihre ausgleichende Einförmigkeit hineinziehend, pflanzt sich auf das Nahegelegene desselben Gewebes fort, ohne in ihrer Verbreitung durch den Ursprung der Theile, welche sie ergreift, bestimmt zu werden.

Besondere Berücksichtigung verdient durch die Genauigkeit der Beobachtung, wie durch die Merkwürdigkeit der Bildung ein von Rudolphi in den Abhandlungen der Academie zu Berlin von 1814 — 15 beschriebener Fall von einem Kinde, wo das rechte Auge fehlte, während das linke wohlgebildet war. Der Sehhügel derselben Seite ist normal; der andere macht nach unten einen Vorfall, und ein von ihm entspringender Fortsatz, gleichsam das Rudiment des fehlenden Sehnerven, dringt wieder in die Hirnsubstanz ein. An der Stelle des Chiasma geht ein dünner Fortsatz quer von dem einen Sehnerven und endigt sich mit seiner Scheide in der harten Hirnhaut *). Dieser Fall ist einer der instructivsten für unsere Theorie von der Bildung und Bedeutung des Chiasma. Die eine Wurzel des Chiasma sehen wir hier an der Stelle des fehlenden Chiasma sich in ihre identischen Arme für beide Augen theilen, wovon aber bald der eine Arm verkümmert, dem fehlenden Auge entsprechend.

*) S. Rudolphi's Physiologic. B. II. S. 199.

9. Von der monströsen Monophthalmie oder der Vereinigung der identischen Theile der Sehsinns-Substanz.

Wenn die Wurzeln des Chiasma nicht zur Entwicklung ihrer identischen Theile für beide Augen im Chiasma kommen, so ist die Duplicität der Augen mit identischen Netzhäuten nicht möglich. Mangel des Chiasma, Monophthalmie und Ineinseebilden der identischen Theile oder Nichtentwicklung derselben aus den Wurzeln des Chiasma sind also nothwendig verknüpft. Es treten demnach die differenten Wurzeln des Chiasma, welche in der gesunden Bildung im Chiasma eine Bifurcation für die Formation identischer Netzhäute erleiden, in der monströsen Monophthalmie ohne Chiasma nur schlechthin an einander. Der aus diesen Wurzeln entstandene einfache Sehnerv ist ganz gleich dem einzelnen Sehnerven eines gesunden Auges; denn auch dieser entsteht durch die Verbindung beider Wurzeln des Chiasma. An welcher Stelle aber im einzelnen Fall der Monophthalmie diese Wurzeln sich zu einem Sehnerven anschließen, kann nichts Wesentliches seyn. Während die Grundbedingungen der Monophthalmie sich überall gleich sind, wird in den Beobachtungen ein vielfacher Wechsel jener Vereinigungsstelle bemerkt. Wir werden uns alle mögliche Mannigfaltigkeit dieser Bildung leichter durch eine anschauliche Zeichnung versinnlichen. Die Wurzeln des Chiasma *m, n* Fig. 10. Taf. I. sind die beiden differenten Hälften des einen Sehorgans. Durch die Bifurcation dieser Theile *b d, β δ* entsteht Duplicität des Sehorgans. Der Mangel dieser Bifurcation bedingt die Monophthalmie. Dann sind die identischen Theile der beiden Netzhäute, *a, a* und zu *c, γ* nicht getrennt; ferner die identi-

schen Theile der Sehnerven b, β und d, δ nicht getrennt; sie fallen zusammen, oder vielmehr sie sind aus den Elementen des einen Sehorganes, den Wurzeln m, n nicht entwickelt. So bilden also letztere, indem sie sich an einander schließen, ohne Chiasma einen einfachen Sehnerven und eine einfache Netzhaut; und zwar

- 1) Bald ist die Stelle der Vereinigung der beiden Wurzeln m, n die gewöhnliche Vereinigungsstelle derselben zum Chiasma; oder diese treten später, wohl selbst in der einen Augenhöhle erst zusammen. Dahin gehören die meisten bisher beobachteten Fälle von Monophthalmie, welche von de la Rue, Ballisnieri, Heuermann, Haller, Collomb, Eller, Kollof, Otto, Lenhofsek, Lobstein Ulrich und Heyman, Knape *) und in der neuesten Zeit von Liedemann **) beschrieben worden.

Wir können diese Form mit dem Schema Fig. 11. Taf. I. bezeichnen.

x Fig. 11. = $b + \beta$ Fig. 10.

y Fig. 11. = $d + \delta$ Fig. 10.

Als Grenzen für den Wechsel der Vereinigungs-

*) Diss. sistens monstri humani anatomiam. Berol. 1823.

**) Zeitschrift für Physiologie von Fr. Liedemann, G. R. und L. C. Treviranus, S. 83, 86. II. u. III. Beobachtung. Vergl. ebend. S. 101. Ebend. die Literatur der andern hier nicht näher bezeichneten Fälle.

stelle der Wurzeln des Chiasma können die drei folgenden Formen betrachtet werden.

- 2) a. Vereinigung der Sehnerven, der Wurzeln des Chiasma und der Sehhügel. Diese sehr merkwürdige und seltene Verbindung ist von J. Kuben *) nach dem Präparate von einem Pferde fötus im Museum zu Berlin beschrieben und abgebildet.
- 3) b. Vereinigung der Wurzeln des Chiasma zu einem Sehnerven des einfachen Auges von ihrem Ursprunge aus. Einen solchen Fall beobachtete Otto bei einem Lamm, wo von der untern Seite des vordern Vierhügelpaares nur ein einzelner Sehnerv entsprang, der an seinem Ursprunge doppelt so dick als in seinem vordern Theile war und allmählig gegen das Auge zu dünner wurde. Dahin gehören ferner eine ähnliche Beobachtung von Lenhoffek, wo aber der Sehnerv von seinem Ursprunge an gleichförmig war, und ein von Speer**) beschriebener Fall.
- 4) c. Trennung der Wurzeln des Chiasma bis zu ihrem gemeinschaftlichen Eintritt in die Mitte der hintern Wand des Auges. Fig. 12. Zu dieser Grenze kenne ich nur Annäherungen.
5. Die Sehnerven in ihrem hintern Theile vereinigt, in ihrem vordern für zwei verschiedene Augen der

*) Descript. anatom. cap. foet. eq. Cyclop. Berolin. 1824.

**) Diss. de Cyclophia. Hal. 1819.

selben Augenhöhle getrennt. An zwei Schweinsfötus von Rudolphi *) beobachtet.

- 6) Die Wurzeln des Chiasma treten, ohne sich zu einem gemeinschaftlichen Sehnerven zu verbinden, an verschiedenen Stellen in das Auge. Dahin gehören mehrere von Littre **), Albrecht ***), Riviera ****), Ullersberger, Borrich, Leveillé und Liedemann †) beobachtete Fälle. Fig. 13.

Wenn die hier vorgetragene Ansicht von der Entstehung der Monophthalmie richtig ist, so kann es bei den Thieren, bei welchen nur einzelne Theile beider Netzhäute und der Gesichtsfelder identisch sind, auch nur zu einer theilweisen Vereinigung der Netzhäute und der Sehnerven kommen. Fig. 14. ist a b des Auges A identisch mit e d des Auges B. In der monophthalmischen Vereinigung von A und B Fig. 15. sind die identischen Theile a b und e d ineinsgebildet, die differenten Theile c b des Auges A und e f des Auges B schließen sich aber als seitliche Theile des cyclopischen Auges aus; und so entsteht ein in seinem Breitendurchmesser ungewöhnlich großes Auge, während die übrigen Verhältnisse normal bleiben. Wenn wir nicht zu viel Gewicht auf die vorhandenen Beobachtungen über Monophthalmie des Menschen und der Säugthiere legen, so scheint die monströse Vereinigung identischer Theile zur

*) In Ruben's Inauguralschrift, S. 12.

***) Mem. de l'acad. des sciences de Paris, 1717. p. 285.

****) Act. nat. cur. 1744. Vol. VII. p. 363. obs. 102.

*****) Storia di un monocolo, Bologna 1793. p. 12. in J. Ruben's Inauguralschrift.

†) H. a. D. S. 80. I. Beob.

Monophthalmie bei den Thieren auch um so feltner zu werden, je differenter die Gesichtsfelder in den Thierstufen werden, oder jemehr die Divergenz der Augen zunimmt. Und es dürfte bei den Thieren mit ganz differenten Gesichtsfeldern gar nicht zur Monophthalmie kommen. Diese Betrachtungen über die Entstehung der Monophthalmie sind vielleicht vermögend, auch einiges Licht über einen der schwierigsten Gegenstände der Physiologie, über die Entstehung der monströsen Ineinanderbildung anderer Körpertheile oder der theilweisen Duplicität gewisser Theile zu werfen.
