

XXI.**Ueber die Windungen des menschlichen
Gehirns.**

Von Dr. Alfred Richter,
erstem Assistenzarzt an der Irrenanstalt der Stadt Berlin zu Daldorf.

(Hierzu Taf. XII.)

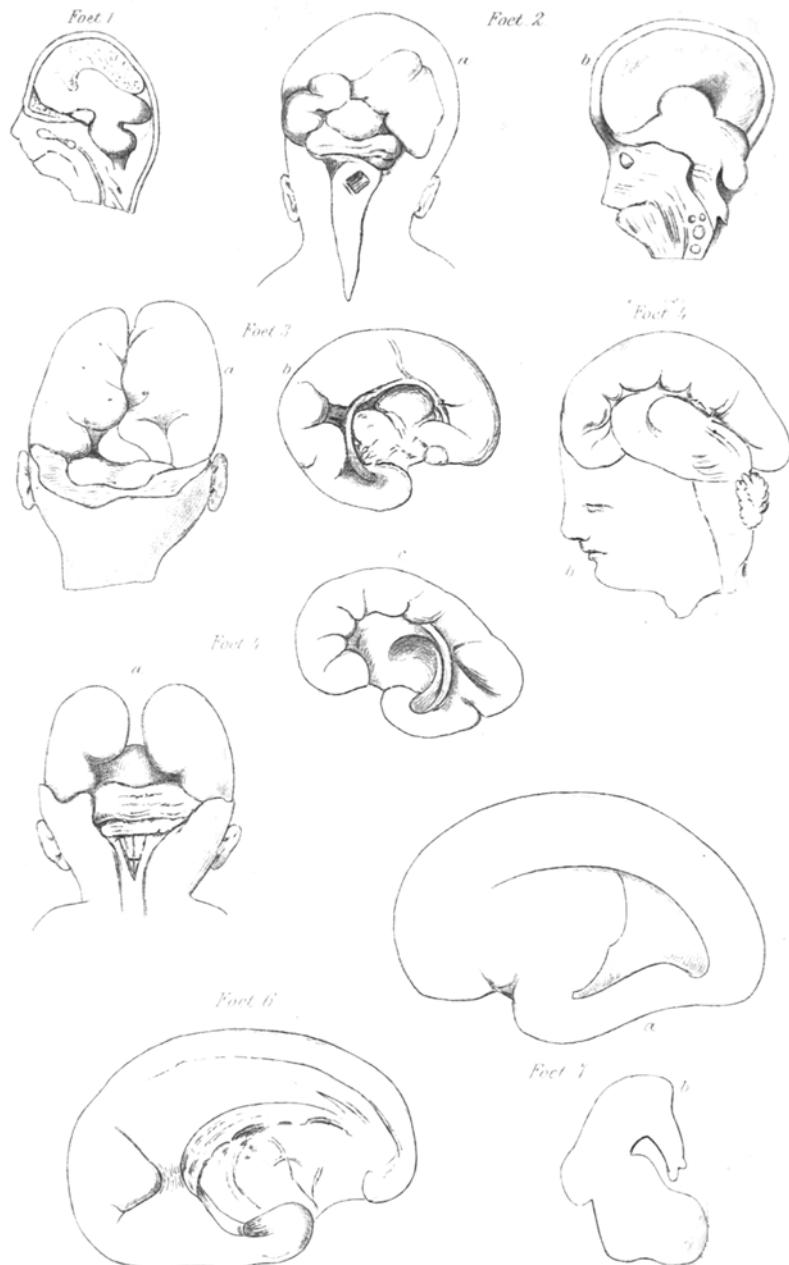
II.**Ueber die Entstehung d̄er Grosshirnwindungen.**

Die Autoren, welche über die Entstehung der Grosshirnwindungen schrieben, thaten dies nach drei Richtungen hin: die einen befassten sich wirklich mit den Ursachen des Entstehens der Furchen und Windungen, die anderen beschrieben mehr den Einfluss, welchen der Schädel auf die bereits entstandenen Windungen ausübt und meinten dabei das Entstehen der Windungen beschrieben zu haben, die dritten zählten einfach die Furchen und Windungen auf in der Reihenfolge, in welcher sie in die Erscheinung zu treten pflegen und glaubten ebenfalls dabei, das Entstehen derselben beschrieben zu haben. Ich will im Nachfolgenden versuchen, das Entstehen der Grosshirnfurchen und Windungen durch mechanische Vorgänge zu erklären und da sich meine Auffassung desselben mit keiner der früheren Autoren im Einklang befindet, so ist es nothwendig, das Hauptsächlichste, was früher hierüber geäußert worden ist, voranzustellen; ich thue es möglichst wörtlich.

Gall und Spurzheim¹⁾ verwarfen ganz entschieden das Entstehen der Furchen durch Eindringen der Pia in die Hirnrinde; wie die Windungen zu Stande kommen, erklären sie nicht, sie lassen dieselben jedenfalls aus zwei Fasersystemen, den Hirnschenkelfasern und den Commissurenfasern zusammengelegt sein; der Befund bei Hydrocephalus bestärkt sie in dieser Meinung. Leuret und Gratiolet²⁾ bringen nichts zur Erklärung des Entstehens der

¹⁾ Anatomie et physiologie du système nerveux. Paris 1810. 1812. 1818.
1819.

²⁾ Anatomie comparée du système nerveux. Tome I. Paris 1839—1857.



Hirnfurchen bei und Gratiolet auch nicht in seiner Monographie¹⁾). Nach Huschke²⁾ beruhen die Windungen auf einem der allgemeinsten Bildungsgesetze, wodurch die Natur die Mannichfaltigkeit einer höheren Entwicklung so oft herbeizuführen pflegt, auf dem Gesetz der Faltung. Faltungen überhaupt aber und so auch die Windungen des Gehirns, entstehen durch ungleiches Wachsthum einzelner Stellen der Hirnoberfläche, welche dadurch zu abwechselnden Wülsten und Furchen hervorgetrieben werden. Foerg³⁾ beschreibt zwar die einzelnen Fasersysteme, durch welche die Windungen zusammengesetzt werden, in ausgezeichneter Weise, doch ihr Entstehen zu erklären versucht er nicht. Reichert⁴⁾ will von einer mechanischen Erklärungsweise der Furchen durchaus nichts wissen. Nach ihm sind die Windungen des Gehirns besonders der Gefäßhaut wegen ausgebildet. Neben der Pia mater influiert auf die Entfaltung der freien Oberfläche der Hemisphären durch Windungen jedenfalls auch die innere Structur des Gehirns. Der allgemeine Bildungsgang sei bei allen Furchen derselbe, sie seien der Hauptform nach durch partielle Wucherung gebildet (2. Abtheil. S. 84) und die Nebenwülste verwirklichen ein Bildungsgesetz, welches in vielen anderen Fällen, wo es auf Entfaltung grosser Flächen ankomme, bekannt sei, namentlich am Kiemenapparat der Fische; dann sagt er aber wieder (2. Abtheil. S. 186), die Fossa Sylvii mit der sogenannten Horizontalfurche und der Hinterhauptseinschnitt werden nicht wie die eigentlichen Windungsfurchen gebildet. Bischoff⁵⁾ lässt es dahin gestellt sein, ob man sich das Entstehen der Furchen und Windungen denken will wie Tiedemann durch Eindringen der sich an der Oberfläche der Hemisphären ausscheidenden Gefäßhaut oder durch verschieden starke Wucherung der Oberfläche an verschiedenen Stellen. Durch die Entwicklung von Furchen und Windungen spreche sich der durch dieselben zu erreichende Zweck der Vergrösserung der Belegungsfläche der weissen durch graue Substanz aus. Huguenin⁶⁾ lässt die secundären Fältelungen aus der späteren Zeit des Fötallebens kaum begründet sein in der planvollen Architectonik des Hirns, sondern in der Raumbeschränkung, welche das wachsende Organ in seiner Kapsel erfährt. His⁷⁾ lässt die zuerst an der medianen Hemisphärenwand auftretenden Faltungen zu Folge von Raumbeschränkung entstehen; die primären und die secundären Furchen führt er beide nicht auf dieselben Entstehungsbedingungen zurück; bei den ersten hat man es mit Faltungen einer verhältnissmässig dünnwandigen Blase zu thun, bei welchen nachweisbar äussere Momente mit-

¹⁾ Mémoire sur les plis cérébraux de l'homme et de primatès. Paris 1853?

²⁾ Schädel, Hirn und Seele. 1854.

³⁾ Die Bedeutung des Balkens im menschlichen Hirn in anatomischer und pathologischer Beziehung. München 1855.

⁴⁾ Der Bau des menschlichen Gehirns. 1. Abtheil. 1859. 2. Abtheil. 1861.

⁵⁾ Die Gehirnwindungen des Menschen. 1868.

⁶⁾ Allgemeine Pathologie der Krankheiten des Nervensystems. 1. Theil 1873.

⁷⁾ Unsere Körperform. 1874.

bestimmend wären, bei den anderen handelt es sich um Veränderungen an einer dicken aus zwei Schichten bestehenden Wand, bei welchen nur die eine äussere Wandschicht direct betheiligt ist und bei welchen auch nie an Kräfte gedacht werden darf, die von aussen her wirken. Unter diesen Umständen könnte man kaum im Zweifel darüber sein, dass nur das relativ stärkere Flächenwachsthum der äusseren (grauen) Wandschicht der Grund sei, weshalb diese über ihre Unterlage sich erhebe und sich in Falten werfe. Wernicke¹⁾ lässt das Gehirn nach ihm eigenthümlichen ererbten Wachsthumsgesetzen wachsen und nicht durch mechanische Einflüsse seiner Umgebung, was schon dadurch wahrscheinlich werde, dass in der embryonalen Anlage das Centralnervensystem zeitlich seinen Umbüllungen vorangeht. In der späteren Fötalzeit, in welcher sich bei den verschiedenen Säugethierklassen die gesetzmässig verschiedene Furchung der Gehirnoberfläche vollziehe, sei nur die Gegend der Schädelbasis bereits ein festes Gebilde. v. Mihalkowics²⁾ lässt die drei Haupt- oder Primärfurchen aus Falten entstehen, die übrigen Furchen durch locale Erhebung der angrenzenden Hirnrinde; die Hemisphärenwand dehnt sich schneller aus, als die Schädelkapsel, darum faltet sie sich gegen den Ort des geringeren Widerstandes. Im 6. Monat entstehen an der äusseren Oberfläche der Hemisphären durch Erhebung der Rindsubstanz in Längszügen die sogenannten Rindenfurchen, in welche sich Fortsätze der Gefäßhant hineinlegen. Sie sind wesentlich verschieden von den Totalfurchen an der Hemisphäreninnenwand; denen Vorrägungen in den Seitenventrikeln entsprechen, die Rindenfurchen entstehen aber nur durch locale Erhebungen der Hemisphärenrinde. Es ist wahrscheinlich, dass auf die Ausbildung der Rindenfurchen die gröberen Gefässanordnungen von Einfluss sind, denn man findet in ihnen die stärkeren Venen verlaufen. Die Hauptzüge der Furchen und Windungen sind bei allen Individuen im Verlauf constant gleich, so dass man annehmen muss, dass ihrer Entstehung gesetzmässige mechanische Momente zu Grunde liegen, welcher Art, ist bis jetzt freilich noch nicht aufgeklärt. Einige der Furchen und Windungen scheinen mit der Entwicklung der stärkeren Arterien zusammenzuhängen, wenigstens ist das für die Fossa Sylvii (Art. fossae S.), für die Fissura parieto-occipitalis (Art. profunda cer.) und für die Ammonsfurche (Art. corp. call.) wahrscheinlich. Nachdem Pansch³⁾ die Totalfurchen das Ergebniss einer Einbiegung der noch dünnen Wand des fotalen Gehirnbläschens und die Rindenfurchen den Ausdruck von Faltungen, die nicht die ganze Wandung der Hirnblase betroffen haben, sondern wesentlich nur die Hirnrinde, genannt hat, meint er, dass man aus diesen Beobachtungen und aus speciellen ontogenetischen Studien mehr und mehr zur Entscheidung der Frage kommen werde, ob die Hauptfurchen, beziehungsweise auch die

¹⁾ Das Urwindungssystem des menschlichen Gehirns. Archiv für Psychiatrie Bd. VI. 1876.

²⁾ Entwicklungsgeschichte des Gehirns. 1877.

³⁾ Die Furchen und Wülste am Grosshirn des Menschen. 1879.

Nebenfurchen, innere Entstehungsursachen hätten, d. h. in örtlichen Beziehungen ständen zu bestimmten, begrenzten inneren Theilen des Grosshirns oder seiner Faserung, oder ob die Entstehungsbedingungen der Faltungen (als solche im wahren Sinne des Wortes) nur äussere seien, d. h. durch ein relativ stärkeres Wachsthum der Hirnrinde, gegenüber dem Wachsthum der übrigen Markmasse oder des einschliessenden Schädel's veranlasst würden. Seien die secundären und tertären Furchen z. B. wirklich nur das Resultat von Faltungen, durch überwiegedes Rindenwachsthum erzeugt, so lasse es sich sehr wohl denken, dass ihre Lagerung, gegenseitige Entfernung u. s. w. von untergeordnetem oder gar keinem Werthe sein kann, dass dagegen die Stärke der Faltung das Hauptmoment sei. Die letztere Annahme wolle ihm nach allen seinen Erfahrungen vorläufig als die annehmbarste erscheinen und deshalb möchte er, ehe ein Beweis für das Gegentheil vorgebracht sei, dringend davor warnen, den kleineren und seichteren Furchen allzuviel Beachtung zu schenken. Henle¹⁾ vindicirt der Furchenbildung immer den Zweck und Erfolg, die Oberfläche der Hemisphären zu Gunsten der Blutzufuhr und der Ausbreitung der Rindenschicht zu vergrössern, möge man nun annehmen, dass die Gefässverästelungen den Verlauf der Furchen bestimmen oder dass sie den durch irgend welche andere Momente bestimmten Furchen folgen und dann sagt er, es sei nach dem, was er über die Bedeutung der grauen Substanz und über den Zweck der Furchen bemerkte, nicht einmal gewiss, ob die Vermehrung der Fortsätze der Gefässhaut nicht erst die Folge der durch die Thätigkeit des Organs gesteigerten Blutzufuhr sei. Nach Kölliker²⁾ beruht die Entstehung der primitiven Furchen und Windungen offenbar darauf, dass in einer gewissen Zeit die Hemisphären stärker in die Fläche wachsen als die Schädelkapsel. Die secundären Windungen beruhen auf partiellen Vorwölbungen der oberflächlichen Hemisphärenlagen, an denen graue und weisse Substanz gleichmässig sich betheiligt. Es werde gewiss nicht als unmöglich bezeichnet werden können, dass bei der Gestaltung der Hirnoberfläche verschiedene Wachstumsintensitäten der einzelnen Regionen eine Hauptrolle spielen. Er glaubt vor Allem im Hinblick auf die Verhältnisse des kleinen Gehirns, dass auch die Furchen und Windungen des grossen Gehirns in ihren Hauptzügen besonderen Vorgängen der inneren Entwicklung und des Wachsthums ihren Ursprung verdankten, um so mehr, als von diesem Standpunkte aus die Lehre von den Hirnwindungen nach allen Seiten, mit Rücksicht auf die feinere und die vergleichende Anatomie, auf Physiologie und Psychiatrik, eine raschere Förderung zu erwarten hätte, als wenn man dieselben nur als den Ausdruck äusserer mechanischer Einwirkungen auffasse. Nach Wundt³⁾ liegt die gemeinsame Ursache aller Faltungen der Hirnoberfläche augenscheinlich in dem verschiedenen Wachstumsverhältniss der Hirnrinde und der in sie eintretenden

¹⁾ Handbuch der Nervenlehre. 1879.

²⁾ Entwicklungsgeschichte des Menschen und der höheren Thiere. 1879.

³⁾ Grundzüge der physiologischen Psychologie. 1880.

Marksubstanz. Wächst die Rinde sammt der unmittelbar von ihr bedeckten Markschicht verhältnissmässig schneller als der centralere Theil der Markstrahlung, so muss sich die Hirnoberfläche in Falten legen. Das Furchungsgesetz der Hirnoberfläche lässt sich theils aus eigenen Wachsthumsspannungen des Gehirns, theils aus dem Einfluss der umschliessenden Schädelkapsel auf dasselbe ableiten. Ist die Oberfläche in transversaler Richtung stärker gespannt als in longitudinaler, so wird sie demnach in transversale Falten gelegt oder um eine transversale Axe aufgerollt werden. Die Richtung der grössten Spannung muss zur Richtung der grössten Wachstumsenergie senkrecht sein. Nach dem gleichen Princip, fährt er fort, werden wir erwarten dürfen, dass bei den Primaten die Faltenbildung des grossen Gehirns mit zwei verschiedenen Wachstumsperioden desselben zusammenfällt, mit einer ersten, in welcher allgemein das Wachsthum in der Richtung von vorn nach hinten ein Maximum ist, und mit einer zweiten, in welcher am Stirn- und Temporaltheil die Wachstumsenergie in transversaler Richtung überwiegt. Nach Löwe¹⁾ ist es eine längst anerkannte Thatsache, dass die Ausbildung der Grosshirnwindingen eine Folge des räumlichen Missverhältnisses ist, welches zu einer gewissen Zeit zwischen der Schädelkapsel und dem zur Hemisphärenbildung bestimmten Theil ihres Inhalts eintritt. Er weist dann auf die Faltenbildung fest weicher Materien ausserhalb des Organismus hin; sie sei ein Effect der sogenannten rückwirkenden Festigkeit auf einen nicht absolut starren oder absolut elastischen Körper. Die Ausweichung der faltenbildenden Substanz erfolge bekanntlich immer in dem Sinne, dass die Höhe der Falte senkrecht auf der Richtung der wirkenden Kraft stehe. Wenn nun durch irgend einen Widerstand der senkrechten Ausweichung der faltenbildenden Substanz ein Hinderniss entgegengesetzt werde, so erfolge eine Zerklüftung der Substanz in Nebenfältchen, welche radiär zu der ursprünglich einschlagenden Richtung gestellt sei und deren Direction nach dem Parallelogramm der Kräfte construirt werden könne. Nach Ecker²⁾ betreffen die Furchen, Sulci, nur die Rinde der Hemisphärenwand und sind wohl nur die Folge eines stärkeren Flächenwachstums und einer dadurch bedingten Falzung dieser Rinde. Eine jede Windung stellt daher eine Falte dar, welche aus zwei Platten grauer Hirnrinde und einer dazwischen befindlichen Lage weisser Hirnsubstanz besteht. Chiari äussert sich nach Anton³⁾ dahin, dass die einzelnen Theile des Gehirns durch ungleiches Wachsthum eben als Windungen hervortreten.

Ich werde im Öbigen das wichtigste über diesen Gegenstand Beigebrachte erwähnt haben, zweifle aber nicht, dass über denselben sich noch manche Bemerkungen verstreut vorfinden; die-

¹⁾ Beiträge zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Nervensystems der Säugethiere und des Menschen. Bd. I. 1880.

²⁾ Die Hirnwindingen des Menschen. 1883.

³⁾ Zeitschrift für Heilkunde. Bd. VII. 1886. S. 455.

selben werden jedoch nichts principiell Verschiedenes enthalten, sonst würden sie in den Handbüchern angezogen sein. Einzelne Autoren muss ich auch noch im weiteren Verlauf der Abhandlung erwähnen.

Wir gehen zu meinen eigenen Beobachtungen über.

Ich habe dieselben an Gehirnen menschlicher Fötten ange stellt, welche sofort nach der Ausstossung aus dem Mutterleibe in Müller'scher Flüssigkeit, einzelne auch erst in Alkohol und darnach erst in Müller'sche Flüssigkeit, gelegt worden waren.

Da die übliche Bestimmung des Alters der Früchte nach der Schwangerschaftsdauer eine nur approximative sein kann, so wurde von verschiedenen Autoren z. B. Flechsig¹⁾) auf dieselbe a priori verzichtet und statt derselben einfach die Länge des Fötus gesetzt. Ich bin in dieser Beziehung noch einen Schritt weiter gegangen und habe die Früchte nur nach dem sagittalen Hemisphärendurchmesser rangirt; ich entgehe dabei den Täuschungen, welche verschieden schnelles Wachsthum des Kopfes und Rumpfes verursachen würde und habe den Vortheil, den Kopf als Wachsthumseinheit verfolgen zu können.

Der 1. und zugleich kleinste Fötus, welchen ich als geeignet für mein Thema, untersucht habe, hatte einen sagittalen Hemisphärendurchmesser von 1,5 cm. An demselben waren die Vier hügel erst zur Hälfte von den Grosshirnblasen bedeckt; die medialen Seiten der letzteren waren leicht uneben, stumpf höckrig, die lateralen zeigten erhebliche Falten, namentlich aber legten sich die Hemisphärenblasen vielfach quer und längs gefaltet von aussen nach innen heran zwischen Streifenhügel einerseits und Sehhügel und Vierhügel andererseits. Ihre Buchten waren aus gefüllt mit den Adergeflechten. Es kann nicht daran gedacht werden, dass diese Falten an der medialen Seite sowohl wie an der Aussenseite der Hemisphärenblasen etwa Erhärtungsproducte seien, dagegen spricht ihre Anordnung, welche sie bei mikroskopischer Betrachtung zeigen; sie sind auch, die ersten von His, die anderen namentlich von Kölliker erwähnt. So wie sie die Hemisphärenblasen in diesem Stadium darbieten, verschwinden sie sammt und sonders wieder; es sind Metamor-

¹⁾ Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen. 1876.

phosen, deren sich die Natur gesetzmässiger Weise bedienen muss, um bleibende Formen bilden zu können. Da sie eine Dicke von nur ca. 0,6 mm besitzen (die Dicke wechselt ja an verschiedenen Stellen und ist an der Innenwand geringer) während die Schädelkapsel mindestens ebenso dick ist, wovon 0,1 mm auf die äusserste Schicht festen Bindegewebes kommen, so ist die Annahme, dass die Schädelkapsel in mechanischer Weise zur Configuration der dermaligen Hirnblasen beitrage, sehr gerechtfertigt. Bei einer Dicke der Hemisphären von beispielsweise 0,48 mm kommen übrigens 0,02 auf die äussere graue molecularare Lage, 0,1 auf die Ganglienzellenschicht, 0,13 auf die Stabkranzfaserung, 0,1 auf die Rolando'sche Zellschicht und 0,13 auf das Ependym.

Der 2. Fötus, welchen ich untersuchte, besass einen sagittalen Hemisphärendurchmesser von 2,35 cm. Die Hemisphären bedeckten in der Seitenansicht gerade die Vierhügel; betrachtete man sich die geöffnete Schädelhöhle von hinten, so lagen die Vierhügel und das Kleinhirn noch frei. Die Hemisphären waren auch noch in diesem Gehirn gefaltet, aber viel einfacher und nur am occipitalen Pole und zwar legten sie sich (die rechte S-förmig geschwungen, die linke wie ein umgewendetes S) schräg von oben innen nach aussen unten an Vierhügel und Kleinhirn an. Auch diese Schwingungen waren nicht artificiell, denn sie mussten aus ihrer dicht schliessenden Umgebung herauspräparirt werden. An der medialen Seite hatten die Hemisphären seichte, muldenförmige Vertiefungen, namentlich aber waren sie dem Sehhügel entsprechend nach aussen gebuchtet. Der Thal. opt. und das Corp. striat. bildeten mit einander eine scharfe Schlucht, in welche sich der Rand der Innenwand der Hemisphären hineinlegte; dieser zeigte bereits die Arnold'sche Furche und den Arnold'schen Bogen, die Vorläufer der Fissura hippocampi und des Fornix. Die Hemisphären hatten eine ungefähre Dicke von 0,9 mm, wovon 0,02 auf die graue molecularare Lage kommen, 0,23 auf die Ganglienzellenschicht, 0,4 auf die Stabkranzfaserung, 0,15 auf die Rolando'sche Zellschicht und 0,1 auf das Ependym. Die Schädelkapsel fing an zu verknorpeln. Die Fossa Sylvii war übrigens an dem Präparate als kleine Einsenkung leicht zu erkennen und auch die Insel war unten und aussen angedeutet.

Die Fossa Sylvii entsteht, eine oft ausgesprochene Erklärung, dadurch, dass das nach innen erfolgende Dickenwachsthum der in ihr gelegenen Insel den dünnen Hemisphärenblasen einen Stützpunkt bietet und ihnen Zeit lässt, sich über sie auswärts hinwegzuschlagen. — Pons und Oliven sah man deutlich, darunter schienen die Pyramiden angedeutet.

Der 3. Fötus, welchen ich untersuchte, hatte einen sagittalen Hemisphärendurchmesser von 3,2 cm. An der Aussenseite waren die Hemisphären bereits ganz glatt, nur am occipitalen Pole zeigten sich einige Einkerbungen und die Fossa Sylvii erschien als nach hinten oben gezogene Telle mit einer kleinen Insel an ihrem unteren Ende. Die Hemisphären bedeckten übrigens die Vierhügel noch nicht vollkommen, wenn auch schon mehr als bei Fötus No. 2. Auffälliger waren die Veränderungen an der Innenseite. Hier war nehmlich schon der Randbogen mit der Bogenfurche zu Tage getreten (bei Fötus 2 musste man ihn aus der Schluft zwischen Corp. striat. und Thal. opt. herausziehen, um seiner ansichtig zu werden); der erstere ging nach unten hin in den Uncus über, nach oben in den Fornix; die beiden Fornices waren noch nicht mit einander verwachsen. Die Bogenfurche begann unten die Fissura hippocampi deutlicher einzustülpen. Sie hing übrigens mit den zwei an der Innenwand des Hinterhauptsappens sichtbaren kleinen Furchen zusammen, in der von His beschriebenen Weise (l. c. S. 114); späterhin trennen sich diese beiden von der ersten, indem sich der Gyr. hippocampi zwischen ihnen erhebt und werden, die obere zur Fiss. parieto-occipitalis, die untere zur Fissura calcarina.

Der occipitale Pol der rechten Hemisphäre war übrigens missbildet, er endete in einen schmalen hohlen Zipfel, der so ungünstig senkrecht herablag, dass er wohl schwerlich wäre ausgestülpt und mit zur Bildung des Hinterhorns verwendet worden; er würde Veranlassung zu einer Missbildung gegeben haben und bestätigt meine im ersten Theil dieser Arbeit gethane Aeusserung, dass Missbildungen am Occiput so häufig sind. Fötus 3 ist aber nicht dasjenige Exemplar, welches, im ersten Theil dieser Arbeit erwähnt, ebenfalls ein verbildetes Occiput, linkerseits, hatte; auf das komme ich noch im Verlauf dieser Abhandlung zurück.

Kann man nun einerseits annehmen, dass die Ausglättung der Hemisphären mit durch die strotzenden Adergeflechte bewirkt wird, die im fötalen Gehirne unverhältnismässig gross, auf diese Weise eine wichtige dynamische Rolle zu spielen hätten, so ist es anderseits höchst wahrscheinlich, dass durch das Drängen der Hemisphärenbläschen, zu Folge der Rundung des Hinterhauptes, nach innen, überhaupt zuerst die Bildung der Bogenfurche, die gewissermaassen eingebrochen wird, sodann deren Fortsätze in die Fiss. parieto-occipitalis und calcarina zu Stande kommen; der Sehhügel und Vierhügel betheiligen sich an diesem Vorgang und in der That waren die Innenseiten der Hinterhauptslappen von Fötus 3 im Allgemeinen nach den Hinterhörnern hinein eingebuchtet, den Sehhügeln und Vierhügeln entsprechend. — Eine mikroskopische Untersuchung der Hemisphären von Fötus 3 konnte nicht erfolgen, da sie noch nicht genügend hart waren. Die Hemisphärendicke betrug ungefähr 3,5 mm.

Der 4. Fötus hatte einen sagittalen Hemisphärendurchmesser von 3,3 cm. Die Hemisphären ragten im Seitenanblick zwar gerade bis an den hinteren Rand der Vierhügel, von hinten jedoch besehen lagen die letzteren noch immer frei, wie man ebenso von oben die Sehhügel noch gut erblicken konnte; von hinten vermochte man durch die frei präparirten Hemisphären hindurch zu visiren und die Fornices waren noch nicht mit einander verwachsen, wenn sie auch deutlich als solche sich präsentirten. An der medialen Seite der Hemisphären gingen einige radiäre Falten mehr von der Bogenfurche aus, als bei Fötus 3. Bei letzterem zählte man im Verlauf der ganzen Bogenfurche fünf, bei Fötus 4 neun. Die Fiss. parieto-occ. und calc. standen bei Fötus 4 zur Bogenfurche ungefähr noch in demselben Verhältniss wie bei Fötus 3. Ausser der Parieto-occ. und calc. verschwinden übrigens diese radiären Furchen der medialen Hemisphärenwände dieser Entwicklungsepoke sammt und sonders wieder und theilen so das Geschick der schon früher erwähnten occipitalen Falten früherer Stadien, obschon sie wie diese Totalfalten im His'schen Sinne sind. Ich zweifle nicht, dass auch diese passageren, radiären Medialfurchen in analoger Weise entstanden sind wie die Vorläufer der Fiss. par. occ. und calc., indem die

Schädelwölbung auch von vorn und oben her, die Hemisphärenblasen nach der zuerst eingedrückten Bogenfurche drängt. Wenn von den radiären, medialen Furchen dieser Entwickelungsperiode nur gerade die zwei hintersten, i. e. die künftige Parieto-occ. und calc. erhalten bleiben, so liegt dies wohl an den Wachstumsverhältnissen der Innenwand des Hinterhorns, wie sie bei Fötus 6 beschrieben werden sollen¹⁾). — Das Stirnhirn hatte sich übrigens bei Fötus 4 noch nicht vollkommen von den Stirnbeinen abgesondert. Die Schädelkapsel schickte sich zur Verknöcherung an. Bei einer Hemisphärendicke von 2,15 mm kamen 0,05 auf die äusserste, 0,4 auf die Ganglienzellenschicht, 1,0 auf die Stabkranzschicht, 0,6 auf die Rolando'sche Zellschicht und 0,1 auf das Ependym. Das eingestülpte Stück einer Furche war ungefähr nur halb so dick wie die umgebende Hirnwand; betrug beispielsweise die Hemisphärendicke irgend einer Stelle 1,56 mm (äussere grau molecularare Schicht 0,03, Ganglienzellenschicht 0,43, Stabkranzfaserung 0,9, Rolando'sche Schicht 0,1 und Ependym 0,1 mm), so mass die eingestülpte Furche dieser Stelle nur 0,72 mm (die äusserste Schicht 0,03, die Ganglienzellenschicht 0,29, die Stabkranzfaserung 0,25, die Rolando'sche Schicht 0,08 und das Ependym 0,07).

Der 5. Fötus hatte einen sagittalen Hemisphärendurchmesser von 3,9 cm. Es war derselbe, der mit Bezug auf seinen linken verkümmerten Occipitallappen im ersten Theil dieser Arbeit erwähnt wurde. Die Insel war an demselben als flache Grube von über $\frac{1}{2}$ cm abgesetzt, doch wulsteten sich die umgrenzenden Lappen noch nicht über sie hinweg. Die Fiss. parieto-occip. und calc. sind leicht kenntlich; die letztere bildet einen nach oben concaven Bogen und ist durch einen kleinen Wulst von

¹⁾ Anton a. a. O. S. 474 lässt und zwar in sehr acceptabler Weise, die Passageren dieser Radiärfurchen, zu Folge der Balkenentwicklung verschwinden. Dabei erwähne ich, dass der sehr interessante von Anton a. a. O. beschriebene Fall die Auffassung bestätigt, welche ich im ersten Theil dieser Arbeit Bd. 106 dieses Archivs geäussert habe, dass das Gehirn unter pathologischen Verhältnissen von ganz bestimmten Entwickelungsphasen ab nur in die Grösse weiter wächst, ohne spätere Entwickelungsphasen zu erreichen. Der Anton'sche Fall repräsentirt, wie er auch selbst präcisirt, eine Missbildung von der Entwicklungsphase des Fötus 4.

der ersteren getrennt; sie communicirt durch eine kleine Querfurche mit der Bogenfurche. Der Randbogen hatte das Ammonshorn nun vollkommen eingestülp, letzteres war auch in den Einzelheiten in der Bildung begriffen. Die Fornices waren mit einander verwachsen und die Balkenstrahlung schickte sich zum Durchbruch an. Von der Hemisphärendicke kamen (lateralen Seite des Occipitallappens) 0,05 mm auf die graue molecularare Schicht, 0,47 auf die Ganglienzellenschicht, 1,95 auf die Stabkranzfaserung, 0,11 auf die Rolando'sche Schicht und 0,06 auf das Ependym, also auf die ganze Wandstärke 2,64 mm.

Der 6. Fötus hatte im sagittalen Hemisphärendurchmesser 4,7 cm. An ihm ragten die Hinterhauptslappen bereits über das Kleinhirn hinüber, an der lateralen Seite entstanden die centrale, die occipitalen und frontalen Furchen und die Insel wurde von den Rändern des umgebenden Hirnmantels bereits etwas überwuchert. Der Balken hatte sich gebildet und über ihm zog der Sulcus corporis callosi herunter in die Fissura hippocampi, die frühere Bogenfurche. Das Ammonshorn hatte sich noch nicht vollkommen vom Uncus abgesetzt. Ein Sulcus calloso-marginalis war in der Entstehung. Das Hirn war überhaupt in lebhafter Entwicklung begriffen und übertraf, was die Furchenbildung an der lateralen Seite anbelangt, den nächsten Fötus, obwohl seine Hemisphären 4 mm kürzer waren. Namentlich aber war an der medialen Seite die Bildung des Zwickels durchgeführt; die Fiss. parieto-occipitalis und calcarina formirten denselben und die letztere theilte sich schon gabelig; beide Fissuren waren zwar noch mit der Fiss. hippoc. durch eine seichte Telle verbunden, jedoch sah man schon einen Gyr. hippoc. sich absetzen.

Wir hatten bei dem vorigen Fötus hervorgehoben, wie die Rundung des Hinterhauptes die Hemisphärenblasen nach innen zur Bogenfurche und deren Verlängerungen abknickt; indem nun weiterhin die Hemisphären sich vergrössern, wird durch die nehmliche Hinterhauptsrundung der obere Theil des Occipitallappens nach unten innen, der hintere nach innen und der untere, namentlich mit durch das wachsende Kleinhirn, nach oben innen abgedrängt und so kommt die auf den ersten Blick unverständliche Zwickelbildung zu Stande; die Betrachtung der Occi-

pitallappen, der entsprechenden Stadien, namentlich von hinten, zeigt diesen Vorgang augenscheinlich und war in früheren Perioden die mediale Wand der Occipitallappen, wie gesagt, nur eingeknickt, so wurden diese eingeknickten Stellen, i. e. die Furchen, während des weiteren Hemisphärenwachstums und so bei Fötus No. 6, auch noch überwuchert und so sehen wir sich an der Innenseite der Occipitallappen denselben Prozess abspielen, den wir bereits von der Aussenseite der Hemisphären, nehmlich der Insel, vorhin erwähnten.

Eine mikroskopische Untersuchung des Fötus 6 wurde gleichfalls durch die noch allzugrosse Weichheit seiner Hemisphären verboten. Seine Hemisphärenstärke betrug 6,0 mm am Ansatz der Hemisphärenwand an die Insel.

Fötus No. 7 hatte Hemisphären von 5,1 cm sagittalem Durchmesser. Ich hatte schon hervorgehoben, dass dieser Fötus bezüglich der Furchenbildung der lateralen Hemisphärenflächen hinter No. 6 zurückgeblieben war, doch zeigte er Andeutungen solcher und an den medialen Seiten war er weiter entwickelt als No. 6, denn der Gyr. hippoc. hatte sich ganz gebildet und die Collateralis trat in die Erscheinung.

Der Randbogen liegt, wie bereits bemerkt, ursprünglich zwischen Corp. striat. und Thal. opt.; nach der Vollendung des Gehirns liegt er d. h. die aus ihm entstandenen Gebilde (Fornix, Fiss. hippoc.) hinten und zum Theil nach innen vom Thal. opt., er ist also im Laufe der Entwicklung über denselben hinweg gewandert; diese Wanderung erfolgt zur Folge der Dickenzunahme der medialen Wand des Occipitallappens (Entstehung des Gyr. hippoc.) und trägt mit zur definitiven Gestaltung der Fiss. hipp. bzw. des Ammonshorns bei.

Betrug an diesem Fötus die ganze Hemisphärendicke 7,0 mm, so kam davon auf die Ganglienzellenschicht 1,0 mm. Auch bei ihm hatten sich, wie bei No. 6, die Ränder der die medialen und lateralen „primären“ Furchen umgebenden Hirnpartien, in die letzteren hineingewulstet. Querschnitte zeigen, dass diese Furchen und Wulstungen stets der ganzen Dicke der Hemisphärenwand entsprechen, in Folge dessen auch nach den Seitenventrikeln zu Vorsprünge bilden und dass das Hineinwulsten in die Furchen nicht etwa durch Verschieben einzelner Gewebsschichten der He-

misphärenwand von der Seite her stattfand, sondern durch Verdickung aller Schichten derselben, wobei allerdings die Furchensohle etwas im Rückstand bleibt. Auf diese Weise sparen die Hemisphären allen Raum aus und im Stadium, welches zwischen Fötus 5 einerseits und 6 und 7 andererseits liegt, sind sie nicht nur, abgesehen von den Primärfurchen vollkommen glatt, sondern haben auch ihre definitiven Proportionen erlangt und bedürfen nur noch des weiteren Ausbaues in die „secundären“ Furchen.

Die Zeit der Einknickungen ist vorüber und Hemisphärenwände, welche bei einem sagittalen Hirndurchmesser von 4,7 und 5,1 cm eine Hemisphärendicke von 0,6 und 0,7 cm haben, lassen sich, ohne dass es zu Atrophien kommen müsste, nicht mehr einstülpen. Das Hirn müsste eigentlich von dem eben fixirten Stadium ab in allen Dimensionen mit glatten Aussenwänden weiter wachsen. Nun sagen verschiedene Autoren, es wird jetzt die Marksubstanz von der Rindensubstanz überwuchert und so kommt es zu einer Faltenbildung der letzteren.

Ein Wuchern der grauen Substanz in der Höhe findet tatsächlich nicht Statt, die graue Substanz bleibt im Gegentheil im Wachsthum relativ zurück, denn das Verhältniss der Gesammthemisphärendicke zur Ganglienzellenschicht plus der grauen molecularen Schicht war

bei Fötus 1 0,48 : 0,12,
bei Fötus 2 0,90 : 0,25,.
bei Fötus 4 2,15 : 0,45,
bei Fötus 5 2,64 : 0,47 und
bei Fötus 7 7,00 : 100.

Das Dickenwachsthum der Hemisphären vollzieht sich vielmehr zu Folge des Wachsthums der Stabkranzfasern, welches bei Fötus 1, 2, 4 und 5 zunahm im Verhältniss von 0,13, 0,4, 1,0 und 1,95 mm; es wäre aber auch nicht verständlich, wie die graue Substanz dazu kommen sollte, durch Dickenwachsthum sich zu falten.

Da auch nicht daran gedacht werden kann, dass strichförmig angeordnete Hirnpartien unter das Niveau, welches das Hirn zur Zeit der Entstehung der Secundärfurchen erlangt hat, hinuntersinken, denn Querschnitte lehren, dass die Hemisphärendicke von der Sohle einer Furche bis zur Ventrikellinnenwand, nicht geringer zu sein pflegt, als die Hemisphärendicke derselben

Stelle von der Zeit, wo das Hirn seine Proportionen erlangt hat und Furchen zu bilden im Begriff steht, so kann die Faltenbildung der grauen Substanz nur durch einen flächenhaftes Wuchern hervorgebracht werden. Dies könnte auf zweierlei Weise geschehen.

Entweder verschiebt sich die graue Substanz auf ihrer Unterlage zu Falten, indem die Rindenzenellen sich schnell vermehren, neben einander keinen Platz mehr haben und sich so partienweise gewissermaassen ab- und emporheben. Dies ist jedoch weder physiologisch noch anatomisch gut denkbar oder nachgewiesen. Eine Zellschicht, welche so wenig Raum hat, dass sie, um sich ausbreiten zu können, sich in Falten legen muss, proliferirt jedenfalls zu Folge dieses Raummangels eben keine Zellen und legt sich somit nicht in Falten und überdies müssten die emporgedrängten Zellen ihre thatsächlich mit der Unterlage vorhandene Verbindung lösen oder ihre Ausläufer müssten schneller wachsen; und durch die mikroskopische Untersuchung findet diese Auffassung keine Bestätigung, weil die Ganglienzzellschicht vor und nach der Episode der Bildung secundärer Furchen, die gleiche Dichtigkeit hat.

Oder aber die Faltenbildung kommt dadurch zu Stande, dass gewisse Rindenpartien strichweise im Wachsthum zurückbleiben, während die zwischen ihnen gelegenen plateauartig schneller wachsen; diese Auffassung ist jedenfalls die allein annehmbare. Es müsste dann bestimmten Rindenpartien eine beträchtlichere, anderen wiederum eine geringere „Wachsthumsenergie“ innewohnen. Ich glaube diesen Vorgang in greiflicherer Weise definiren zu können, muss aber zu diesem Zwecke vorher auf eine Construction aufmerksam machen, die der Bau des Gehirns darbietet.

Jede Hirnhemisphäre stellt ungefähr von dem Stadium ab, wo sie Secundärfurchen zu bilden beginnt, ein Gewölbe dar. Diese Gewölbsform erhält sich ganz charakteristisch bis nahe zur Geburt; der grosse flache Bogen des Gewölbes läuft in sagittaler Richtung, der kleine in coronarer; der kleine ist wieder im spitzen Winkel in zwei ungleiche Schenkel gebrochen; der kürzere von ihnen ist der laterale, welcher auf den Linsenkern, der längere der mediale, welcher auf den Balken aufsetzt. Mit der

vollendeten Ausbildung der Hemisphären verstreicht die quere Bogenform der einzelnen Hemisphären etwas, namentlich im Vorderhorn, zu Folge der Dickenzunahme des Balkens, im Hinterhorn jedoch ist sie noch rein auch in der ausgewachsenen Hemisphäre erhalten. Am fötalen Gehirn ist der mediale Schenkel des queren Gewölbebogens so in die Augen springend, weil die Hemisphäre sogar schon vor dem Auswachsen des Balkens in coronarer Richtung einen spitzen Gewölbebogen mit zwei Schenkeln bildet, dessen medialer eben die mediale Wand der Hemisphäre ist, an deren Rande (Randbogen) dann der Balken quer hervorsprosst. Der vollendete Balken selbst bildet wieder in sagittaler Richtung einen flachen Bogen, das Segment eines Kreises, welcher vorn im Genu seinen Halt hat, hinten sich mit dem Splenium auf das Polster, welches die Zelthöhe bildet, auflegt, in coronarer einen in der Mitte etwas eingesenken. Stellte also jede Hemisphäre für sich ein Gewölbe dar, so umfasst späterhin der Balken die beiden Hemisphären gewölbe zu einem grossen Rundgewölbe. Und zeigen uns das nicht Schnitte durch gut gehärtete Gehirne, Ausgüsse des Ventrikelsystems (s. Schwalbe, Lehrbuch der Neurologie. 1881 S. 502, Fig. 316) oder Präparate der Balkenfaserung? (s. Gratiolet, Anat. comp. du syst. nerv. Atlas Pl. XXV. Fig. 3).

Diese Architectur des Gehirns erscheint nicht nur geeignet, dem ausgewachsenen Organ, das nicht wie andere innere Theile des Leibes in Ligamenten gewissermaassen aufgehängen ist, in sich Halt zu verleihen, sie scheint auch noch einem anderen Zwecke zu dienen.

Dass sich das Hirn sowohl des Erwachsenen wie des Fötus bewegt, ist ausser allem Zweifel; die Hydrodynamik erfordert es a priori, für den Erwachsenen beweist es das Experiment und beim Fötus die Fontanellenbewegung. Indem die Herzstole das Blut von der Hirnbasis aus in alle Gefässe des Gehirnes bis in deren kleinste Verzweigungen, hineintreibt, macht es dasselbe anschwellen und zwar vergrössert es sich von der Basis aus auf der es ruht, centrifugal unter Wegdrücken des Liquor cerebro-spinalis. Es ruht auf der Schädelbasis nicht nur zu Folge seines specifischen Gewichts, das beträchtlicher ist als das des Liquor cerebro-spin., es ist auch an der Basis festgehalten, denn es

greift mit den Schläfenlappen unter die kleinen Keilbeinflügel, das Zelt schiebt sich zwischen Kleinhirn und Occipitallappen ein, die Arterien und Nerven bringen es mit der Basis in eine natürliche Verbindung und seine unpaaren mittleren Gebilde setzen sich zum Theil in dieselbe fort. Seine Architectur erweist sich also auch vortheilhaft für das erwachsene Gehirn mit Bezug auf die pulsatorischen Bewegungen. Dem sehr weichen fötalen Gehirne würde die Gewölbeform vergeblich Halt verleihen wollen; das ist auch nicht nothwendig, denn die Frucht liegt mit dem Kopf zu unterst im Mutterleibe und seine Hemisphären in breiter Ausdehnung im oberen Theil der Schädelkapsel und läge einmal die Frucht umgekehrt, so würde dies noch nichts verschlagen, weil die Schädelkapsel zu Folge ihrer Fontanellen und deren dehnbaren Fortsätze sich ihrem Inhalte stets adaptirt und auch mit blossem Bezug auf die pulsatorischen Bewegungen würde der Frucht aus denselben Gründen die Gewölbeform nicht absolut nothwendig sein; und doch ist dieselbe auch für das fötale Gehirn nicht ganz ohne Bedeutung und somit komme ich auf die Furchenbildung des Gehirns zurück.

Um kurz zu sein, ich bin der Ansicht, dass dieselbe durch die fötalen Hirnbewegungen veranlasst wird.

Wenn nehmlich das Gehirn zu Folge des Pulses anschwillt, werden alle seine Ränder in die entsprechenden Buchten des fötalen Schädels gedrückt und, obschon das Hirn die Schädelkapsel fast vollkommen ausfüllt, doch eine gewisse Erschütterung erfahren, dieselbe auf die zwischen den Rändern gelegenen Hemisphärenflächen übertragen und zwar zu Folge der umgebenden festen Begrenzungen mit dem Effect nach innen. Man kann den Gang dieser Erschütterungen mit dem Gang von Wellen vergleichen, welche an den Rändern eines mit Wasser gefüllten Gefäßes erzeugt, sich in der Mitte der Wasserfläche begegnen, nur dass sich dabei die Wellen nach aussen erheben und jede ihren Weg weiter zieht, während die molecularen Erschütterungen des Gehirns zu Folge der runden Schädelkapsel mit ihrer Wirkung nach innen abgelenkt und bei ihrer Begegnung zu Folge der Materie in der sie ziehen, gebrochen und annullirt werden¹⁾.

¹⁾ Vergl. hierbei v. Bergmann, Die Lehre von den Kopfverletzungen.
1880. S. 102 u. 347.

Und die Gewölbestructur, nach der das Hirn gebaut ist, erleichtert eben diesen Vorgang.

Bliebe das Gehirn auf der Entwickelungsstufe, gerade ehe es secundäre Furchen zu bilden sich anschickt, stehen, so würden sich jene Brechungslinien wohl kaum markiren; das Hirn wächst jedoch nach der Peripherie hin und so werden bei dem beständigen Vorhandensein dieser Interferenzpunkte und -linien nicht alle Zellen der Ganglienschicht sich in gleich günstiger Weise an dem Wachsthum betheiligen können; die Ganglien-zellen, welche den Interferenzlinien entsprechen, werden im Wachsthum linienweise aufgehalten und durch ihr allmähliches Zurückbleiben, Furchen entstehen lassen, mag man annehmen, dass sie in der Vermehrung aufgehalten oder nur die einzelnen in ihrem peripherischen Wachsthum gehemmt werden. Sind auf diese Weise Furchen entstanden, so werden ihre Zellen im Vergleich zu denen der nicht in Furchen gelegenen, erst recht unter ungünstigen Wachstumsverhältnissen sich befinden, denn es werden sich in ihnen die entsprechenden pulsatorischen Erschütterungen auch weiterhin brechen und die Furchen werden auch weiterhin hinter ihrer Umgebung zurückbleiben und so tiefer werden und hierin scheint mir die Unmöglichkeit regelmässigen Wiederverschwindens einmal entstandener Secundärfurchen, wie es Bischoff (l. c.) von der äusseren senkrechten Furche annimmt, zu liegen. Wie kann man auch von einer Secundärfurche, von der man nichts mehr sieht, behaupten, dass sie einmal dagewesen sei?

Die einmal entstandenen Furchen werden aber, wenn sie eine bestimmte Tiefe erreicht haben, die molecularen Erschütterungen nicht nur aufnehmen, sie werden dieselben auch von ihnen an einander liegenden Rändern aus, zum Theil nach beiden Seiten zurückwerfen, entgegen den nächsten und auf diese Weise neue Interferenzlinien und Furchen bilden. So entstehen unter dem beständigen peripherischen Wachsthum der Hemisphären zwischen den einmal entstandenen Furchen und den Rändern, an welchen die Hemisphären den Schädel oder sich unter einander berühren, immer neue Furchen und der Hirnmantel wird immer weiter in Windungen abgespalten, bis das Wachsthum desselben aufhört¹⁾). So kommt es auch, dass die ältesten Furchen die tief-

1) Wenn ein Gehirn von einer zwischen Geburt und Pubertät liegenden

sten sind und die jüngsten sich nur als seichte Einkerbungen auf breiten Windungen kundgeben. Die Sohle selbst der ältesten Furchen steht jedoch nie im Wachsthum still, wie Querschnitte durch typische Furchen von Hirnen verschiedener Entwickelungsstadien beweisen, sondern hebt sich immer, wenn auch langsamer als die graue Substanz der ganzen umgebenden Hemisphärenfläche, von der Innenwand des Ventrikels ab. Würde man auf einer Linie zwischen zwei Punkten, von denen der eine den Beginn der secundären Furchung, der andere den definitiven Wachstumsstillstand des Gehirns bezeichnen soll, eine Anzahl gleicher Abscissen markiren, welche die entsprechenden gleich weit von einander gelegenen Entwickelungsperioden des Gehirns darstellten und würde man auf jeder Abscisse den jeweiligen Durchmesser von dem Ventrikelependym bis zur Furchensohle und von dem Ventrikelependym bis zur Tangente der Hemisphärenfläche als Ordinaten verzeichnen, so würde man, das Ependym als Abscissenlinie gedacht, eine steiler und eine weniger steil ansteigende Curve erhalten, welche dieses verschiedene Wachsthum von Hirnoberfläche und Furchensohle darstellen.

Aus obiger Betrachtungsweise der Differenzirung der Hirnoberfläche in Secundärfurchen geht hervor, dass von der Entstehung von Windungen bei der Entwicklung des Gehirns eigentlich gar nicht die Rede sein kann, sondern dass nur Furchen entstehen. Es fragt sich nur, wann sind zuerst die Bedingungen zur Entstehung dieser Secundärfurchen gegeben.

Zu Folge des oben Erörterten ist die Antwort leicht: die ersten Secundärfurchen entstehen, wenn das Hirn durch sein Wachsthum die primären Furchen ausgenutzt hat und darüber in seinen Wandungen eine gewisse Stärke erlangte, so dass die pulsatorische Kraft, welche in früheren Zeiten der Entwicklung sich vermittelst der Adergeflechte ventrikelerweiternd zur Geltung brachte, nun von seinen Wandungen aufgenommen und compensirt werden kann. Diese Zeit wird repräsentirt durch Fötus 6 und 7 und entspricht zugleich der Periode lebhaften

Entwickelungsstufe ab, sich nur unter Vergrösserung aber nicht Detailirung seiner vorhandenen Windungen, weiter entwickelt (s. den 1. Theil dieser Arbeit, dieses Arch. 1886. S. 415), so liegt jedenfalls, wie auch a. a. O. angedeutet, eine pathologische Histogenese vor.

Hirnwachstums, wo der Balken erschien und damit in das Hirngewölbe den Schlussstein setzte. Selbstverständlich kommt es vor, dass bereits secundäre Furchen entstehen, wenn das Hirn mit der Ausnutzung einer der primären noch nicht vollkommen zu Ende ist und diese Thatsache, sowie die, dass der Sulc. collateral. manchmal eine Eminentia coll. giebt, manchmal nicht, beweist nur, dass die Hülfsmittel, welche die Natur zur Erreichung eines Zweckes anwendet, von ihr, verschiedenen Umständen entsprechend, verschieden ausgebeutet werden.

Weiter will ich bemerken, dass ich nicht der Meinung bin, was übrigens auch aus dem Früheren hervorgeht, dass in der Ganglienzellenschicht, in welcher die Furchenbildung anhebt, eine grössere Spannung herrscht, als in den übrigen Gewebsschichten der Hemisphäre, welche der Hirnpuls durch die Furchenbildung gewissermaassen auslöst; es zeigen, wie bereits erwähnt, feinste Schnitte durch die Rindenschichten von Föten vor und nach dieser Periode, von Stücken neben und in den entstehenden Furchen ganz dieselbe Zellendichtigkeit; ich glaube, wie gesagt, dass es nicht zum peripherischen Weiterwachsthum des Gehirns, i. e. zur Vermehrung der Rindenzellen kommen könnte, wenn diese Schicht unter einer grösseren Spannung stände: es ist die blosse Wirkung der pulsatorischen Erschütterung, welche die Hirnoberfläche linienweise im Wachsthum aufhält und zerspaltet.

Ich habe eine Zeit lang gemeint, die Bedingungen zur Entstehung der Secundärfurchen wären vielleicht durch locale Structurverhältnisse gegeben und machte in Folge dessen feine Schnitte durch gerade eben angedeutete Furchen etc., ich fand jedoch in der Structur der entstehenden Furchen durchaus keine Anhaltpunkte für ihre Entstehung, wohl aber glich, wie schon öfter bemerkt, die Structur aller Secundärfurchen vollkommen der der umgebenden Hemisphäre und sie stellten nur tiefere, i. e. linienweise in der Marksustanz zurückgebliebene Rindenzellenschichten dar.

Ferner muss ich erörtern, ob zu Folge des geschilderten furchenbildenden Vorganges nothwendiger Weise die Sulci immer in strenger Reihenfolge auftreten müssen. Die Erfahrung lehrt, dass dies nicht der Fall und ich habe selbst fötale Gehirne mit occipitalen, frontalen und medialen Furchen ohne Centralfurche

gesehen. Da jedoch im Allgemeinen jedes Hirn die Primärfurchen in gleicher Weise ausnutzt und im Allgemeinen dieselben Durchmesser hat, so werden sich auch bei jedem Gehirn im Verlauf des peripherischen Wachstums dieselben molecularen Brechungslinien, also Furchen, annähernd in derselben Reihenfolge, herausstellen.

Weiter kann man zu Folge des oben Entwickelten erwarten, dass sich mehrere Furchen zugleich entwickeln; dies ist auch der Fall, wenigstens die mediale mit der lateralen Seite verglichen und was die Centralfurche, die meist zuerst erscheint, anbelangt, so ist sie, wenn sie das thut, der erste Ausdruck der gesammten pulsatorischen Erschütterung der lateralen Hemisphärenfläche, aber keineswegs ein Beweis dafür, dass das Hirn zu einer bestimmten Zeit in einer bestimmten Richtung schneller wüchse und ihre Verlaufsrichtung beweist gerade, wie sie die Resultante einer complicirten Hirnerschütterung ist. Ihr oberer Anfang liegt verhältnissmässig weit am occipitalen Pol, also weit hinten, weil er die Resultante der oberen medialen Randerschütterung ist und von dieser ein guter Theil durch die Einfaltungen der Fiss. parieto-occipitalis und calc. absorbirt wird; und sie endet verhältnissmässig weit vorn und unten, weil hier dasselbe von dem Bogen der untersten Stirnwindung, der sich gefaltet um den vorderen Theil der Insel herumschlägt, geschieht. Ihr mittlerer schräger Verlauf ist die Resultante der übrigen sagittalen und coronaren Molecularerschütterung und ihr medianes Ende würde in der Mitte des Hemisphärenrandes stehen und ihr laterales an dem hinteren Ende der Fossa Sylvii, wenn wir uns die erwähnten Einfaltungen ausgestrichen dächten. Uebrigens machen sich bei dem weiteren Hemisphärenwachsthum die verschiedenen Richtungen der pulsatorischen Molecularerschütterung gerade der lateralen Seite des Hirnes sehr bald dadurch geltend, dass sich nach dem Sulc. centr. bald ein praecentr. bzw. postcentr. und zugleich auf diese senkrecht die frontalen bzw. interparietalen Furchen aufsetzen. Der Schläfenlappen bildet zu Folge seines Eingekapseltseins in die mittleren Schädelgruben seine Windungen relativ selbständig und zu Folge seiner beträchtlicheren Länge als Breite, mehr in der sagittalen. Recht charakteristisch äussert sich das Resultat der molecularen Erschütterung in der Kreuzfurche des Gyr. orbitalis.

An der medialen Seite springt der Sulc. calloso-marg. aus demselben Grunde erst weit hinten auf den Hemisphärenrand hinaus, aus welchem der Sulc. centr. so weit hinten entsprang; jedenfalls erklärt sich das Aussehen der medialen Hemisphärenwand von dem Sept. pellucid. ab bis hinten zur Fiss. calcarina sofort, wenn man an die doppelte hier obwaltende Erschütterung denkt, an die im Bogen von vorn nach hinten und an die senkrecht auf den Balken: Die erstere giebt die über der Calloso-marg. gelegenen radiären Furchen und den radiären Ausläufer des Sulc. calloso-margin., die letztere den bogenförmigen Theil des Sulc. calloso-margin. Man kann es mir hier wohl ersparen, den von mir behaupteten Vorgang auf alle Furchendetails anzuwenden, ich will nur noch erwähnen, dass, da die Hemisphären länger sind als hoch, es mehr sagittale Furchen geben muss, denn in der transversalen Richtung brechen sich die molecularen Hirnerschütterungen eher zu Furchen als in der sagittalen. Ist die Hemisphäre jedoch abnorm kurz und relativ hoch, so treten die sagittalen Furchen zurück und es überwiegen mehr die transversalen und umgekehrt ist es bei abnorm langen und niedrigen Gehirnen. Dies ist in der That empirisch beobachtet worden. (Vergl. Meyer, Centralbl. für die medicin. Wissenschaft. No. 43. 1876. Meynert, Archiv für Psychiatrie. VII. Bd. 1877. Rüdinger, Vorläufige Mittheilungen über den Unterschied der Grosshirnwundungen nach dem Geschl. etc. 1877.)

Denkt man sich die beiden Hemisphären zu einem kreisrunden Gehirne vereint, welches pilzförmig auf der Schädelbasis aufsässe, so müsste dasselbe im weiteren Verfolg obiger Ausführungen kreisrunde, horizontale, über einander liegende Furchen bilden, da die einzigen Punkte, an denen sich jene pulsatorischen Erschütterungen brechen würden, die runde Schädelbasis und eventuell die Schädelhöhe wären und zeigt das einblasige Gehirn, welches ich im ersten Theil dieser Arbeit beschrieben und abgebildet habe, vorn nicht die Windungen horizontal und kreisrund in drei Etagen übereinander? — Nimmt man ein Hirn zur Hand und verfolgt, wie von seinen gesamten Rändern aus, die molecularen Erschütterungen nach seinen Flächen verlaufen müssen, so wird man die Furchen stets nach dem Parallelogramm der Kräfte gelegen, finden. Und so möchte ich mich schliesslich

dahin präzisiren, für das Zustandekommen der Hirnfurchen drei Factoren geltend zu machen: erstens den des peripherischen Hirnwachsthums, ohne den selbstverständlich der ganze Vorgang undenkbar wäre, zweitens den dynamischen pulsatorischen und drittens den mechanischen des Schädelgerüstes. Der zweite bedarf, um sich zur richtigen Geltung zu bringen, des dritten.

Was von der Entwicklung des menschlichen Gehirns gilt, muss auch auf die des Thiergehirns seine Anwendung finden können; selbstverständlich wird aber mit dem Formenreichthum des Schädelinnern, der Aenderung des Verhältnisses der betreffenden Hemisphären zu einander, der Schnelligkeit, mit welcher ein Gehirn in *toto* oder einzelne Theile desselben, ihre Ausbildung erreichen und der verschiedenen histologischen Zusammensetzung desselben, der Effect variiren. —

Ich komme jetzt zum zweiten Theil dieser Betrachtungen. Halte ich das „Entstehen“ normaler Secundärfurchen für unmöglich ohne pulsatorische Erschütterungen der Hemisphären: die Aenderung der Verlaufsrichtung bereits entstandener Furchen und Windungen kann sehr wohl von äusseren Momenten abhängen. Wenn die Harmonie, welche zwischen Schädelwachsthum und Hirnentwickelung existirt, z. B. dadurch zerstört wird, dass, nachdem das Hirn seine ersten Secundärfurchen entwickelt hat, vielleicht Synostosen eine übertriebene Brachycephalie oder Dolichocephalie hervorrufen, so ist die Aenderung der Verlaufsrichtung der Furchen und Windungen einleuchtend, das hat aber mit dem „Entstehen“ der Hirnfurchen nichts zu thun und wenn einmal eine Anzahl Secundärfurchen und somit die ersten Windungen entstanden sind, so wird sich der oben beschriebene furchenbildende Prozess mehr auf der Oberfläche der Windungen hin abspielen als in deren Tiefen; die Windungen gewinnen dann schon zu Folge ihrer Grösse eine gewisse Selbständigkeit des Wachsthums und arrangiren sich unter einander und nach ihrer knöchernen Umgebung und so mag das Entstehen der in der Tiefe gelegenen Uebergangwindungen zu verstehen sein: die nach der Tiefe der Furchen wirkenden molecularen Erschütterungen werden aus äusseren Gründen in ihrer ursprünglichen Richtung verändert und gestatten so das nachherige Hervortreten von Windungen. So sind auch seltener, namentlich noch tiefer gelegene

Ueberbrückungen zu erklären, wenn sie nicht von vornherein durch die Schädelbildung und eine aussergewöhnliche Richtung der molecularen Erschütterungen bedingt waren.

Und wie verderblich die Disharmonie zwischen Schädel- und Hirnwachsthum und, abhängig davon, zwischen einzelnen Hirntheilen unter einander, werden kann, bezeugen die im ersten Theil dieser Arbeit beschriebenen Druckatrophien.

Auch das schliessliche Breitersein mancher Windungen an ihrem peripherischen Ende, verglichen zu ihrem Fusse, ist die Wirkung von Kräften, welche sich erst nach ihrem Entstehen allmählich mit zur Geltung bringen.

Die Thatsache, dass am frontalen und occipitalen Ende des Gehirns und auch an der Spitze des Schläfelappens, die kleinsten Windungen, d. h. viele Furchen, gefunden werden, stimmt sehr gut zur Entstehungserklärung der Furchen durch molecularare Erschütterungen, welche an diesen Stellen sich noch in der letzten Episode der Hirnentwickelung zur Geltung brachten, wo weiter central gelegene Theile ihre Entwicklung schon vollendet hatten.

Beobachtungen wie die von Foulhouze (Rech. sur les rapp. anat. du Cerveau avec la voûte du Crane chez les enfants. Paris 1876. Virchow-Hirsch XI. 1. B. S. 13), nach denen das Gehirn in toto seine Position im Schädel zu letzterem während der ersten Lebensjahre ändert, vereinbaren sich sehr wohl mit den von mir erörterten Anschauungen.

Weiter muss ich mich hier auf das einlassen, was man oft als „Wachsthumssnergie“ einzelner Hirntheile bezw. Windungen zu bezeichnen pflegt. Wir sind leider nur in den seltensten Fällen in der Lage, die mechanischen bezw. dynamischen Bedingungen, welche auf einen Organtheil gestaltgebend einwirken, zu kennen; wie schöne Aufschlüsse aber haben uns in dieser Beziehung die embryologischen Untersuchungen von His ertheilt und wie anwendbar macht Flechsig (l. c.) diese Erklärungsweise auf die Entstehung der gesammten Leitungsbahnen des Gehirns. Bleibt uns bei den Formveränderungen der Organismen gar keine Möglichkeit einer mechanischen Erklärung, so müssen wir schon das Wort „Wachsthumssnergie“ bestimmter Theile provisorisch zulassen, bis wir bessere Erklärungsweisen finden und die letzte Erklärung alles Wachstums wird ja noch lange auf sich warten

lassen. Jedenfalls aber sind wir nicht berechtigt, wenn es sich um das Wachsthum eines aus verschiedenen Geweben zusammengesetzten Gebildes, wie z. B. des Kopfes, handelt, einem Theil ganz allein die Wachstumsinitiative zu vindiciren, dem anderen sie vollkommen abzusprechen; es hat eben auch an den zusammengesetzten Organen jeder Theil seine das Wachsthum treibenden Kräfte, wenn uns ihre nähere Erkenntniss auch noch verschlossen ist. Meynert¹⁾ z. B. findet in dem Schädelbau bestimmter Thiere „den allerschlagendsten Beleg gegen die Annahme einer aus dem Gehirnwachsthum hervorgehenden Gestaltung der Windungen“. Ich finde nicht ganz mit Recht, denn, die Entstehung der Hirnfurchen zu Folge der drei von mir zur Geltung gebrachten Factoren ausser Acht gelassen, dass das Gehirn bestimmte Wachstumsrichtungen in selbständiger Weise verfolgt, lässt sich doch nicht wegleugnen; ich erinnere nur an das sich entgegen Wachsen beider Balkenhälften, das Auswachsen des Opticus, das Hervorsprossen des Hinterhauptsappens etc., und weshalb soll man ihm denn alle Mitwirkung bei der Gestaltung der Hirnwindungen versagen!? Kann einerseits das Schädelwachsthum sehr energisch in die Windungsgestaltung eingreifen, z. B. bei der Hyperbrachycephalie, Hyperdolichocephalie und anderen Schädelmissbildungen, bei denen aber dann der Vorgang ein pathologischer und das Resultat Idiotie ist, so kann andererseits das Gehirn seine Windungen auch ganz ohne Schädel entwickeln und das beweist der Fall von Heidenreich²⁾, „wo es gar keine Spur von knöchernem und auch fast kein membranösen Schädeldach gab und wo doch das Gehirn drei getrennte blasige Gebilde darstellte, deren mittleres ganz mit gut entwickeltem Gyri bedeckt war“. Und dass bestimmte Hirntheile eine gewisse Wachstumsenergie besitzen, also andere, treibende, gestalterzeugende Kräfte, die wir noch nicht erklären können, beweist die Thatsache der Mikrogyrie, namentlich des Occipitallappens, wie ich sie im ersten Theil dieser Arbeit beschrieben habe³⁾.

¹⁾ Klinik der Erkrankungen des Vorderhirns. 1884.

²⁾ Dieses Archiv Bd. 100. 1885.

³⁾ Ich bemerke hierbei, dass mich die Lectüre des interessanten von Anton (a. a. O.) beschriebenen Falles darin bestärkt hat, dass unter dem Namen der Mikrogyrie verschiedene Dinge beschrieben werden.

Gerade umgekehrt und so ausschliesslich gewiss nicht mit mehr Berechtigung als "Meynert äussert sich R. Wagner") S. 62 der 2. Abtheilung seiner Studien: „das Interessante ist gerade, dass sich hier, wie in der ganzen Entwicklungsgeschichte, die Schädelkapsel abhängig zeigt vom Wachsthum des Gehirns und die Form von diesem, nicht umgekehrt annimmt“.

Erkennt man die Erklärung der Furchenentstehung, wie ich sie gegeben habe, als richtig an, so wird von dem gewonnenen Standpunkte aus ein reich detaillirtes Gehirn, als Ausdruck allseitig ausgenutzter Entwickelungsverhältnisse, die Möglichkeit der Entwicklung auch einer guten Intelligenz nicht ausschliessen — so weit sie überhaupt von grob anatomischen Verhältnissen abhängt. Ich will hierbei übrigens entgegen Anton (l. c.) bemerken, dass doch R. Wagner l. c. S. 37 seiner Vorstudien sagt: „Aus diesen Ergebnissen der Vergleichung der Gehirne ausgezeichneter Männer mit gewöhnlichen Gehirnen zeigt sich also, dass in Bezug auf zwei wichtige Fragen, nehmlich der Windungsverhältnisse und der absoluten und relativen Gewichte in Bezug auf Geistesthätigkeit sich keine sicheren Schlüsse, eher negative Resultate im Verhältniss zu den bisherigen Ansichten ergeben.“ Aber aus den Windungsverhältnissen der Gehirne der Thierreichen Schlüsse auf deren Intelligenz ziehen zu wollen, ist doch mindestens verfrüht, sowie überhaupt von dem gewonnenen Standpunkte aus der Werth einseitigen Parallelisirens von Furchen und Windungen der Menschen- und Thier-Hirne etwas verrückt würde und gerade hierbei sollte man sich „der allgemeinen Entwickelungsgesetze“ erinnern, „welche für die ganze Wirbelthierklasse und noch darüber hinaus, gelten“ (Virchow, Descendenz und Pathologie. Dies. Arch. Bd. 103. 1886).

Mit Bezug auf das Localisiren einzelner Hirnfunctionen wird man sich auch die Ursachen, welche die Hirnfurchen bedingen, vergegenwärtigen und eine gewisse Spielweite zugestehen müssen. Die kleinsten Windungen und Furchen haben nur mehr Interesse für die Durchführung der Entwicklung, die Morphologie, weniger die Function.

Die Entwicklung des Kleinhirns ist eine andere als die der Grosshirnblasen und gehört nicht in den Rahmen dieser Arbeit.

¹⁾ Vorstudien zu einer wissenschaftlichen Morphologie und Physiologie des menschlichen Gehirns als Seelenorgan. 1. Abth. 1860. 2. Abth. 1862.