

## Projektionsfaserung und Stammstrahlung.

Von

Niessl v. Mayendorf in Leipzig.

Das Lokalisationsproblem des Grosshirns hat durch den Reichtum der Kriegserfahrungen, welche sich als umschriebene Hemisphärenverletzungen der klinischen Beobachtung aufdrängten, keine neue Richtung erhalten. Ausfallserscheinungen im Gebiete des Gesichts- und Tastsinns, der Motilität, der Sprache haben wir bei Läsionen der für diese Funktionen wichtigen Grosshirnwindungen auftreten gesehen. Die übrige Hirnrinde erwies sich bei ihrer zirkumskripten Zerstörung als stumm. Was man nach dem Eindringen von Geschossen oder deren Splittern in das Stirnhirn an charakteristischer Symptomatologie aufgefunden haben wollte, sind Erscheinungen traumatischer Neurasthenie, zuweilen kombiniert mit nervösen Störungen, deren Herkunft von der hemmenden oder irritierenden Wirkung fester Narben am Tage lag.

Die Analyse und Deutung dieser Herdsymptome nach ihren psychischen Aequivalenten lässt, wie hinlänglich bekannt, keinen Zweifel darüber obwalten, dass in ihnen Defekte nur elementarer psychischer Funktionen zum Ausdruck gelangen. Niemals vermögen wir, wenn wir bei der Untersuchung nach der psychischen Wesenheit dieser Ausfälle auf den Grund gehen, etwa einen Verlust der Begriffsbildung oder Urteilsfunktion nachzuweisen. Das Einzige unseres Bewusstseinsinhaltes, das isoliert verlöschen kann, ist die kortikale Reizfigur einer Sinnesphäre, deren Vorhandensein für die Wiederbelebung der Gedächtnisspur notwendige Voraussetzung ist. Die den kortikalen Sinnesindrücken entsprechenden psychischen Korrelate sind die einzigen seelischen Phänomene, deren Hauptfunktion in beschränkten Rindengebieten sich abspielt.

Es kann heute keinem Zweifel unterliegen, dass das physiologische Substrat derselben ein Erregungsvorgang jener Rindenregionen sei, in welche die zentralen Sinnesbahnen einstrahlen. Die kortikalen Projektionsflächen der peripheren Sinnesorgane

sind die Stätte, in welcher die einmal gemachte Sinneswahrnehmung wieder aufleuchtet, sei es in Gestalt der sinnenfälligen Form eines von der Peripherie angesponnenen Reizvorganges, sei es als blasse Gedächtnisspur, wenn die Erregungswelle von einer anderen Rindenstelle ihren Ausgang nimmt. Wesentlich ist, dass stets die gleiche Kombination von Rindenganglien aktiviert wird, denn nur die Identität der erregten Gangliengruppen kann ein Bewusstwerden der Identität hervorbringen.

Vor mehr als einem Dezenium<sup>1)</sup> habe ich diesen Fundamentalsatz der Gehirnmechanik ausgesprochen und sehe ihn nun durch eine geschlossene Kette untrüglicher Erweise einwandfrei bestätigt. Zu einer geradezu zwingenden Schlussfolgerung führt aber Henschen's im Bd. 22 des Journal für Psychologie u. Neurologie abgedruckter Fall Nilson, in welchem trotz vollständiger alter Erweichungen des hinteren Abschnittes der ersten Schläfenwindungen beider Hemisphären partielle Worttaubheit nur mit einer Andeutung von Paraphasie *intra vitam* bestanden hatte. Rechts waren mit der ersten Schläfenwindung auch die beiden temporalen Querwindungen untergegangen, links durch die Malazie nur unterminiert, d. h. die Hörstrahlung durchbrochen worden, dagegen eine beträchtliche Rindenfläche der Querwindungen mit anderen Rindenstellen in subkortikal assoziativem Zusammenhang geblieben. Da der kortikale Apparat für die Wortklangbilder, deren Erweckbarkeit für den ungestörten Wort- und Satzbau, für den korrekten Ablauf der Rede unbedingt notwendig ist, nicht in der zweiten<sup>2)</sup>, aber auch nicht in der dritten linken Schläfenwindung seinen Sitz haben<sup>3)</sup> kann, so kommen für dieselbe nur die stehengebliebenen Anteile der linken Gyri temporales profundi<sup>4)</sup> in Betracht. Diese repräsentieren jedoch die Endstationen des *N. cochlearis*.

1) Niessl v. Mayendorf, Zur Theorie des kortikalen Sehens. Arch. f. Psych. Bd. 39. H. 2. S. 5. Natürlich in dem Bewusstsein, nur mit Rücksicht auf die engbegrenzten Oertlichkeiten der Hirnrinde etwas Neues gesagt zu haben.

2) Pick, Review of neurol. and psych. D. 1909, S. 757. Zit. nach Henschen, l. c. S. 449 u. 450. Zerstörung der hinteren Abschnitte der beiden zweiten Schläfenwindungen ohne Worttaubheit.

3) Niessl v. Mayendorf, Die aphasischen Symptome und ihre kortikale Lokalisation. S. 187—189. Leipzig 1911. Zusammenstellung der in der Literatur vorliegenden Fälle von schweren Läsionen der linken dritten Schläfenwindung ohne Worttaubheit. Fälle von solchen mit Worttaubheit gibt es nicht.

4) Im Gegensatz zu Flechsig, welcher nur die vordere temporale Querwindung als die Zentralstelle des *N. cochlearis* ansieht, fasse ich als dieselbe den Komplex jener Querwindungen, deren Rinde die für sie charakteristische Zell- und Faserstruktur besitzt.

Ganz analoge Beweisstücke bietet die Pathologie der Tastsphäre. Uebereinstimmende Befunde weisen darauf hin, dass Herde in den Windungsgebieten der vorderen und hinteren Zentralwindung, welche die Bahnen der oberflächlichen und tiefen Sensibilität aufnehmen, von kontralateraler taktiler Agnosie der Hand gefolgt sind. Es ist richtig, dass auch Malazien im G. supramarginalis zu dem gleichen Symptom führen können. Diese Erweichungen greifen aber dann regelmässig in das Mark der Handzone der hinteren Zentralwindung über. Wäre im unteren Scheitellappen ein Erinnerungszentrum für die Tasteindrücke der entgegengesetzten Hand, so dürften ganz umschriebene, auf die Rinde der vorderen Zentralwindung beschränkte Läsionen keine Tastblindheit herbeiführen und doch ist dies der Fall. Horsley<sup>1)</sup> hat operativ die Fokalgebiete in der rechten vorderen Zentralwindung exakt extirpiert, mit der Konsequenz: „Astereognosis of the left hand“. Die taktilen Agnosien bei umschriebener G. marginalis-Erkrankung, insoweit dieselbe nicht auf die hintere Zentralwindung übergreift, dürften daher auf eine Wirkung des Herdes auf die nächste Umgebung zurückzuführen sein. Dann brachte Bonhoeffer<sup>2)</sup> einen klinischen Fall von anscheinend reiner Tastblindheit einzelner Finger, obgleich sich bei eingehender Prüfung doch auch eine Störung der Lageempfindung, jedoch derselben Finger, herausstellte, welche tastblind waren. Gäbe es ausser dem taktilen Perzeptionszentrum ein taktiles Gedächtnis- oder Apperzeptionszentrum, dann wäre ein derartiger Parallelismus zwischen perzeptiver und apperzeptiver Störung sehr überraschend, ja unwahrscheinlich. Hierzu muss betont werden, dass ein Fall von wirklich reiner Tastblindheit ohne jede Störung der Oberflächen- oder Tiefensensibilität der agnostischen Hand noch nie zur Beobachtung gelangt ist.

Eine zustimmende Ergänzung bieten die Ausfallssymptome der optischen nervösen Zentralorgane. Ich habe in meinen Schriften<sup>3)</sup> den Nachweis geführt, dass in der Literatur kein einziger Fall von Erkrankung der Rinde und des unmittelbar darunterliegenden Marks des linken G. angularis mit dem Symptom der Wortblindheit enthalten ist. Dasselbe gelangt erst dann zur Beobachtung, wenn die Sehstrahlung, welche durch das tiefe Mark hindurch nach der Fissura calcarea zieht, gleichzeitig verletzt oder durchbrochen wird. Andererseits zeigt sich

1) Horsley, The Linacre Lecture 1909. Brit. med. journ. 1909. July 17.

2) Bonhoeffer, Monatsschr. f. Psych. u. Neurolog. 1918. Bd. 43. S. 141.

3) Niessl v. Mayendorf, Ueber die Lokalisation der Wortblindheit. Monatsbl. f. Augenheilk. Siehe dort das Verzeichnis meiner auf diesen Gegenstand bezüglichen Arbeiten.

das Symptom der Wortblindheit bei Zerstörung der linken Sehrinde, d. h. der beiden Windungslippen der Spornfurche, in welchen die Sehstrahlungen endigen. Ich musste aus diesen Tatsachen den Schluss ziehen, dass nicht die Rinde des linken G. angularis, sondern diejenige der linken Fissura calcarina, und zwar jenes Abschnittes derselben, in welchen die durch das tiefe Mark des linken G. angularis ziehenden Fasern der Sehstrahlung ihr Ende finden, den kortikalen Mechanismus für das optische Wortbild einschliesse. Also dort, wo die optische Wortwahrnehmung vor sich geht, wird auch das einmal gesetzte Engramm als Gedächtnisspur wieder lebendig. Da wir erfahrungsgemäss nur mit der Macula lutea lesen, so muss deren kortikale Projektion, ob sie nun mit einer bestimmten Rindenpartie oder mit der ganzen Sehrinde zusammenfällt, identisch sein.

Die Erkrankung der Fissura calcarina beider Hemisphären geht mit einem Verlust der topographischen Vorstellungen einher, die sich als charakteristische Orientierungsstörungen klinisch kundgeben. Es kann sich hierbei nur um eine Einbusse der mit dem peripheren Sehen erworbenen Erinnerungsbilder handeln.

Diese wenigen Hinweise liessen sich durch ein umfangreiches Tatsachenmaterial, welches in der heutigen Pathologie des Gehirns bereit liegt, vermehren, untereinander stützen, und zu einer geschlossenen Kette widerspruchsloser Argumente vereinen. Aber auch diese Stichproben sprechen bereits eine nicht misszuverstehende Sprache.

Mit dieser Erkenntnis wird Broadbent-Flechsig's Lehre von den Assoziationszentren, welche die Erinnerungsbilder gleichsam beherbergen sollten, während den Sinneswahrnehmungen von diesen unabhängige Territorien angewiesen werden, endgültig beseitigt. Die Aufteilung der Hirnrinde in Wahrnehmungs- und Erinnerungsbezirke ist das Produkt uralter, aber immer wiederkehrender Spekulationen<sup>1)</sup>. Anerkannten Vertretern einer durchaus positiven Richtung in der Hirnforschung wie Meynert galt dieselbe als geradezu absurd<sup>2)</sup>. Neuerdings will Henschen in der Kasuistik seiner Gehirnpatho-

1) Flechsig, Gehirn und Seele. Leipzig 1896, suchte in seiner Rektorsrede den Anschein zu erwecken, dass die Hypothese von den Assoziationszentren durch die Ergebnisse der myelogenetischen Methode bewiesen würde. Die spätere Markreifung dieser Hemisphärengebiete ist aber sehr vieldeutig und die pathologisch-anatomischen Funde sind nur kursorisch und ohne Rücksichtnahme auf den feineren Mechanismus im Marklager mitgeteilt, so dass ihnen Beweiskraft zuerkannt werden könnte.

2) Meynert, Lehrbuch der psychischen Krankheiten von Max Leidesdorf. Erlangen 1865, S. 49: „Das Gedächtnis muss als eine immanente Eigenschaft der Hirnrindenzellen aufgefasst werden und es hat gar keinen Sinn, ihm eines der Territorien auf der Rindenfläche als Sitz anzuröhnen.“

logie sowie in der von Vogt-Brodmann behaupteten, zyto- und myeloarchitektonischen Flächengliederung der Hirnrinde hinwieder Anhaltspunkte für die Existenz besonderer kortikaler Zentren für die psychischen Fähigkeiten gefunden haben. Die kritische Beleuchtung der Deutung seiner Fälle ergibt jedoch gerade das Gegenteil<sup>1)</sup>. Was aber die Abgrenzung bestimmter zyto- und myeloarchitektonischer Felder anlangt, die ich niemals bestätigen konnte, so würde die Existenz derselben, selbst wenn sie sich auch im Sinne Vogt-Brodmann's als tatsächlich einmal erweisen sollte, keineswegs für eine Einteilung der Hirnrinde in Sinnes- und Assoziationszentren verwerten lassen, denn sie zerstückelt sowohl diese als jene. Läge diesem anatomischen auch ein funktionelles Gliederungsprinzip zugrunde, dann würde sich dieses keineswegs in der Zweiteilung der Hirnrinde, in einer Einteilung des Kortex in Sinnes- und Assoziationszentren erschöpfen können.

Es liegt aber noch ein anderer, sehr triftiger Grund vor, der gegen die Anreihung von Gedächtniszentren an die Sinneszentren in die Wagschale fällt. Jede Sinneswahrnehmung wird durch die Spuren vorangegangener beeinflusst. Zerstörungen des linken hinteren Assoziationszentrums Flechsig's müssten von Störungen des akustischen, taktilen, optischen Erkennens gefolgt sein. Nun wissen wir aber, dass Erkrankungen der linken dritten Schläfenwindung niemals das akustische, diejenigen des unteren Scheitelläppchens niemals das taktile, die der okzipitalen Konvexität, wenn sie nicht in die Sehstrahlung eindringen, nie das optische Erkennungsvermögen beeinträchtigen oder sonst irgend eine agnostische Störung im klinischen Bilde hervortreten lassen. Der Wiederbelebungsort der residuären Sinneseindrücke kann daher nicht in diesen Rindenfeldern gesucht werden.

Das wichtigste anatomische Kriterium, welches Flechsig „zwei Drittel der Grosshirnrinde“ als einen reinen Assoziationsmechanismus erscheinen liess, war für ihn deren Barheit an direkten Leitungen, welche Sinneseindrücke zum Bewusstsein bringen<sup>2)</sup>. Er leugnet den Stabkranz für diese spätreifen Hemisphärenenteile. Es ist fraglos, dass ein Nachweis der Abwesenheit der Projektionsbündel für die ganze Hirnrinde aus dem Studium der etappenweisen Markreifung nicht gewonnen werden kann, denn der späte Eintritt derselben in den betreffenden Markgebieten gestattet nicht mehr die Isolierung von Stabkranz-, Balken- und Assoziationsfasern. Während die um die Furchen sich schwingenden Assoziationsbündel an ihrem bogenförmigen Verlauf

1) Niessl v. Mayendorf, Henschen's Hörsphäre im Lichte meiner Forschungen. Fortschritte der Med. 1920. 37. Jahrg. Nr. 9 u. 10; und Ueber die Lokalisation der Wortblindheit. Ebenda. 1920. 37. Jahrg. Nr. 24.

2) Flechsig, Gehirn und Seele. 1896. S. 22 und 23.

leicht erkennbar sind, ist die Unterscheidung der radiären Faserung des Stabkranzes von der des Balkens oft ganz unmöglich.

Suchen wir z. B. an einem Querschnitt aus dem Hinterhaupts-lappen die Frage aufzuklären, ob der Rindenkonvexität ein Stabkranz zukomme oder nicht. Die kompakten, in sagittaler Richtung nach vorne ziehenden Stabkranzformationen, welche hier 2 Querschnittsareale in Frontalebenen präsentieren, lassen nicht ausschliessen, dass die aus den lateralen Windungen hervorgehenden, longitudinal getroffenen Radiärbündel sich denselben hinzugesellen und nicht nur diese traversieren oder in das Tapetum einstrahlen. Daher verwarf auch Flechsig das in seiner Markbildung abgeschlossene Grosshirn als ein für das Studium der Leitungsbahnen unbrauchbares Forschungsobjekt. Ebensowenig konnten umschriebene Rindenerweichungen, zuweilen ohne alle Degenerationserscheinungen, an Weigertpräparaten als beweiskräftig gelten, da dieselben nur kompakte Strangdegenerationen zur Anschauung bringen<sup>1)</sup>. Flechsig's Lehre widersprach v. Monakow<sup>2)</sup>. Vor allem wendet sich derselbe gegen die Behauptung Flechsig's, dass die Ummarkung der Stabkranzbündel derjenigen der Assoziationssysteme gesetzmässig voran-eile, dass sich die Markscheide einer zentralen Faser nicht in ihrer ganzen Verlaufslänge gleichzeitig bilde und „mehr lokale Momente“ bei der sukzessiven Myelogenese eine Rolle spielten. Der G. angularis, der Mittelpunkt des hinteren Assoziationszentrums Flechsig's besitze deshalb einen Stabkranz, weil v. Monakow nach einer 6 Monate alten Hämorrhagie des Pulvinars, der dorsolateralen Partie des lateralen Sehhügelkerns, sowie der hinteren Abschnitte der ventralen Kerngruppen sekundäre Degenerationen, sich in erster Linie, durch die hintere innere Kapsel und zum Teil durch die dorsale Etage der Sehstrahlungen in das Mark des unteren Scheitelläppchens verbreiten sah, weil nach alten Herden im unteren Scheitelläppchen — es wird die Beobachtung Déjérines (Société de Biol. 20. février 1897 zitiert — die sekundären

1) H. Sachs, Ueber Flechsig's Verstandeszentrren. Monatsschr. f. Psych. und Neurol. 1895. Bd. 1. Mit Recht macht dieser Autor bei der Kritik der Lehre von den Assoziationszentren darauf aufmerksam, dass rein kortikale Herde mit sekundärer Degeneration absteigender Leitungen letztere, selbst bei ihrem Bestehen, auf Weigertpräparaten gar nicht sichtbar werden lassen, weil bei nur wenig ausgedehnten Degenerationen, wenn mehrere Monate darüber hinweggegangen sind, nicht nur die Markscheiden zerfallen, sondern auch vollständig resorbiert sind, so dass das gesunde stehengebliebene Gewebe an die Stelle des Resorbierten rückt.

2) v. Monakow, Zur Anatomie und Pathologie des unteren Scheitellappens. Arch. f. Psych. 1899. Bd. 31.

Degenerationen in absteigender Richtung, im ganzen, genau denselben Verlauf nehmen, wie die nach Thalamuszerstörung gefundene, aufsteigende Entartung, auch wenn ein Erweichungsherd die Sehstrahlungen nicht primär mitverletzte (S. 60), weil dieselben Fasern, deren Existenz wir bei der Verfolgung der Entartung der Markscheiden unter den beiden angeführten Bedingungen anzunehmen genötigt werden, im Gehirn des 4 Monate alten Kindes, mit Mark umhüllt, „leicht und sicher“ in die *Strata sagittalia* hinein nachzuweisen wären.

Dagegen wendet Flechsig<sup>1)</sup> ein, dass es sich dort, wo v. Monakow „überall“ einen Stabkranz anzunehmen geneigt ist, in der Hauptsache um eine Verwechslung von Projektions- mit Balkenfasern handle, dass v. Monakow „die hinteren Bündel des Stabkranzes der hinteren Zentralwindung bzw. den unter dem *G. angularis* hinwegziehenden mächtigen Stabkranz des *G. fornicatus* und *hippocampi*, mit welchem sich mächtige Balkenbündel aus dem *G. angularis* durchflechten“, als den Stabkranz des *G. angularis* angesprochen hätte.

Ich selbst hatte sowohl der Anschauung v. Monakow's als derjenigen Flechsig's gegenüber einen skeptischen Standpunkt eingenommen, denn der exakte Nachweis von dem Vorhandensein oder der Abwesenheit in die Rinde des *G. angularis* einstrahlender Stabkranzfasern, d. h. solcher Fasern, welche die Hirnrinde mit den Stammganglien durch die *Strata sagittalia* hindurch verbinden, erschien mir viel schwieriger, als diesen beiden Forschern. Aus dem Funde von mit Karmin imbibierten Fettkörnchenschollen im Markkegel des *G. angularis*, für deren Anwesenheit, wie v. Monakow mit Recht in einer Fussnote kritisch auseinandersetzt, noch andere kausale Möglichkeiten als der Thalamusherd in Betracht zu ziehen wären, aus der Entartung desselben dorsalen Anteils der *Strata sagittalia*, in welchen die erwähnten Fettschollen auch vorgefunden wurden, bei Zerstörung des *G. angularis*, aber intakter Sehstrahlung, aus dem Einstrahlen der Radiärbündel der Angulariswindung in die *Strata sagittalia* beim  $3\frac{1}{2}$  Monate alten Kinde lassen sich keine zwingenden Schlüsse für das Bestehen eines Stabkranzes des *G. angularis* ableiten. Die Erfahrung lehrt nämlich, wie dies Sachs mit Recht hervorhebt (vgl. Fussnote 1, S. 556), dass auf Weigertpräparaten einzelne durch Markscheidendegeneration entblößte Achsenzylinder zwischen den gesunden Elementen verschwinden, Degenerationsfelder in den *Strata sagittalia* könnten aber immer auch von entarteten Balkenlängsbündeln

1) Flechsig, Einige Bemerkungen über die Untersuchungsmethoden der Grosshirnrinde, insbesondere des Menschen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1905. S. 360.

herrühren, welche ein Stück weit nach vorn in diesen verlaufen, um dann auf die andere Seite hinüberzutreten, endlich muss ich Flechsig Recht geben, wenn er behauptet, dass es nicht möglich ist, an einem vollständig reifen Markkegel Balken von Stabkranzfasern zu unterscheiden, denn wenn wir auch Radiärfasern nur bis in die *Strata sagittalia* hineinverfolgen können, so ist damit noch nicht bewiesen, dass sie in denselben nach vorn oder hinten zu umbogen, sie konnten auch an dieser Stelle abgeschnitten sein und tatsächlich bis in die Tapetumschicht sich fortsetzen.

Da kam mir die Gelegenheit, zwei Fälle von auf die *Fissura calcarina* streng beschränkter alter Erweichungsherde zu untersuchen und ich konnte beide Male den übereinstimmenden Befund erheben, dass, während entsprechend der Ausdehnung der Rindenzerstörung in der Spornfurche das *Stratum sagittale externum* sich als vollkommen entartet erwies, nur einzelne Etagen, und zwar immer dieselben, im *Stratum sagittale internum* fehlten. Dieses Vorkommnis liess keinen anderen Schluss zu, als den, dass, während jenes nur aus der *Area striata* seinen Ursprung nehme, dieses aus der gesamten okzipitalen Rinde, einschliesslich der *Fissura calcarina* hervorgehe. Damit war aber auch die das *Stratum sagittale externum* an Faserzahl stark übertreffende Mächtigkeit des *Stratum sagittale internum* erklärt. Bei gewisser Schnittrichtung macht es, wie bereits v. Monakow hervorgehoben hat, den Eindruck, als ob eine schärfere Begrenzung zwischen den beiden Sagittalschichten, welche besonders in der unteren Hälfte und im Hinterhauptschlappen sehr deutlich ist, nicht bestünde und die Fasergruppen der einen sich in die geschlossene Ordnung der anderen hineindrängten. Ich möchte jedoch davor warnen, aus pathologischen Präparaten, an welchen die eine grösstenteils, die andere etagenweise ihre Markscheiden verloren hat, auf die Formation der beiden *Strata* im normalen Zustande zurückzuschliessen, weil, wie stets zu bedenken ist, an die Stelle der zugrundegangenen und auch nach und nach resorbierten Faszikel das gesunde Fasergewebe ganz gesetzmässig zu treten pflegt.

Bestärkt wurde ich in dieser Ueberzeugung, als ich die von mir bereits veröffentlichten Präparate aus einem Gehirn mit doppelseitigen Erweichungen in den medio-ventralen Okzipito-temporallappen einer erneuten eingehenden Durchforschung unterzog<sup>1)</sup>. Während im Hinterhauptschlappen die laterale Ventrikelwand von einem ganz schmalen hellen Band, welches die Lage der ursprünglichen drei Schichten des *Stratum sagittale externum*, *internum* sowie des Balkens anzeigt, einge-

1) Zur Theorie des kortikalen Sehens. Arch. f. Psych. Bd. 39. H. 2 u. 3.

fasst wird, deren Areal mit Querschnitten atrophischer Fasern diffus besetzt ist, sieht man in der Scheitellappenengegend das atrophisch-schmale, zu einer Einheit zusammengeflossene Gebiet beider Strata von den Querschnitten gesunder Markscheiden fast ganz ausgefüllt. An der Grenze nach der aus vertikal herabsteigenden Fasern bestehenden Tapetumschicht zu, treten diese Querschnitte zu einer Linie zusammen, welche schon makroskopisch sichtbar und offenbar durch das Hineinrücken in eine aller Fasern beraubte Zone bedingt wird. Das Auftreten normaler Fasern in den leeren Sagittalschichten, ihr Anwachsen an Zahl, je mehr wir uns vom Hinterhauptspol nach vorne zu entfernen, lässt sich kaum anders deuten, als dass diese Fasern den Rinden-ganglien der Konvexität bzw. der noch intakten Windungen angehören, auch wenn wir ihre Einstrahlung nicht direkt wahrnehmen.

v. Monakow hat auf diese sukzessive Besetzung der faserleeren Strata sagittalia in dem, mit dem meinigen analogen, Fall von H. Sachs<sup>1)</sup> aufmerksam und für die Existenz eines Stabkranzes der parieto-okzipitalen Rindenkonvexität mit Recht geltend gemacht. Leider habe ich diesem Hinweis, von dessen Bedeutung ich mich erst später überzeugte, zu wenig Beachtung geschenkt. Die beiden Tatsachen, welche ich, l. c. S. 23 und 24, für das Fehlen des Stabkranzes in den äusseren Windungen des Scheitel-Hinterhauptslappens damals anführte, nämlich die Abwesenheit weisser Strahlenkegel in dem Mark dieser Gyri, im Gegensatz zu denjenigen mit dem Vicq d'Azyr'schen Streifen ausgezeichneten (s. Tafel XVI, Fig. 21a u. 21b) und die Inkongruenz der Atrophie zwischen Rinde und Marklager derselben, kann, wie ich zugeben muss, auch anders gedeutet werden. Die erste Erscheinung fände sowohl darin ihre Erklärung, dass der Einstrahlungsmodus des zarteren Stabkranzes in die Konvexitätsrinde ein anderer sei, als derjenige in die Kalkarinarinde, wodurch sie, vielleicht mit den Assoziations- und Balkenfasern vermischt, unserer Anschauung entginge, als auch darin, dass der Strahlenkegel zwar vorhanden sei, wenn auch deren Elemente pathologisch reduziert sein könnten, wie wir dies an der Aussaat zahlreicher dürftiger Faserquerschnitte in der lateralen Wandverkleidung des Hinterhorns zu konstatieren in der Lage waren. Die Zweite würde durch die Annahme eines Stabkranzes in den Konvexitätswindungen gleichfalls verständlich, denn die auffallende Einbusse an Marksubstanz kann von dem grossen, medial gelegenen, den Hinterhauptslappen fast halbierenden und hierdurch auch die Balkenstrahlung für die äusseren Windungen vernichtenden Herd wohl bewirkt worden sein.

---

1) H. Sachs, Arbeiten aus der psychiatr. Klinik in Breslau. 1895. II.

Eine zustimmende Ergänzung bringt die Betrachtung der Querschnitte des in meinen „Aphasischen Symptomen“ mitgeteilten Falles Feldkirch, in welchem die laterale temporo-parieto-okzipitale Hemisphärenfläche eine sehr ausgedehnte alte Malazie aufwies, welche sich jedoch im zentralen Mark nur bis zum äusseren Rand des Stratum sagittale externum hineinstreckte, dasselbe aber vollständig frei liess. Hier sieht man einerseits das Stratum sagittale externum ganz intakt, welcher Umstand beweist, dass dasselbe nicht aus der Rindenkonvexität entspringen kann, andererseits das Stratum sagittale internum sehr stark und diffus aufgehellt. Insbesondere fehlt eine in den dorsalen Etagen des Stratum sagittale internum der Parietalgegend auftretende Gruppe prominenterer, weil zu kleinen Häufchen vereinigter und mit kräftigeren Markscheiden ausgestatteter Bündel gänzlich.

Mit der Feststellung dieser Tatsachen fällt Flechsig's Lehre von der Stabkranzbarkeit des Scheitellappens, gleichzeitig aber auch seine, auf eine vorschnell von der Degenerationsrichtung auf die Leitungsrichtung abgeleitete Deduktion basierte Auffassung der beiden Strata als eines „konjugierten Strangpaars“ in dem Sinne, dass die äussere Schicht ein zentripetales, die innere ein zentrifugales System und somit die beiden Schenkel einen kortikalen Reflexbogen darstellten. Diese Hypothese verliert aber noch dadurch jeden weiteren Halt, dass das Stratum sagittale externum nicht stets von vorn nach hinten, sondern auch umgekehrt degenerieren kann, wenn die Kalkarinarinde selbst zerstört ist, und dass die spätere Markbildung nicht ohne weiteres als ein Kriterium für den motorischen Charakter seines Faserzuges gelten darf<sup>1)</sup>.

Dieses Eingehen in die baulichen Detailverhältnisse der Zusammensetzung und Zusammenhänge der inneren Sagittalfaserschicht bedeutet kein Abirren von der grundsätzlichen Frage der Stabkranzversorgung der Grosshirnrinde. Das Stratum sagittale internum ist ein gutes Paradiigma für jene Leitungssysteme, deren Pole einerseits in der Rinde, anderseits in der Brücke und im Sehhügel wurzeln.

1) Flechsig, Einige Bemerkungen über die Untersuchungsmethoden der Grosshirnrinde. Arch. f. Anat. u. Physiolog. 1905. S. 357: „Bei Vergleich verschiedener Felder ergibt sich aber, dass z. B. die motorische Pyramidenbahn vor der (sensiblen) Hör- und Sehstrahlung sich entwickelt. Obgleich dieser Autor es als ein Gesetz angesehen wissen will, dass sich in der Rinde die motorischen Bahnen nach den sensiblen Leitungen entwickeln, fügt er in einer Fussnote einschränkend hinzu, dass er nirgends angegeben habe, dass alle kortikopetalen Leitungen vor allen motorischen markhaltig werden.“

Denselben morphologischen Charakter, sowie eine gleiche zeitliche Entwicklungsstufe der Markbildung tragen die strittigen Stabkranzbündel des Schläfelappens, ausschliesslich der Projektionsfaserung der als Sinnessphäre (Hörsphäre) erkannten Querwindungen. Pierre Marie und Guillain<sup>1)</sup> haben an 19 Befunden gezeigt, dass die Erkrankung der dritten Schläfewindung — wenn also der Herd tief unterhalb der Hörstrahlung seinen Sitz hat — eine Entartung der äusseren Fasergruppen des Hirnschenkels zur Folge habe. Auch Déjérine<sup>2)</sup> hat eine einschlägige Beobachtung von Entartung des äusseren Schenkelfussanteils nach einem Herd in der zweiten und dritten Temporalwindung mitgeteilt. Wenn damit auch nicht zwingend bewiesen wird, dass alle Schläfewindungen mit Stabkranz versehen sind, falls nicht die Intaktheit der aus dem Hinterhauptslappen kommenden *Strata sagittalia* ausdrücklich hervorgehoben ist, so argumentieren doch diese Fälle, dass das temporo-pedunkuläre Bündel nicht ausschliesslich aus den temporalen Querwindungen, i. e. aus der Hörsphäre, entspringen kann, wie Flechsig will, demnach auch nicht der absteigende Schenkel eines kortikalen Reflexbogens, eines konjugierten Strangpaars sein kann.

Wie sich zwischen den Windungen des Schläfelappens und denen des Scheitelhinterhauptslappens keine scharfe Grenze ziehen lässt, ebenso geht der Stabkranz des ersteren in jenen des letzteren unmerklich über. Der temporale Stabkranz strebt in dem vordersten Anteil des *Stratum sagittale internum* seinen gangliosen Knotenpunkten im Zwischen- und Mittelhirn zu und bildet mit diesem ganz offenbar eine anatomische Einheit. Es ist durchaus willkürlich, die Stabkranzbündel des Schläfelappens von dem *Stratum sagittale internum* dadurch zu isolieren, indem man für dieselben den von Meynert für die gesamte, den äusseren Schenkelfussanteil passierende Faserung der Grosshirnrinde vorgeschlagene Bezeichnung „Türck'sches Bündel“ reserviert. Tatsächlich stellen diese Faserzüge mit dem *Stratum sagittale* des Hinterhauptscheitellappens, mit welchem sie, gleichfalls nach innen von der zentralen Sehbahn, nach vorne ziehen, eine, durch einen gemeinsamen Charakter hervorgehobene, morphologische Einheit dar.

Wenn Flechsig angibt, eine sekundäre Degeneration in der äussersten Pedunkulusabteilung, nach Erweichung ausschliesslich der ersten Schläfewindung, beobachtet zu haben, so beweist dies nicht, dass sein „Türcksches Bündel“ aus dieser allein, sondern dass es auch aus

1) Pierre Marie und Guillain, *La Semaine méd.* 1900. Juillet 15.

2) Déjérine: *Extrait des mémoires de la société de Biol.* Séance du 30. Déc. 1893. Paris 1894.

dieser hervorgeht, zumal der Umfang des temporalen Stabkranzes im Schenkelfuss noch keineswegs genau bekannt ist.

Es unterliegt ferner keinem Zweifel, dass auch das vordere laterale Sehhügelpolster Bündel aus der gesamten Schläfelappenrinde aufnimmt.

Dass die Rinde der hinteren Zentralwindung mit dem lateralen Thalamuskern bzw. mit dem ventralen Anteil desselben durch einen sehr beträchtlichen Faseranteil in Verbindung stehe, wird allgemein zugegeben. Es ist jedoch auch die vordere Zentralwindung, welche Fasern in die lateralen Kerngruppen des Sehhügels entsendet, welche von denselben der hinteren getrennt sind und vor dieselben zu liegen kommen.

Hiernach dürften kortikale Seh-, Hör- und Tastsphäre ausser durch die direkt führenden zentralen Sinnesleitungen, durch Stabkranzzüge mit dem Sehhügel und der Brücke verbunden sein.

Grosse Schwierigkeiten stehen der Lösung des Stabkranzproblems im Stirnhirn entgegen. Dass der vordere Sehhügelstiel, dessen Umbeugung nach hinten auf Horizontalschnitten und Schrägsagittalschnitten in die Augen springt, aus den einzelnen frontalen Windungen keine Stabkranzbündel mitnehme, vermag das Studium der teilweisen Markbildung nicht zu beweisen, denn wenn auch der vordere Sehhügelstiel bereits in grossem Umfang sich als markhaltig erwiese, ohne dass die einzelnen Stirnhirnwindungen in das Stadium der Markkreife eingetreten wären, so könnten sich einerseits dem, wahrscheinlich unvollständig entwickelten, Sehhügelstrang weitere, später reifende Elemente noch anschliessen, anderseits kann sich die Markscheidenbildung auch von der inneren Kapsel nach der Hirnrinde zu sukzessive entwickeln. Ebensowenig vermag der Befund eines in diese Umbeugung hineinreichenden Krankheitsherdes, ja selbst eines solchen, der nur auf die Rinde beschränkt blieb, eine Entscheidung herbeizuführen. Denn im ersten Falle liesse sich die Ausstrahlung entarteter Fasern in die Stirnhirnrinde sowohl auf den hindurchziehenden Sehhügelstiel, als auf die Degeneration von Balkenbündeln zurückführen, bei oberflächlichen Rindenherden aber, deren Vorkommen eine Rarität ist, verschwinden, wie mehrfach bemerkt, die entarteten Bündel auf Weigertpräparaten, wenn sie sich nicht zu einem fester gefügten Paket zusammenschliessen.

Am verwertbarsten erschien mir noch der, in meinen „Aphasischen Symptomen“ S. 37—43 mitgeteilte, Fall Müther, welchen eine alte Malazie der vorderen Balkenmitte charakterisiert, so dass man im Stirnhirn der gesunden Hemisphäre den sich entbündelnden Arm des Corpus callosum ungefärbt hervortreten sah. Es mussten daher auch

die von den Längsfasern in rechtem Winkel abgehenden, in die einzelnen Stirnwindungen ziehenden Radiärfasern des Balkens fehlen. Ungeachtet dessen liess sich in dem Mark keiner einzigen Windungskuppe eine bis zur Rinde reichende Aufhellung nachweisen; im Gegenteil enthielt jede Windung Radiärfasern, welche nach der Lage des Befundes nur Stabkranzfasern sein konnten.

Wenn es demnach heute kaum mehr einem Zweifel unterliegen kann, dass die gesamte Grosshirnrinde, entgegen der Ansicht Flechsig's, einen Stabkranz besitzt, d. h. mit dem Stammhirn durch Faserzüge in direkt leitender Verbindung steht, wenn das Studium der sekundären Degenerationen v. Monakow und H. Sachs Recht gegeben hat, so ist damit noch nicht bewiesen, dass die ganze Hirnrinde mit der Sinnenperipherie in direkt leitender Verbindung steht, dass der gesamte Kortex mit Projektionsbündeln ausgestattet ist, dass sich die Grosshirnrinde nur aus Sinnessphären zusammensetzt.

Das fundamentale Missverständnis beruht darauf, dass dem anatomischen Begriff des Stabkranzes der physiologische der zentralen Sinnesbahn als selbstverständlich supponiert wurde, während doch die aus der Rinde in den Sehhügel und die Brücke hinabsteigenden Markstrahlungen mit der Leitung der Sinneseindrücke nicht das Geringste zu tun haben.

Flechsig hätte es nicht nötig gehabt, die Existenz einer Stabkranzversorgung der ganzen Grosshirnrinde mit so viel leidenschaftlicher Dialektik zu verneinen, um seine Assoziationszentren zu retten, wäre es ihm in den Sinn gekommen, dass der Schwerpunkt des Problems in dem Nachweis der physiologischen Bedeutung der fraglichen Rindengebiete gesucht werden müsste.

Dass der Stabkranz für die gesamte Grosshirnrinde nicht die zentralen Sinnesleitungen darstellen könnte, dafür sprechen vor allem physiologische, aber auch anatomische Tatsachen und da sich beide gegenseitig ergänzen, so kann ihnen Argumentationskraft nicht abgesprochen werden.

Zu dem, was als anatomisch feststehend angesehen werden kann, gehört:

1. Die strukturelle Prominenz bestimmter Rindenbezirke, nämlich der kortikalen Auskleidung der Spornfurche, der Rindendecke der temporalen Querwindungen mit ihrer Fortsetzung auf die erste Schläfenwindung, der Rinde der beiden Zentralwindungen, des Kortex, des Lobus limbicus mit der Rinde des G. hippocampi. Insbesondere ist die Myeloarchitektonik dieser Rindenbezirke so auffallend, dass sie

sich bereits an Uebersichtsbildern mit der Markscheidenfärbung auch dem Auge des ungeübten Beobachters mit überzeugender Deutlichkeit aufdrängt.

2. Die Existenz von Leitungen zwischen diesen Rindenprovinzen und den Gangliengruppen des Stammhirns, deren Zusammenhänge mit der Sinnenperipherie in Anbetracht der übereinstimmenden Ergebnisse verschiedener Methoden ebenfalls kaum mehr bestritten werden kann.
3. Das Voraneilen der Markbildung in den genannten Windungen, wobei zugegeben werden muss, dass sich Projektions-, Balken- und Assoziationsfasern gleichzeitig mit Mark umhüllen und dass die kortikalen Sinnessphären nicht in ihrer ganzen Ausdehnung gleichzeitig markhaltig werden.

Es ist eine, wie bereits eingangs hervorgehoben, durch zahlreiche, von einander unabhängige Wahrnehmungen bewährte Erfahrung, dass Verletzungen oder Erkrankungen eben nur dieser Rindenterritorien symptomengebend sind, entweder in der klinischen Form der Reiz- oder der Ausfallserscheinung.

Die Stummheit der übrigen Hirnrinde darf uns als Zeugnis dienen, dass dieselbe von der Sinnenperipherie auf direkten Wegen keinerlei Reize empfängt.

Hieraus folgt, dass der Stabkranz der Gesamtrinde mit den zentralen Sinnesleitungen nicht identisch sein kann.

Während wir die zentralen Sinnesbahnen mit Meynert als „Projektionsbündel“ zu bezeichnen pflegen, möge diesen der Stabkranz der Gesamtrinde als *Stammstrahlung* gegenübergestellt werden.

Die Stammstrahlung, welche in subkortikalen zerebralen Reflexzentren Halt macht, um sich dort umzuschalten, entspricht den kurzen Bahnen des Rückenmarks.

Unsere Befunde haben ergeben, dass die gesamte Hirnrinde, also auch die kortikalen Sinnessphären eine Stammstrahlung zum Sehhügel und zur Brücke besitzen. Diese kürzeren Fasern laufen nicht mit den langen Elementen der Sinnesbahnen vermischt, sondern für sich gesammelt, in eigenen Formationen, welche bei sagittalem Lauf der Projektionsbahnen nach innen von denselben, aber ihnen unmittelbar angeschmiegt, ihre Lage haben.

Da der sich dem Augenschein entziehende Zusammenhang zwischen Faser und Zelle aus dem proportionalen Parallelismus zwischen Grösse der Ganglienzelle und Länge der Nervenfasern am voraussetzunglosesten erschlossen wird, dürfen wir die abnorm grossen Zellen (Riesenzellen, Solitärzellen) in den Sinnessphären, welche der stummen Hirnrinde fehlen, mit den Projektionsfasern in eine Beziehung setzen. Ausser

diesen für die Sinnessphären charakteristischen gewaltigen Nervenkörpern gewahrt man an der unteren Grenze der Schicht der kleineren, dicht gestellten Pyramiden und der runden Körnerzellen eine Reihe grösserer Pyramiden mit breiteren Spitzenfortsätzen und runden Kernen, die sich von den länglich ausgezogenen Gestalten der kleineren, an Grösse nach innen zunehmenden Pyramidenzellen wesentlich unterscheiden. Diese Ganglien trifft man in der ganzen Hirnrinde sowohl in den Sinnessphären als in dem stummen Kortex unterschiedslos vor. Da diese Ganglien die grössten Zellindividuen unter den Nervenkörpern der Gesamtrinde darstellen, so sind ihnen zweifellos Achsenzylinder von erheblicherer Verlaufslänge eigen, und wir dürfen daher wohl an einen Ursprung der Stammstrahlung aus diesen Ganglien, wenn wir die zwei ersten Zellschichten, wie Ramon y Cajal will, oder die Nervenkörper aller Schichten mit den Balkenfasern in Beziehung bringen<sup>1)</sup>, annehmen.

Ich kenne nur eine zentrifugale Degeneration der Stammstrahlungsfasern von der Hirnrinde aus und setze mich insofern vielleicht mit v. Monakow und allen jenen in einen gewissen Widerspruch, welche das Zwischenhirn nur zum Ausgangspunkt eines zentripetal leitenden Strahlenkegels machen wollen. Dabei leugne ich allerdings ein notwendiges Kausalitätsverhältnis zwischen Leitungsrichtung und gewöhnlicher, jedoch keineswegs konstanter Degenerationsrichtung, so dass ich die Möglichkeit bipolarer Erregungsströme nicht ausschliesse, sondern geradezu behaupte.

Da sich das Hemisphärenmark der stummen Grosshirngebiete später mit Mark umhüllt als die Sinnessphären, erhält auch die Stammstrahlung zuletzt ihre Markscheiden. Das Kaliber derselben ist viel zarter als dasjenige der zentralen Sinnesfasern, von welchen sie durch dieses Kriterium auf den ersten Blick unterscheidbar sind.

Die Stammstrahlung ordnet sich auf ihrem Wege zu den subkortikalen Hirnteilen zu geschlossenen Zügen, welche, da sie sich aus Markfasern aller Grosshirnwindingen zusammensetzt, ein sehr beträchtliches, das der Sinnesbahnen übertrifftendes Areal im Hemisphärenmark einnimmt. Sowohl die Feinheit der Markscheiden als auch ein differenter Modus der Einstrahlung in die einzelnen Windungskegel, indem sich die Fasern vor dem Eintritt in die Hirnrinde mehr ausbreiten und weniger zahlreich sind, bringt es mit sich, dass die durch Entartung entblößten Achsenzylinder von den Projektions- und Balkenfasern verdeckt werden. Die Anordnung der Fasern ist in den Schichtenbildungen

1) Die Frage, ob die Balkenfasern aus besonderen Zellen entspringen, oder Kollateralen anderer Achsenzylinder sind, ist heute eine noch offene.

des Hemisphärenmarks keine gleichmässige, vielleicht ist auch das Kaliber ein örtlich verschiedenes. So lässt sich aus dem Stratum sagittale internum occipitoparietale, das von Fasern der Stammstrahlung gebildet wird, eine Area grupposa innerhalb der dorsalen Etagen von dem übrigen Stratum densem seu diffusum, dessen Elemente in gleichen, aber sehr geringen Abständen zueinander entfernt ziehen, herausheben.

Innerhalb der Stammstrahlung existiert eine strenge Lokalisation. Jede Etage korrespondiert mit einem bestimmten Rindenfeld. So finden wir bei umschriebenen Zerstörungen der Kalkarinarinde ein entmarktes Faserpaket innerhalb des Stratum sagittale internum, welches nach vorne zu immer mehr emporrückt. Eine natürliche Konsequenz davon ist das Gewahrtbleiben des strikten Nebeneinander der Endstationen im Thalamus, wie dies die experimentelle Ausschneidung zirkumskripter Rindenpartien am Tiergehirn übereinstimmend dargetan hat. Weniger deutlich ist, jedoch ebenso folgerichtig annehmbar, die Wiederholung der gegenseitigen Lageverhältnisse der Stammstrahlungfasern im Hirnschenkelfuss und in der Brücke. Es ist zu supponieren, dass die gesamte Grosshirnrinde in die Pedunkulfaserung Leitungen entsendet, nicht dass dieselbe nur distinkten Rindenregionen entstammt, während andere wieder nur mit dem Sehhügel verbunden sind. Betrifft die Zerstörung bloss ein kleineres Rindenstück, so verschwinden naturgemäß die dünnen entmarkten Achsenzyylinder in dem festen Gefüge der hart nebeneinander und übereinander laufenden Schenkelfasern. Eine sekundäre Degeneration ist dann im Pes pedunculi nicht nachweisbar.

In der Zuordnung der Kernhaufen des Thalamus opticus zu den einzelnen Abschnitten der Stammstrahlung kehrt jene topographische Gesetzmässigkeit wieder, welche jede Gangliengruppe des Zwischenhirns mit einer Rindenparzelle auf kürzestem Wege sich verbinden und korrespondieren lässt. Das Pulvinar nimmt die Stammstrahlung des Parieto-occipitalhirns, aber in seinen seitlichen auch des Schläfenlappens auf. Der ventro- und dorsolaterale Kern, sowie die zentralen Ganglienanhäufungen stehen mit den mittleren Hemisphärengebieten, mit den Zentralwindungen, mit dem vorderen Scheitel- und dem hinteren Stirnlappen in Verbindung, der vordere und innere Sehhügelkern mit dem Stirnhirn und der medialen Hemisphärenfläche. Eine genauere exakte Abgrenzung der einzelnen Teile eines, im Sehhügelgrau wieder erkennbaren, Rindenmosaiks harrt spezieller Untersuchungen.

Ebenso spiegelt die Anordnung der Faserpakete im Hirnschenkelfuss von aussen nach innen die Gliederung der Stammstrahlung von hinten nach vorne wieder.

Dass die Höhe, ja die Grösse des Hirnschenkelfusses überhaupt, für die Hemisphärenentwicklung ein Gradmesser sei, hat bereits Meynert durch vergleichende Gegenüberstellung einer bis zum Menschen aufsteigenden Reihe von Tiergehirnen in schlagender Beweisführung vorgeführt<sup>1)</sup>.

Die zerebralen Verbindungen zwischen Gross- und Kleinhirn, einerseits als Haubenstrahlung, roter Kern, Bindearm, anderseits als Hirnschenkelfaserung durch den Brückenarm, die Leitungen von der Hirnrinde zum Corpus subthalamicum, zu der Substantia nigra Sömmeringii sowie zu anderen noch nicht näher ermittelten Formationen grauer Substanz des Meta- und Hypothalamus scheinen gleichfalls mit der Sinnesperipherie in keinem unmittelbaren Kontakt zu stehen, und können daher zu der Stammstrahlung gerechnet werden.

Die physiologische Bedeutung der Stammstrahlung ergibt sich, wie dies für alle Leitungssysteme zutrifft, aus der funktionellen Eigenschaft der beiden grauen Endstationen, zwischen welchen dieselbe ausgespannt ist. Liegt diese für das Zerebrozerebellarsystem klar zutage, so vermag die von mir bezüglich der Physiologie der stummen Hirnrinde aufgestellte Hypothese<sup>2)</sup> auch auf die Rolle ein Licht werfen, welche zu spielen der Stammstrahlung im zerebralen Mechanismus zukommt. Es liegt keine Notwendigkeit vor, in den Ganglien der gesamten Hirnrinde Träger des Vorstellungslbens zu erblicken, es existiert eine Kategorie psychischer Elemente, welche mit keinerlei Lokalzeichen versehen sind, und daher als eine Leistung der gesamten Grosshirnrinde, abzüglich der von den Sinnesnerven oder einer anderen Rindenstelle her gerade ausgelösten Erregung in den Sinnesphären, angesprochen werden kann. Wir können die eben sich abspielende Funktion mit dem augenblicklichen Ernährungszustand des Rindengewebes gleichstellen und erblicken in diesem das physiologische Substrat der Gefühle. Hält man an dieser Supposition fest, welche sich nicht auf eventuell mögliche, sondern sicher vorhandene Vorgänge stützt, so können wir aus dieser sowohl eine zentripetale als eine zentrifugale Reizübertragung ableiten.

v. Monakow<sup>3)</sup> macht die bemerkenswerte Annahme, dass die spinalen Bahnen für das Temperatur- und Schmerzgefühl sich zerebralwärts in allen Thalamuskernen fortsetze. Nach einer Umschaltung in

1) Meynert, Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. d. Wissensch. 2. Abt. Okt.-Heft. Jahrg. 1869: „Studien über die Bedeutung des zweifachen Rückenmarkursprungs aus dem Grosshirn.“

2) Niessl v. Mayendorf, Ueber die physiologischen Korrelate der Gefühle. Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1912. Bd. 14. H. 1.

3) v. Monakow, Gehirnpathologie. Zweite Auflage. Wien 1905. Kap.: Sensibilitätsstörungen bei Herderkrankungen. S. 615.

diesen würde der Stabkranz zu jeder Rindenstelle die zentrale Aufnahme von Reizen dieser Gefühlsqualitäten vermitteln können. Das spinozerebrale Leitungssystem für dieselben ist nach ihm das Gowers'sche Bündel.

v. Monakow's Hypothese erwuchs aus der bekannten klinischen Erfahrung, dass Schmerz- und Temperaturgefühl nach Grosshirnzerstörungen auf der kontralateralen Körperseite verhältnismässig gut erhalten bleibt, während der Ortssinn der Haut und die sogenannte tiefe Sensibilität schwere Störungen erleiden. Dieser Gegensatz des Ergriffenwerdens durch pathologische Prozesse weise auf eine Verschiedenheit der zentralsten Bahnen, einerseits für das Schmerz- und Temperaturgefühl, andererseits für die durch Lokalzeichen ausgestatteten Empfindungsqualitäten hin.

Dem Schmerz- und Temperaturgefühl kann man, wie dies v. Monakow mit Recht getan hat, das Druckgefühl anreihen, sobald man mit diesem, ganz allgemein, das nicht lokalisierte Gefühl einer gewissen Berührungsstärke verstehen will.

Da jedes Gefühl, wenn es bewusst werden soll, von einer Empfindung begleitet wird, diese aber stets ein Lokalzeichen besitzt, so wird leicht die Täuschung erweckt, als ob es eine Schmerzempfindung, Temperaturempfindung, eine Druckempfindung gäbe. Jedes psychische Element — und ein solches ist das Gefühl — kann aber nur durch Analyse isoliert werden.

Die zentripetale Leitung der Stammstrahlungsfasern würde daher eine Zuführung von Reizen aus den Körperhöhlen, den Eingeweiden, der Muskulatur, den Gelenken, aber auch von den Blutgefässen der allgemeinen Hautdecken bedeuten. Dazu ist (besonders) zu bemerken, dass die zentripetalen Fasern der Stammstrahlung keineswegs sensible Leitungen im gemeinen Sinne darstellen. Allem Anschein nach haben wir in ihnen die zentralsten Verzweigungen des Sympathikusgeflechts vor uns, dessen gangliöse Ausgangspunkte bekanntlich nicht in der Hirnrinde liegen. Die zentripetalen Stammstrahlungsfasern splittern sich daher nicht nur um die Ganglienzellen, sondern auch um die Gefässse, auf deren Lumina sie reflektorisch zu verändern und hierdurch indirekt die Nutritionsphase des ganzen Rindengewebes vorübergehend oder dauernd zu beeinflussen vermögen. Es kann sich also hier wohl nur um die Uebertragung von Erregungszuständen des N. sympathicus auf die Hirnrindenzellen handeln, auf welche sie jedoch keine peripheren Reizfiguren projizieren, sondern nur den Chemismus derselben bestimmen. Sie assoziieren also in gewissem Sinne subkortikale motorische Automatismen mit entsprechenden kortikalen Ernährungsphasen.

Die Bipolarität der Gefühle, insbesondere deren plötzliches Erscheinen und Umschlagen fände in dieser Auffassung Erklärung. Es liesse sich aus dieser auch die bei akuten, vornehmlich aber chronischen Störungen des Gefühlslebens so augenfällig hervortretende Wirkung abnorm funktionierender drüsiger Organe, einer krankhaften inneren Sekretion bereits auf reflektorischem Wege verständlich machen.

Die Fasern der Stammstrahlung würden für die Arteriolen und Kapillaren der Hirnrinde, da deren Nervenversorgung zweifelhaft ist, die Verengerung und Erweiterung derselben durch nervöse Erregung und deren Nachlass herbeiführen. Der Chemismus des Kortex kann somit von dem funktionellen Zustand dieser Thalamusbündel abhängig gemacht werden.

Für die Erkenntnis der physiologischen Dignität der kortikothalamischen Stammstrahlung gilt wieder der oben ausgesprochene, für alle Leitungsbahnen geltende Grundsatz, nämlich die Erschliessung ihrer Leistungsmöglichkeit aus ihrer Einschaltungsweise.

Wenn über die Funktionen der subkortikalen Hirnzentra im Einzelnen auch heute nur noch recht subjektive Hypothesen im Umlauf sind, so kann doch das Vorhandensein reflektorischer Mechanismen in ihnen kaum bestritten werden. Während die Projektionsbahnen durch Umschaltung in den subkortikalen Knotenpunkten die Intensität der zentralwärts fortgeleiteten Sinnesreize steigern<sup>1)</sup>, ist es die Aufgabe des im Zwischenhirn endigenden Stabkranzes in die reflektorischen Vorgänge des Sehhügels einzugreifen. Es kann dies in zweifacher Weise geschehen. Entweder werden durch die vom Kortex eindringenden Reize subkortikale Hirnreflexe ausgelöst, ein gleichsam assoziativer Vorgang, indem das Moment der Gleichzeitigkeit, wie bei allen Assoziationen, das funktionelle Wesen des Vorgangs ist, oder es verhindert der Eintritt kortikaler Reize in den Thalamus den dort sonst sich vollziehenden Uebergang der Erregung von den sensiblen auf die motorischen Neurone des Zwischenhirns. Dies spielt sich gleichfalls nach gewissen Gesetzen der Gewohnheit, der funktionellen Bahnung ab. Im ersten Falle werden durch die Fasern der Stammstrahlung die Bewegungskombinationen aktiviert, welche die Affekte begleiten, die unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen unserer Gefühle. Der längst allenthalben bestätigte Erfahrungssatz, dass trotz kortikaler Halbseitenlähmung die

1) Niessl v. Mayendorf, Ueber Ursprung und Verlauf der basalen Züge des unteren Längsbündels. Arch. f. Psych. Bd. 61. H. 2. S. 49. Ferner: Derselbe, Hirnrinde und Hirnstamm. Zeitschr. f. allgem. Physiol. (Noch nicht erschienen.)

Mimik erhalten bleibt, sobald durch Sinneswahrnehmungen ein Gefühl lebhaft erregt wird, begründet die dargelegte Auffassung der Stammstrahlung. Die Bahnen für die gemütlichen Ausdrucksbewegungen können mit der Pyramidenbahn nicht identisch sein, sie können aber auch nicht in einem geschlossenen Bündel irgendwo im Hemisphärenmark verlaufen, sonst wäre es möglich, sie durch einen kleinen Herd im Markmantel funktionsuntüchtig zu machen. Sie decken sich vielmehr mit der gesamten Stammstrahlung und nur Herde, welche die Marklager beider Hemisphären in grossem Umfang vernichten oder im Sehügel selbst sitzen, und so die Reflexbogen auseinanderreissen, lassen die Ausdrucksbewegungen verschwinden.

Mit dem die phylogenetische Zweckrichtung nicht mehr offen an sich tragenden Mienenspiel der Affekte gehören die automatischen Angriffs- und Abwehrbewegungen, welche zu den wesentlichsten und häufigsten Aeusserungen des Seelenlebens primitiver psychischer Organismen, wie der Kinder und Tiere, gehören und sich als das objektiv fassbare Merkmal des eben herrschenden Gefühls zu erkennen geben, zu derselben Klasse. Auch diese werden von den Reizen geweckt, die von der Hirnrinde in den Fasern der Stammstrahlung hinabgelangen.

Eine weit wichtigere Funktion als die Ingangsetzung der mit den Gefühlen einhergehenden einfachen, aber unwillkürlichen Bewegungsformen kommt der Stammstrahlung für das Seelenleben des erwachsenen Kulturmenschen jedoch zu, in der Hemmung derselben. Die Masse der Stammstrahlungfasern wächst mit der Hemisphärengrösse und sind der sichtbar anatomische Ausdruck für die Möglichkeit und den Grad der Beherrschung. Nicht immer offenbaren Miene und Geberde die anwesende Gefühlerregung, wenn die Unterdrückung der verräterischen Begleiterscheinung sich für das Individuum als zweckmässig herausstellt. Die Fähigkeit, das subkortikale reflektorische Bewegungsspiel aufzuhalten, tritt in das Bewusstsein als Effekt einer Willensäußerung, gibt den subjektiven Anschein der Freiheit des Handelns.

Wir haben der histologischen Differenz zwischen der kräftigen Anlage der Markfasern der zentralen Sinnesbahnen und der zarteren Konstitution der Stammstrahlung oben gedacht und erkennen die Erwägung als durchaus plausibel an, dass Gifte, oder andere die Hirnrinde in ihrer Totalität treffende Schädlichkeiten vorerst, und in höherem Grade die empfindlichen, weniger widerstandsfähigen Markelemente der Stammstrahlung schädigen und funktionsuntüchtig machen werden. Schaffer's Behauptung aber, dass an Paralytikergehirnen das Mark der stummen Hemisphärenteile sich mit Hämatoxylin abnorm blass tingiere, möchte ich, weil Verschiedenheiten der Färbung an Weigertpräparaten oft von

unberechenbaren Zufälligkeiten herrühren, nicht als sicher pathologisch bewerten. Mit der funktionellen Schwäche oder dem funktionellen Ausfall der Stammstrahlung hört jedoch der dominierende Einfluss der Grosshirnrinde auf den thalamischen Automatismus auf. Am augenfälligsten tritt das Verfahren dieser Rindenfunktion in den ausgesprochenen Bildern fortschreitender Verblödung entgegen, bei der Dementia paralytica, senilis und juvenilis. Die klinische Beobachtung erweist, dass die Hemmung vor der assoziativen Auslösung subkortikaler Automatismen erlischt, woraus sich die Tatsache ergibt, dass dieselbe eine grössere Intensität der Rindenleistung, wahrscheinlich auch eine grössere Anzahl funktionell erregter Rindenkörper zur Voraussetzung hat. Schon die Physiologie des peripheren Nervensystems belegt diese Erfahrungstatsache mit zahlreichen Beispielen. Jeder intensive Sinnesreiz, über eine gewisse Grenze gesteigert, wird zur Hemmung.

Lehrreich ist die Betrachtung solcher psychischer Defektstadien, kortikaler Schwächezustände, in denen sich ein, wenn auch bereits eingeschränktes Seelenleben, von den scheinbar unmotiviert hervorbrechenden emotionellen Ausdrucksbewegungen gleichsam abgeschnürt, vor uns kundgibt. Die Leitung in der Stammstrahlung ist dann nicht aufgehoben, da die mit den Gefühlsqualitäten assoziierten Bewegungsformen von der Hirnrinde aus noch erregt werden können, aber die funktionelle Kraft der Hirnrinde hat so abgenommen, dass sie die von der Kinderzeit gewohnten und phylogenetisch überkommenen, durch die Stammstrahlung vermittelten Zusammenfassungen nicht mehr zu unterbinden vermag. Dies zeigt sich an dem unvermittelten Weinen und Lachen der Paralytiker, im Altersblödsinn, an den nur dunkel motivierten Abwehrbewegungen der Hebephrenen, dem „Negativismus“, an dem Reichtum ungewollter, ja zwangswise motorischer Perversitäten bei der Katattonie, aber auch bei arteriosklerotischen Prozessen und grösseren Hemisphärenherden ist das nicht verhaltbare Lachen und Weinen eine keineswegs seltene, charakteristische, klinische Erscheinung. Als Gegenstück zu dieser, nur eine Einschränkung in den Funktionen der Leitung beweisenden, klinischen Formen zeigt das zwangswise Sichhervordringen einer Mimik, welche zu der völligen Barheit an Aeusserungen eines tief gesunkenen Gefühlslebens kontrastartig im Antlitz wetterleuchtet, das Grimassieren, der Lach- oder Weinkrampf, in der späteren Zeit jugendlicher Verblödungen, ferner bei organischen Erkrankungen, der multiplen Sklerose des Gehirns, sowie bei der sogenannten Pseudobulbärparalyse, dass die Bahnen der Stammstrahlung funktionsuntüchtig geworden sind.

Das zweite, grösste und wichtigste Leitungssystem, welches die Stammstrahlung einschliesst, bilden die kortiko-zerebellaren Verbindungen. Man kann nicht umhin, die beiden sich bereits makroskopisch als besondere Strangformationen darbietenden Fasermassen, wegen ihrer differenten Einschaltungsweise, auch als funktionell verschiedene Leitungen anzusprechen.

Das Erste ist jener, aus dickfaserigen Elementen zusammengesetzter Bündelkomplex, welcher die Grosshirnrinde mit den zentralen Kernen des kleinen Gehirns, mit dem Wurm desselben über den roten Kern der Haube durch die Bindearme vereinigt. Dieser Teil des zerebro-zerebellaren Systems zeichnet sich nicht nur durch kräftigere Markscheiden, sondern auch durch eine verhältnismässig frühe Markreife derselben aus. Sie begegnen sich im Kleinhirn mit den spinalen Bahnen aus den Hinterstrangkernen und suchen im Grosshirn sicher die Rinde der Zentralwindungen, höchstwahrscheinlich aber nicht die übrige Grosshirnrinde auf. Sie gibt sich durch diese drei Eigenschaften als ein in funktioneller Beziehung von der übrigen Stammstrahlung abweichendes Leitungssystem, welches eigentlich zwei Sinneszentren verknüpft, zu erkennen, denn der *N. vestibularis* hat seine zentrale Repräsentation im Wurm des Kleinhirns und dieser kann in Anbetracht des besonderen Baues des peripheren Aufnahmegeräts den Sinnesnerven an die Seite gestellt werden. Das kleine Gehirn unterscheidet sich von den niederen Hirnteilen durch einen, dem Kortex des Grosshirns analogen Rindenbelag, in und unter welchem sich ein Geflecht von Binnenfasern ausbreitet. Obwohl dem Aufbau derselben bis nun ein spezielles Augenmerk nicht zugewendet wurde, deutet die auf Weigert-präparaten sich darbietende Gestaltung derselben auf eine ganz gleiche Anordnung derselben wie im Grosshirn hin. Es macht durchaus den Eindruck, dass die längsten Assoziationsbündel die tiefsten Rinden-einsenkungen umkreisen.

Die klinische Pathologie hat für Herderkrankungen des Wurms und solche, die in der Nachbarschaft desselben ihren Sitz haben und seine Funktionen auf diese Weise schädigen, typische Symptome aufgedeckt. Im Gegensatz hierzu bieten auf die Kleinhirnhemisphären beschränkte Läsionsbezirke keinerlei Ausfallserscheinungen und werden erst bei der Autopsie als Nebenbefund bemerkt. Die Hemisphären des Kleinhirns sind daher ebenso wie die des Grosshirns stumme Hirnteile. Sie stimmen aber mit den Grosshirnhemisphären auch hinsichtlich der späteren Markscheidenentwicklung und der Zartheit der sie erfüllenden Radiärfaserung auffallend überein. Diese entbündelt sich aus dem Strom der Brückenarme, die hinwieder die Fortsetzungen des

Pes pedunculi, abzüglich der die Brücke spinalwärts durchheilenden Pyramidenbahnen, mit sich führen. Sowohl die äussersten als innersten Bündelpakete desselben enthalten aber Stabkranzzüge aus dem stummen Grosshirn. Es liegt daher sehr nahe, in der mit dem Kortex der Grosshirnhemisphären kreuzweise verbundenen Rinde der Kleinhirnhemisphäre auch verwandte Funktionen anzunehmen. Da wir in der Ernährungshöhe der Grosshirnrinde den einzigen funktionellen Faktor kennen gelernt haben, für welchen wir im Bewusstsein die psychischen Elemente der Gefühle setzen können, so müssen wir diese auch als die einzige für uns psychologisch fassbare physiologische Aeusserung der Kleinhirnhemisphärenrinde erklären. Während im Grosshirn die Gefühle Vorstellungen der fünf Sinne begleiten, sind es im Kleinhirn die Gefühle, welche an die verschiedenen Zustände der Statik geknüpft sind. Das bekannteste der mit Gleichgewichtsstörungen bei Wurmaffektionen einhergehenden Symptome ist der Schwindel, eine pathologische Gefühlsanomalie. Welcher Einfluss diesem aber auch für die Grosshirntätigkeit zukommt, braucht hier nicht auseinandergesetzt zu werden. Die Bahnen in den Brückenarmen sind daher jene Leitungen, die auf die gegenseitige Vermittlung der Phasen dieser kortikalen Konsumptionszustände zwischen Grosshirn und Kleinhirn am meisten Anspruch erheben können.

Leipzig, den 13. Juni 1920.