

Bericht:

Anatomie, Physiologie und Pathologie des sensiblen Systems.

Erster Berichterstatter: A. Wallenberg (Danzig).

Das sensible System.

(Anatomischer Teil.)

Verehrte Kollegen!

Wenn ich heute das Wagnis unternehme, vor Ihr Forum zu treten, mit der Absicht, Ihnen vom Aufbau des sensiblen Systems zu sprechen, wenn ich versuchen will, den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis von den anatomischen Grundlagen unseres Systems in großen Umrissen zu skizzieren, dann bin ich mir wohl bewußt, Unmögliches zu wollen. Nimmt doch dieses Gebiet, auch wenn wir es einengen auf die Welt der Oberflächen-Tiefensensibilität und auf die Perzeptionswege autonomer Reize, einen so gewaltigen Platz im Betriebe des menschlichen Organismus ein, daß es vermessen wäre, in der kurzen Zeit Ihnen ein auch nur oberflächliches Bild zu entwerfen. In diesen Schwierigkeiten war mir ein Lichtblick die erfreuliche Tatsache, hier an dieser Stelle, an diesem Orte sprechen zu dürfen, an dem so zahlreiche und gewichtige Fortschritte unserer Kenntnis von der Anatomie und Physiologie des sensiblen Systems gezeitigt worden sind, daß ich vor aller Welt verkünden darf, was wir einem Meynert, Obersteiner, Hochstetter, Tandler, Marburg und ihren zahlreichen Mitarbeitern, was wir Pal, Redlich, Schlesinger, Spitzer, Probst, Kolmer, Pollak, Spiegel und vielen anderen, nicht zuletzt, was wir Economo verdanken. Eine willkommene Hilfe und mannigfache Anregung bot mir das klassische Werk Försters über die Leitungsbahnen des Schmerzes. Herr Geh.-Rat v. Frey hat in dankenswerter Weise die schwierige Aufgabe übernommen, bei Gelegenheit physiologischer Erörterungen des sensiblen Aufnahmeapparates auch die Anatomie der Endorgane und der Leitungswege von der Peripherie bis zu den Zentralorganen in seinen Bericht aufzunehmen, und so werden Sie denn aus berufenerem Munde von diesem peripherischen Anteil des sensiblen Systems unterricht-

tet werden. Sie hören von mir auch nichts über die fundamentale Frage: inwieweit sind die verschiedenen Qualitäten der Empfindung bedingt durch spezifische Aufnahmeorgane, und bis zu welchem Grade ist es die nach räumlicher und zeitlicher Hinsicht bestehende spezifische Verschiedenheit der Reizgestalt im Sinne v. Freys, welche die Qualität bestimmt und so den Satz von der spezifischen Energie der Sinnesnerven durchbricht? Sie werden von mir nichts erfahren, was fördernd auf die Lösung des Problems von der Tiefendruck-Wahrnehmung wirken könnte, wie weit neben der kutanen auch eine tiefe Sensibilität mit den Kriterien Hea d scher epikritischer oder protopathischer Qualität anatomische Grundlagen besitzt, ob dem Gefühl des Juckens, des Kitzels, der Vibration eine eigene, gesonderte Stellung innerhalb des Berührungsdru cks oder Schmerzes zukommt. Auch die Haare als hebelnde Multiplikatoren von Tasteindrücken bleiben außerhalb des Rahmens meiner Berichterstattung.

Ich werde mich bemühen, Ihnen nur anatomische Tatsachen mitzuteilen und mich von physiologischen Theorien möglichst fernzuhalten. Trotzdem wird es sich nicht immer vermeiden lassen, auf Streitfragen physiologischen Inhalts einzugehen — ich nenne als Beispiel den Doppelcharakter der Schmerzempfindung einmal als spezifische gut lokalisierbare Empfindung, der taktilen Sensibilität nahestehend, und auf der anderen Seite als Allgemeingefühl, eine Abart der Unlust, wahrscheinlich mit verschiedenen Bahnen und Zentren für beide Komponenten. Ich kann es mir ferner nicht versagen, auf den fundamentalen Wert We i z ä c k e r s cher Untersuchungen hinzuweisen, nach denen der Ausfall einer Empfindungsqualität umformend auf die zurückgebliebenen einwirkt, mit anderen Worten, nicht zu einem Minus an Zahl der funktionsfähigen Qualitäten führt, sondern zu spezifischen Änderungen ihrer Funktion. Stehen diese Ergebnisse doch ganz im Einklang mit einer von mir bereits im Jahre 1916 vertretenen Ansicht, daß bei der Überzahl sensibler Endapparate und der relativ geringen Anzahl qualitativ verschiedener Rezeptionen es wahrscheinlich ist, daß zur Entstehung einer einzigen einheitlichen Empfindungsqualität eine ganze Menge verschiedener Endapparate gereizt werden, daß erst der Akkord die Empfindung gibt. Auf der anderen Seite aber bin ich auf Grund klinischer und anatomisch genau nachgeprüfter Erfahrungen immer noch geneigt, an dem veralteten Dogma festzu-

halten, daß für die verschiedenen Empfindungsqualitäten verschiedene zentrale Bahnen existieren, mit bestimmtem Verlauf und gegenseitiger Anordnung nach festen Gesetzen, unbeschadet zahlreicher Übergänge und Kombinationen — ich nenne als Beispiel die Mitwirkung der Wärme-Sinnleitung bei der Genese des Tastsinns. So viele Hypothesen auch bei der Festlegung einzelner sensibler Wege mitunterlaufen, einstweilen müssen wir sie beibehalten, dienen sie doch als Ariadnefaden durch das Labyrinth zentraler Architektur, ebenso wie die ganze Fiktion isolierter Etappenwege von der Peripherie bis zur Gehirnrinde, trotz des großen zusammenhängenden Fibrillennetzes, das neuere Forschungen kontinuierlich in die motorischen sensiblen und sekretorischen Endorgane, ja bis in die Bindegewebszellen hinein verfolgen konnten.

Mit dieser wesentlichen Einschränkung wollen wir an die Frage herantreten: welche Wege schlagen die afferenten Reize innerhalb des Zentralorgans ein, nachdem sie von den Endorganen an das Zentralnervensystem gelangt sind? Die mit exterozeptiven Endorganen verbundenen Fasern können wohl in der überwiegenden Mehrzahl als peripherische Fortsätze von Spinalganglienzellen und von homologen Zellen kranialer sensibler Ganglien angesehen werden. Ihnen schließen sich enge die Fasern aus den Tangezeptoren an, die der Berührung, dem Druck, der Pallästhesie und ihren Modifikationen dienen. Sie bilden den Übergang zu den peripherischen Leitwegen aus propriozeptiven Endorganen tieferer Teile, Muskeln, Sehnen, Gelenkkapseln, Periost und Knorpel. Für diese ist es bereits zweifelhaft, ob sie alle in den Spinalganglienzellen ihr trophisches Zentrum besitzen. Glaubt doch Förster, neben den Dorsalwurzeln auch zentripetal leitende Vorderwurzeln verantwortlich machen zu können, deren Herkunft noch völlig ungeklärt ist. Dart verweist die ganze protopathische Sensibilität in das Gebiet des Sympathicus, nur die epikritische gehöre in den Bereich des zerebrospinalen Systems. Daß einer solchen Anschauung große Bedenken entgegenstehen, bedarf keiner näheren Begründung.

Die viszeral-sensible Leitung aus den Endorganen der Blutwege, der Schleimhäute, der exokrinen und endokrinen Drüsen, der Thorakal- und Abdominalorgane, der mediastinalen, intestinalen und cerebrospinalen Häute geht über intramurale, prävertebrale, vertebrale und kraniale Ganglien und Rami communicantes zu den Cerebrospinalganglien. Daß sie auch Vorderwurzeln zum Eintritt

in das Zentralorgan benutzt, daß insbesondere auch sensible Splanchnicusfasern durch die Vorderwurzeln laufen, dafür ist trotz lebhafter Bemühungen und zahlreicher Versuche ein ausreichender anatomischer Nachweis bisher nicht vorhanden, so groß auch die Wahrscheinlichkeit solcher zentripetalen Vorderwurzelleitung nach klinischen und experimentellen Erfahrungen sein mag. Kidd sah allerdings bereits 1911 afferente Fasern innerhalb der Vorderwurzeln, die in kleineren Zellen der Clarkeschen Säule, einigen Mittelzellen und Dorsalhornzellen sowie in Elementen des Nucleus cuneatus bulbi entspringen, beim Menschen vornehmlich in der Thorakal- und Lumbosakralregion lokalisiert sein sollen. Ob auch Hochésche Zellen lumbaler Vorderwurzeln und Takahashi-Allen'sche Zellen innerhalb der Portio minor trigemini dabei die Rolle der Spinalganglienzellen spielen können, ist noch ganz unsicher. Jacobsohn-Lask sah bei menschlichen Feten bisweilen ein dünnes Bündel zwischen Rückenmarkspanthierie und hinterer Wurzel sich ablösen und ventral anscheinend in die vordere Wurzel einmünden. Dabei kann es sich aber auch um einfache Schleifenbildung der Hinterwurzel vor ihrem Spinalganglion-Eintritt handeln. Förster läßt die Schmerzleitung aus den Organen der Bauchhöhle hauptsächlich über den Sympathicus führen, insbesondere über periarterielle Geflechte der Aorta und der Viszeralarterien auf dem Wege über den Grenzstrang, während es unsicher sei, ob und wie weit afferente Fasern des Vagus und Phrenicus ebenfalls der Schmerzleitung dienen. Nach Förster passiert nicht nur ein Teil der die Tiefensensibilität leitenden Fasern und eine kleine Zahl auch kutaner Elemente die Vorderwurzeln als Hilfsbahn, die vikariierend für die hinteren Wurzeln eintreten kann, sondern auch die radikuläre Leitungsbahn der Viszeralsensibilität läuft zwar in der Hauptsache wahrscheinlich durch hintere Wurzeln, aber es beteiligen sich daneben auch zentripetale Fasern der Vorderwurzeln. In welcher Weise die viszeralsensible Leitung mit den Zentralorganen in Verbindung tritt, dafür gibt es mehrere Möglichkeiten, über die eine große Literatur vorliegt, und die bereits vor langen Jahren auch von Edinger ausführlich diskutiert worden ist. Foerster hat in seinem Werk eine übersichtliche Darstellung der Möglichkeiten gebracht: Kölliker-Langley lassen markhaltige Splanchnicusfasern ohne Unterbrechung von der Peripherie durch Ganglion coeliacum, Splanchni-

cus, Grenzstrang, Rami communicantes albi, thorakale Spinalnerven laufen, mit trophischem Zentrum im Spinalganglion, und als hintere Wurzel wie die nicht autonomen sensiblen Fasern ins Rückenmark treten. Nach anderen Autoren gehen zentrale Fortsätze markloser Splanchnicusfasern mit trophischem Zentrum im Ganglion coeliacum oder in Grenzstrangganglien über Rami communicantes albi und Spinalnerv zum Spinalganglion und splintern dort gegenüber Zellen auf, deren Neurit als hintere Wurzel ins Rückenmark tritt, entweder um Zellen, die nur einen zentralen Fortsatz besitzen, oder um gewöhnliche Spinalganglienzellen, deren peripherischer Fortsatz zur Haut und sukutanen Geweben geht, und deren zentraler als hintere Wurzel ins Rückenmark tritt. Das gibt dann die bekannte Erklärung für die Head'schen Zonen ab. Gleichlaufende afferente graue Sympathicusfasern können auch an Spinalganglienzellen aufsplintern, deren zentraler Fortsatz über v o r d e r e Wurzeln ins Rückenmark tritt, oder es können markhaltige Splanchnicusfasern ohne Unterbrechung von der Peripherie bis zur Spinalganglienzelle laufen, deren zentraler Fortsatz zur afferenten Vorderwurzel wird. Foerster führt dann auch Shawes Theorie an, die durch vordere Wurzeln passierenden afferent leitenden Fasern hätten ihr trophisches Zentrum im Rückenmark selbst. Wie die Wege in Wirklichkeit aussehen, darüber kann die Anatomie bisher leider keine Entscheidung treffen.

Meine Herren! Sie wissen, wie zahlreich die Zellformen innerhalb der Spinalganglien sind, die wir seit Dogiels und Cajals Untersuchungen kennengelernt haben. Dogiel unterschied noch 17, Clark bei Hunden und anderen Säugern 7 Typen je nach der Anordnung der Nisslschollen; ihr relatives Zahlenverhältnis bleibt konstant und besitzt Beziehungen zur Funktion. Ranson sah nur fünf Typen beim Hunde. Gefensterte und gelappte Zellen sind nicht so häufig wie bei Reptilien und anderen niederen Vertebraten. Die Zahl der Ganglienzellen im Spinalganglion ist nun bekanntlich viel größer als die der Fasern im peripherischen Nerven und in der Hinterwurzel. Für diese Tatsache gibt es verschiedene Erklärungen, die mehr oder minder gut durch experimentelle Degenerationsbilder gestützt werden. Ranson nimmt an, daß die Zahl der kleinen Zellen, deren peripherischer Neurit zur marklosen Faser wird, größer ist, als die der großen Ursprungszellen markhaltiger Neuriten, Medvednikoff sah nach Durchschneidung des drit-

ten Lumbalnerven nur einen kleinen Teil der Spinalganglienzellen degenerieren, die übrigen müssen demnach als Schaltzellen mit kurzem Axon aufgefaßt werden. Wahrscheinlich entsendet eine ganze Anzahl der Zellen nur einen peripherischen oder nur einen zentralen Fortsatz. Ein feines Geflecht um Spinalganglienzellen soll der Endausbreitung sympathischer Fasern aus den Rami communicantes entsprechen, und auf diese Weise die viszeral-sensibeln Reize auf somatisch-sensible Zellen, Wurzeln und zentrale Leitungen übertragen. Es können aber nach Rossis Feststellungen einzelne Spinalganglienzellen ihre peripherischen Äste als afferente sensible Fasern in die Rami communicantes senden. Damit wären Grundlagen geschaffen für mehrere Übertragungsmöglichkeiten im oben skizzierten Sinne.

Ob beim Menschen eine Topographie innerhalb der Spinalganglien in der Art existiert, daß bestimmte Zellareale mit bestimmten Teilen der Peripherie wie beim Ganglion Gasseri des Trigemini oder mit bestimmten sensibeln Qualitäten zusammenhängen, ist bisher nicht restlos entschieden. Bei anuren Amphibien sah Weber eine Abhängigkeit der Entwicklung bestimmter Neuroblasten von bestimmten Oberflächenanteilen.

Von den Dorsalwurzeln ist nicht viel Neues zu berichten. Einzelne von ihnen im Bereiche der Lumbal- und Cervikalanschwellung sah Bickles kurz nach ihrem Austritt aus den Spinalganglien in eine obere und untere Hälfte zerfallen, die auch gesondert in das Rückenmark einstrahlen und auf diese Weise die betreffenden Segmente in eine frontale und kaudale Hälfte teilen. Hovelacque unterscheidet beim Menschen 4 Typen hinterer Wurzeln nach Dicke, Anordnung und Verlauf ihrer Fasern: einen oberen Cervikaltyp $C^2 - C^4$, einen unteren Cervikaltyp $C^5 - D^1$, einen dorsalen von $D^2 - L^1$ und einen lumbosakralen Typ von L^2 abwärts.

Nicht alle Hinterwurzelfasern entstammen Spinalganglienzellen, vielmehr ist anzunehmen, daß sie dünnfasrige endogene spinale Elemente beherbergen mit zentrifugalem Verlauf. Im Dorsalmark des Hundes beträgt die Zahl dieser efferenten Elemente nach Timascheff etwa 5 Proz. sämtlicher Hinterwurzelfasern. Unsicher ist bisher die Lokalisation ihrer spinalen Zentren. Ranson sah neben dünn- und dickmarkigen Fasern auch marklose, mit kleinsten Ursprungszellen im Spinalganglion. Kiss leugnet ihr

Vorkommen. Die Mehrzahl dünnster markhaltiger und markloser Fasern trennt sich bereits vor dem Eintritt der Wurzel in die gliöse Einschnürungszone von den übrigen, legt sich ganz lateral und tritt in Lissauers „Marginalzone“ ein, die den Hinterseitenstrang dorsomedial begrenzt. Sie enthält auch zahlreiche marklose und markarme endogene Fasern aus den Zellen der Substantia gelatinosa des Hinterhorns. Hier endet wohl die Mehrzahl der exogenen Wurzelemente dieses merkwürdigen Faserzuges, der zur Zeit von vielen Autoren, zuletzt von Ingvar, als Träger der Schmerzempfindung, von einigen auch als Leitungsbahn für Temperaturreize besonders die Kälteempfindung, angesehen wird. Ingvar glaubt auch, das Bündel sei phylogenetisch älter als die übrigen Dorsalwurzelanteile.

Aus eigenen Erfahrungen bei der Verfolgung einzelner degenerierter Hinterwurzeln im Sakral-, Lumbal- und Thorakalmark mit der Marchi-Methode beim Menschen muß ich ganz offen sagen, daß die Zahl der markhaltigen exogenen Hinterwurzeln innerhalb der Lissauerzone eine so winzige ist, daß ich einige Bedenken habe, sie mit derartigen Funktionen zu belasten. Vielleicht kann sie, oder wenigstens ihr endogener Anteil, als ein Rest der phylogenetisch sehr alten Zona perimedullaris angesehen werden, enthält sie doch wie diese zuweilen auch Ganglienzellen und geht beim Menschen, was nicht allgemein bekannt ist, an der kaudalen Oblongata in die ventrale Begrenzung des Kerns der spinalen Trigeminiwurzel über. Wiederholt wurde behauptet, zuletzt von Allen, die spinale Trigeminiwurzel träte im obersten Halsmark an die Stelle der Lissauerzone: davon ist nicht die Rede. Die Lissauerzone wird durch die spinale Quintuswurzel ventromedial verdrängt und gerät in eine ähnliche topographische Lage zu deren Kern, wie wir sie bei Fischen von der dünnfasrigen bzw. marklosen sekundärviszeralen Bahn her zur Genüge kennen. Möglicherweise entspricht einem ventralen Überrest der Zona perimedullaris niederer Vertebraten das Helweg-Bechterewsche Olivenbündel am Rande des Vorderseitenstranges. Auch dieses enthält zahlreiche marklose und markarme Fasern und beherbergt in seiner gliösen Randzone nicht selten Ganglienzellen, ähnlich wie sie Poljak zuletzt bei Fledermäusen beschrieben hat. Nemiloff rechnet das peripherische Flechtwerk markloser und markhaltiger Fasern mit seinen multipolaren Ganglienzellen zur „Subpialschicht“

des Rückenmarkes, sondert sie streng ab von dem Plexus perimedullaris der Fische und bringt sie in einen Zusammenhang mit den metamer angeordneten Hofmann-Köllikerschen „oberflächlichen Nervenkerneln“ der Vögel und Reptilien.

Das Gros der Hinterwurzeln geht durch die Enge der gliösen Zone hindurch und sendet dann ein dickfasriges laterales Bündel durch die Substantia spongiosa und gelatinosa hindurch in das Zentrum des Hinterhorns. An den kleinen Gierkeschen Zellen der Substantia gelatinosa und an Elemente der Spongiosa von Lissauer sah ich lediglich feinste Kollateralen abgehen, richtige Faserendigung scheint dort nur aus der Lissauerschen „Marginalzone“ zu erfolgen. Die Substantia gelatinosa ist — und darin stimme ich Marburg bei — nicht als „Nucleus sensibilis proprius“ im Sinne Kohnstamms anzusehen.

Im Zentrum des Hinterhorns bilden die lateralen Wurzelfasern mächtige Längsbündel, Clarks „aufsteigende Kolonnen“, die sich auf mehrere Segmente bis zu 3 erstrecken, um dann mit den meisten Zellgruppen des Querschnitts der grauen Substanz der gleichen Seite in Beziehung zu treten, anscheinend auch über die dorsale Kommissur mit parazentralen Gruppen der Gegenseite. Besonders reichlich sind Aufsplitterungen um Zellgruppen im Zentrum des Hinterhorns an seinen Rändern, medial und lateral, in der Regio intermedia, paracentralis, commissuralis. Die Zahl der zu den Vorderhorn- und Zwischenhorn-Zellgruppen ziehenden Reflexfasern wechselt in den einzelnen Segmenten. Wenig orientiert sind wir über die Dichotomie der lateralen Hinterwurzelfasern und den Verbleib ihrer absteigenden Äste. Als Hauptendstätten können auch heute noch zentrale und basale Hinterhornzellen, ferner ein Teil der Mittelzellen bis zur Region des Seitenhorns gelten, während an kleineren Zellen des Zwischenstücks und der Basis des Hinterhornkopfes nach Marburg wahrscheinlich viszeral-sensible Fasern ihr Ende finden. Ungewiß ist das Verhalten dieser Wurzelfasern zu Marginalzellen und zu Zellen des Processus reticularis. Um den Zentralkanal gelegene dorsale Nebenzellen Marburgs und ventral sich anschließende Zellen der vorderen Kommissur sind eher als Ursprungsorte sekundärer viszeraler Bahnen anzusehen. Im übrigen aber können uns die schönen Fortschritte der Zytoarchitektonik des Hinter- und Seitenhorns, die wir seit Cajal und Waldeyer besonders Jacobsohn, Massazza und Mar-

burg verdanken, keine sicheren Unterscheidungsmerkmale zwischen den Zellgruppen bieten, von denen sekundäre sensible Bahnen ausgehen und den lediglich als Assoziations- und Korrelations-Neuronen funktionierenden. Wie weit die durch klinische Beobachtungen nahegelegte Sonderung der Fasern innerhalb des Hinterhorns in laterale Schmerz-, mediale Wärme-Tastfasern und intermediäre Kältefasern anatomisch begründet werden kann, läßt sich heute nicht annähernd übersehen, ebensowenig die Berechtigung für Försters Schlußfolgerung, daß jedes Hinterhornsegment nebst zugeordneten Spinalganglien und Wurzeln eine funktionelle Einheit bildet, in der sich die metamere Anlage des Körpers widerspiegelt.

Auf weit festerem Boden stehen wir in bezug auf den intraspinalen Verlauf der propriozeptiven Bahn. Wir kennen sehr genau die schön geschwungenen Wurzelbündel längs der Innengrenze des Hinterhorns, die mehrere Segmente höher als ihre Eintrittsstelle an Zellen der Stilling-Clarkeschen Säulen endigen, wir wissen, daß im unteren Dorsalmark und oberen Lendenmark diese Kernsäulen in ihrer medialen Hälfte Fasern aus dem Sakralmark inklusive L⁵ erhalten, in der lateralen aus dem übrigen Lendenmark. Ähnlich laufende Fasern endigen an Mittelzellen in der Nähe oder an Stelle der Stilling-Clarkeschen Säulen. Wir wissen ferner, wie der größte Teil der mittleren Dorsalwurzelfasern nach dichotomischer Teilung seine aufsteigenden Äste nach dem Gesetz von der exzentrischen Lagerung längster Bahnen ordnet, über weite Strecken selbständige Areale für die einzelnen Wurzeln bildet, so daß noch im obersten Halsmark die einzelnen dorsalen, lumbalen und sakralen Felder durch ihre Lagerung unterschieden werden können. Bekannt ist die Topik absteigender Hinterstrangsbahnen. Während Schulzes Komma nur wenig endogene spinale Elemente neben absteigenden Wurzelästen enthält, ist die Zahl dieser Fasern in Flechsig's ovalem Bündel in Gombault-Philipp's triangulärem Faszikel, in Marburg's Fasciculus longitudinalis septi, in Edingers zentralem Hinterstrangsfeld und in Obersteiners dorsomedialem Sakralbündel eine große. Das letztere Bündel besteht nach eigenen Untersuchungen aus verhältnismäßig wenig absteigenden Hinterwurzelfasern des Brust-, Lenden- und oberen Sakralmarkes und größtenteils aus endogenen Elementen von der parazentralen Substantia grisea sowie aus der

Basis des Hinterhorns. Viele Fasern dieses Bündels sah ich auch in der parazentralen grauen Substanz bis ins Filum terminale hinein ihr Ende finden. Im ventralen Hinterstrangsfeld laufen gleichfalls vorwiegend endogene Fasern, dazwischen, namentlich im medialen Teile, auch zahlreiche Hinterwurzeln. Ich glaube, einen Teil dieser medialsten Dorsalwurzelfasern zu den viszeral-sensiblen rechnen zu dürfen mit vermutlicher Endigung an dorsomedialsten Zellgruppen der zentralen grauen Substanz. Die Existenz einer geschlossenen medialen sympathischen Säule ist allerdings, wenn wir Bertrand folgen, zweifelhaft, da lediglich zerstreute, inkonstante, unregelmäßige Zellen an dieser Stelle existieren, die morphologisch denen der lateralen sympathischen Säule ähneln. Unsicher ist auch die Rolle dorsaler Fortsätze der zentralen grauen Substanz in das Dorsalseptum und Exkreszenzen der Hinterhörner in die Hinterstränge hinein als Endstätten viszeral-sensibler Elemente. Daß innerhalb der absteigenden Hinterstrangsfasern zentrifugale sympathische und parasymphatische Bahnen, namentlich für Blase, Mastdarm und Genitalien gesucht worden sind, bedarf an dieser Stelle keiner Erwähnung, ebensowenig, daß es bisher nicht gelungen ist, sie anatomisch als solche festzulegen. Ich möchte aber das Kapitel der absteigenden Hinterstrangbahnen nicht verlassen, ohne der Hypothese Försters zu gedenken, daß in den Hintersträngen nicht nur Fasern für Berührungs- und Druckempfindung, Lage und Bewegungsempfindung, Kraftsinn bzw. Gewichtsschätzungsvermögen, Fasern für räumliche Wertung sensibler Reize, feinere Lokalisation, räumliche Diskrimination zweier gleichzeitig applizierter Reize, zweidimensionales Formenerkennen und dreidimensionale Stereognose laufen, sondern daß sie auch Hemmungsfasern für die Schmerzempfindung führen und dadurch moderierenden Einfluß auf das phylogenetisch uralte Schmerzsystem ausüben. Dabei soll es sich um eine cortico-fugale Schmerzhemmungsbahn im Sinne von Brown-Séquard und Fabritius handeln, die wahrscheinlich über die Grenzschicht der grauen Substanz zu den dem Schmerzsinne zugehörigen Zellelementen des Hinterhorns gelangt. Eine anatomische Darstellung dieser Bahn ist wohl bisher beim Menschen nicht gelungen. Wie weit die Hinterstrangspyramiden der Nagetiere und anderer Säuger hierher zu rechnen sind, muß eine offene Frage bleiben. Das gleiche gilt von der Bedeutung dünnfasriger Längsbündel im Bereiche der Substantia gelatinosa

centralis. Rothfeld konnte ein markhaltiges Bündel zu beiden Seiten des Zentralkanals durch die ganze Länge des Rückenmarks verfolgen, das zu den Kommissuren Beziehungen besitzt und sich kaudalwärts in ein Fasernetz auflöst. Ein analoges Bündel beschrieb Marburg im Bodengrau der Rautengrube als bulbäres Bündel der Substantia gelatinosa ventralis. Seine Bedeutung ist noch ebenso unklar, wie die der von mir an der lateralen Grenze der Stilling-Clarke'schen Säulen über größere Strecken verfolgten dünnfasrigen Längsbündel.

Die Berechtigung, markarme medialste Hinterwurzeln und deren Endstätten in der zentralen grauen Substanz als zum viszeral-sensiblen System gehörig zu betrachten, glaube ich unter anderem auch aus einem 1906 beim Frosch erhobenen Befund ableiten zu dürfen: Nach Durchschneidung des dorsolateralen Wurzelfeldes der Oblongata degenerierten abwärts exterozeptive Trigeminafasern, propriozeptive oktavo-laterale und viszerosensible Glossopharyngeus-Vagusfasern bis weit in das Rückenmark hinab: lateral die Quintusfasern, intermediär die oktavo-lateralen propriozeptiven und ganz medial die interozeptiven Elemente. Ich sah die sensible Glossopharyngeus-Vaguswurzel in der grauen Substanz dorsal vom Zentralkanal etwa im mittleren Halsmark endigen und in ihrer kaudalen Fortsetzung einen dünnfasrigen medialen Anteil aufsteigender Dorsalwurzeln gleichfalls in die graue Substanz einstrahlen, dorsomedial von den Endstätten spinaler Oktavuselemente und propriozeptiver Hinterwurzeln. Beim Menschen sind namentlich im Lumbosakralmark und im Conus medullaris eine große Anzahl mediodorsaler Zellhaufen beschrieben worden, ja man kennt auch bestimmte Differenzen zwischen Form und Größe dieser Kerne bei männlichen und weiblichen Individuen. Trotzdem wissen wir bis heute nicht, ob und wie weit primäre motorische oder sekundäre sensible Visceralbahnen von ihnen ausgehen.

Meine Herren! Der intraspinaler Verlauf sekundärer Bahnen aus den Endkernen lateraler Dorsalwurzeln ist so bekannt, daß ich mich auf kurze Andeutungen beschränken kann. Von den beiden Kernen, aus denen nach Kohnstamm die gekreuzt aufsteigende Bahn entspringt, soll der ventrale als Nucleus intermedius sensibilis bezeichnete alleiniger Endkern dorsaler Zervikalwurzeln sein, in der Oblongata bereits sein Ende finden und gleichzeitig als motorischer Reflexkern und als sensorischer Kern funk-

tionieren, während der dorsale Nucleus cornu posterioris frontal in die Substantia gelatinosa der spinalen Trigeminiwurzel als Ursprungskern der sekundären Trigeminibahn übergehe. Daß aber nicht die Substantia gelatinosa Rolandi, sondern der medial ihr anliegende Kern der spinalen Trigeminiwurzel als Ausgangspunkt sekundärer Quintusfasern anzusehen ist, möchte ich hier noch einmal ausdrücklich betonen.

Sie wissen, Edinger gebührt das unvergängliche Verdienst, eine dem Hinterhorn entstammende Bahn entdeckt zu haben, die als Tractus spino-thalamicus und spino-tectalis sensible Reize dem gekreuzten Mittel- und Zwischenhirn zuleitet. Und Kohlstamm sah das Gesetz von der exzentrischen Lagerung längster Bahnen auch für diese in der vorderen Kommissur kreuzenden Fasern in Geltung, die der exterozeptiven Leitung dienen. Die Kreuzung geht in der Regel so vor sich, daß sie am oberen Pol des nächst höheren Segments vollendet ist, kann aber auch 2 Segmente in Anspruch nehmen.

Seit ich die Ehre hatte, auf der Berliner Versammlung im Jahre 1910 meine Ansichten von der gegenseitigen Lage der spino-thalamischen und spinotektalen Bahnen für verschiedene Segmenthöhen und für verschiedene Sinnesqualitäten festzulegen, habe ich — zu meiner großen Freude kann ich das erklären — nichts erfahren und nichts gelesen, was mich zu prinzipiellen Änderungen dieser Anschauung veranlassen könnte. Immer noch läuft im Halsmark an der Peripherie des Vorderseitenstranges oder nach Tilly-Elsberg dorsolateral die Temperatur- und Schmerzsinbahn für die gekreuzte untere Körperhälfte, weiter medial bzw. ventromedial die für die Oberextremitäten, natürlich nicht streng getrennt und mit großen individuellen Differenzen. Beide Anteile bleiben verhältnismäßig getrennt von der gekreuzten Bahn für Schulter-, Hals- und oberste Brusthaut, die dem 2.—4. Zervikalsegment entstammt, denn diese wird auch weiter frontal durch Pyramiden- und Schleifenkreuzung in ihrer Mediallage bis in den Bulbus hinein festgehalten; sie liegt auch in der Oblongata und Brücke noch dorsomedial von der übrigen spino-thalamischen Faserung. Neben der Anordnung nach den Segmenten besteht auch wohl eine nach Qualitäten, denn es vereinigt sich wahrscheinlich die Kältebahn mit der Schmerzbahn, während die Wärmebahn und ein Teil der Tastbahn geschützter, dem Vorderstrang genähert zu lie-

gen scheint. Ich weiche dabei von Förster nur insoweit ab, als er die Schmerz- und Kältebahn weiter ventral verlegt als die Wärmebahn, während mir die Reihenfolge im wesentlichen so zu sein scheint, daß am meisten dorsal die Schmerzbahn, ihr ventral angenähert oder zum Teil mit ihr zusammenfallend die Kältebahn und ganz ventral die Wärmebahn läuft, die letztere wieder mehrweniger zusammen mit Anteilen der sekundären Tastbahn. Zwei Fragen harren noch der Erledigung und sind zur Zeit hypothetisch zu beantworten: 1. Ist die Schmerzbahn eine einheitliche? 2. Was ist der Grund für die Aussparung sakraler Hautpartien von den Sensibilitätsstörungen bei zentralen Erkrankungen? Daß ein großer Teil der Schmerzbahn und insbesondere der für den Schmerz als spezifische Sinnesempfindung im Tractus spinothalamicus läuft, kann wohl als gesichert gelten: Förster glaubt auf Grund klinischer Erfahrungen, daß auch die in Form unlustbetonter Allgemeinempfindung auftretenden Schmerzeindrücke in ihrer Mehrheit auf diesem Wege hirnwärts geleitet werden. Karplus und Kreidl sind mit Fabritius der Ansicht, daß, wie Schiff bereits vor langen Jahren annahm, diese Schmerzleitung innerhalb der grauen Substanz, insbesondere durch die Basis der Hinterhörner vor sich geht. Das gelte vor allem für die Schmerzfasern aus den letzten Sakralsegmenten, weniger für die aus höheren Gebieten. Die Aussparung der Genitoanahaut bei zentralen Läsionen im Rückenmark, Hirnstamm bis zur Großhirnrinde hinauf führen Karplus und Kreidl zum Teil auf eine besonders reichliche diffuse Vertretung auch in der zentralen sensibeln Leitung zurück, zum Teil darauf, daß neben der Hinterstrang- und Vorderseitenstrangleitung für diese Fasern aus dem 3.—5. Sakralsegment eine Längsbahn innerhalb der grauen Substanz besteht. Auch diese Fragen können anatomisch kaum entschieden werden.

Die propriozeptiven Eindrücke werden mit Ausnahme gewisser Tast- und Druckreize, die im ventralen Teile der gekreuzten spinothalamischen Bahn zerebralwärts gelangen, durch die gleichseitigen Hinterstränge aufwärts geleitet, daneben aber durch die gleichseitigen Spinozerebellarbahnen, von denen die dorsale Flechsig'sche aus den homolateralen Stilling-Clarke'schen Kernen bis zum fünften Lumbalsegment oder noch tiefer hinab ihren Ursprung nimmt, während die ventrale, das Gowersche Bündel im engeren Sinne, nach Winkler vorwie-

gend aus gekreuzten Mittelzellen stammt. Zwischen dorsalem und ventralem Tractus spinocerebellaris sah Beck bei Katzen einen Tractus spinocerebellaris intermedius laufen.

Daß ein Teil der sekundären visceral-sensiblen Bahn innerhalb der grauen Substanz um den Zentralkanal in dünnfasrigen Bündeln frontalwärts geleitet wird, ist, wie ich bereits erwähnt habe, mindestens wahrscheinlich. Aber schon in meinem Referat 1910 konnte ich K o h n s t a m m s Vermutung bestätigen, daß ein anderer, vielleicht der Hauptanteil, nahe dem gekreuzten Tractus spinothalamicus aufsteigt. Auch S p i e g e l und B e r n i s machen den Vorderseitenstrang für die zentripetale Leitung visceral-sensibler Reize, insbesondere auch der Blutgefäßschmerzreize verantwortlich und glauben frontal eine mehr oder minder direkte Verbindung dieser Bahn mit dem bulbären Atemapparat annehmen zu dürfen.

Frontal von der Pyramidenkreuzung erfolgt eine Umlagerung der exterozeptiven Wurzeln aus der dorso-lateralen in die ventrolaterale Lage, die propriozeptiven legen sich ihnen dorsolateral an, die viscerosensiblen dorsomedial. Während im Rückenmark alle drei Funktionen in einer Dorsalwurzel vereinigt sind, diese aber nur die sensiblen Fasern eines einzigen Segments enthält, werden die funktionell verschiedenen Leitungswege kranialer Segmente zu selbständigen Hirnnerven: die exterozeptiven Wurzeln vereinigen sich in der spinalen Trigeminiwurzel, die propriozeptiven höher oben im Vestibularis, die viscerosensiblen verteilen sich auf Quintus, Facialis, Glossopharyngeus und Vagus. Wenn auch nach den Forschungen amerikanischer Autoren und besonders P e r n a bereits innerhalb des Ganglion G a s s e r i eine Gliederung nach den drei Quintusästen erfolgt, so zerstreuen sich doch nach A l l e n die Ursprungszellen sensibler Zahnfasern über das ganze Ganglion hin. Die Größe der Zellen innerhalb des Ganglion G a s s e r i sowie die Oberflächenvergrößerung durch Bildung von Fensterungen, Schlingen und Netzen scheint mit der Größe des peripherischen Ausbreitungsbezirks und mit der Tiergröße zusammenzuhängen. B u c c i a n t e sah sie beim Elefanten ganz besonders ausgebildet. Die genaue Topographie innerhalb des extrapontinen V-Wurzelanteils bot den amerikanischen Hirnchirurgen die Möglichkeit, bei operativer Behandlung der Trigemini-Neuralgie außer der Portio minor

auch die Cornealäste bei Durchschneidung zu schonen — ein glänzender Erfolg eingehender anatomischer Studien.

Die Topographie innerhalb der spinalen Trigeminiwurzel hat ihren Anfang hier in Wien genommen bei Obersteiner durch Bregmanns Nachweis von der ventralen Lage der für den ersten Quintusast bestimmten Wurzelfasern. Die im Referat 1910 von mir angegebene Gliederung kann ich mit unwesentlichen Änderungen auch heute noch aufrecht erhalten — eine Gliederung, die nach Segmenten und nicht nach peripheren Ästen erfolgt. In der zum Kern der spinalen Quintuswurzel umgewandelten frontalen Fortsetzung des zervikalen Hinterhorns, weniger in der Substantia gelatinosa Rolandi, endigt die Mehrzahl der Schmerz-, Kälte-, Wärme- und wahrscheinlich auch ein Teil der Tastfasern des Trigemini. Das ventrale Horn des Querschnitts halbmondes leitet die Stirn-Schläfenfasern, in frontaleren Ebenen auch Fasern für die laterale Gesichtshaut. Dorsal von ihnen laufen die Oberkiefer- und Augenfasern, darüber Unterkiefer-, Lippen-, Mundhöhlen-, Schleimhaut- und Zungenfasern, die letzteren erst in der Nähe des frontalen Poles. Hier beherrscht das dorsale Horn des Querschnitts halbmondes und der anliegende markfaserarme Teil seines Kernes vordere Mund- und Zungenschleimhaut. Er ist dorsal überdacht von der frontalen Fortsetzung des Solitäreinkerns, in der spinale Trigeminiwurzelfasern, allem Anschein nach die Geschmacksfasern des Trigemini ihr Ende finden. Der ventrale Kernabschnitt nimmt bei seinem Übergang zum großen intrapontinen Quintuskern wahrscheinlich auch Muskelsinnfasern und andere propriozeptive Elemente auf. Alle Teile des Kernes sind durch die an seiner medialen Grenze gelegenen absteigend degenerierenden *Fibrae concomitantes* Marburgs und Breuers verbunden.

Eine lebhaft diskutierte Frage ist in den letzten Jahren über die Frage entstanden: wo laufen die schmerzleitenden Fasern der spinalen Trigeminiwurzel?

Allen fand in allen Zahnpulpanerven neben dünnen marklosen und markarmen auch dicke markhaltige Fasern, konnte auch feststellen, daß dünne und dicke Fasern in allen Quintusästen etwa das gleiche Zahlenverhältnis zeigen und schloß daraus, daß die Schmerzempfindung der Zähne durch alle drei Kategorien von Fasern mit entsprechenden großen und kleinen Ursprungszellen im Ganglion Gasseri geleitet wird. Windle dagegen glaubt, daß die

Schmerzleitung im Trigemini zum großen Teil markarme und marklose Fasern vermittelt und stützt seine Ansicht durch die Tatsache, daß der Quintusast für die Cornea mit seinen nahezu allein der Schmerzempfindung dienenden Fasern verhältnismäßig die meisten marklosen und markarmen Elemente enthält. Daß die in die Brücke eintretenden sensiblen Trigemini Fasern sich analog den spinalen Dorsalwurzeln in einen aufsteigenden Ast zum sensiblen pontinen Quintuskern — Berührungsfasern — und einen absteigenden zur spinalen Trigeminiwurzel — Schmerz-Temperatursinnfasern — teilen, ist vor vier Jahren bereits von Gerard berichtet worden. W i n d l e verdanken wir nun die Feststellung, daß nicht alle Fasern der sensiblen Trigeminiwurzel die Bifurkation mitmachen, daß es vielmehr anscheinend eine Art Stufenfolge von Trigemini Fasern gibt, die mit starken aufsteigenden ungeteilten Fasern zum pontinen Hauptkern beginnt und mit dünnen ungeteilten Fasern zum Kern der spinalen Trigeminiwurzel aufhört, dazwischen mannigfache Abstufungen von Fasern mit Bifurkation aufweist. Er will die dünnen ungeteilten absteigenden Fasern als Schmerzfasern, die dicken ungeteilten aufsteigenden als Tastfasern auffassen, wohl in Verbindung mit geteilten Elementen, die beiden Kernen Tastimpulse zuführen. Damit schneidet W i n d l e die Frage an, wie es kommt, daß Läsionen der spinalen Quintuswurzel neben erheblichem Schmerz- und Temperatursinnausfall häufig auch eine geringe Störung des Tastgefühls zur Folge haben. S t o p f o r d und Gerard kamen auf Grund zahlreicher Fälle von Verschuß der Arteria cerebellaris inferior posterior zur Ansicht, daß die spinale Trigeminiwurzel nur Schmerz- und Temperatursensibilität leitet. In dieser Form läßt sich der Satz nicht aufrechterhalten, wenn auch der Hauptstrom für die anderen Qualitäten erst frontal in der Brücke in den sensiblen Trigeminihauptkern mündet. I r i sah beim Kaninchen innerhalb dieses Hauptkerns eine Art gesetzmäßiger Gruppierung der Wurzelfasern insofern, als die dem dritten Ast entstammenden am meisten kaudalwärts, die des ersten Astes am meisten frontalwärts reichen. Ich habe in einem Falle von Verschuß der Arteria cerebelli inferior posterior die neben Schmerz- und Temperatursinnausfall im Quintusgebiet bestehende leichte Störung des Tastsinns auf die besonders von H e l d und M o n a k o w betonten Verbindungen zwischen dem Kern der spinalen Quintuswurzel und dem lateralen Teil des B u r d a c h s c h e n Kernes, M o n a -

k o w s Nucleus interquintocuneatus lateralis, zurückgeführt, gebe aber zu, daß W i n d l e s Befund uns in der Erklärung dieser leichten Tastsinnstörungen weitergebracht hat. Ob die sensiblen Facialisäste, deren Existenz neuerdings wieder von H u n t , S o u q u e s , B a n d o m i r und F r e e m a n bestätigt wurde, in dem Kern der spinalen Quintuswurzel endigen, wie es von mir für den Ramus auricularis nervi vagi bei Teleostiern nachgewiesen werden konnte, ist noch nicht sichergestellt. F r e e m a n führt die kaudale Ausdehnung der spinalen Quintuswurzel und ihres Kernes darauf zurück, daß der sensible Trigemuskern bei höheren Vertebraten Hautgebiete usurpiert hat, die bei niederen Vertebraten noch von Kiemenerven, besonders Facialis, Glossopharyngeus und Vagus innerviert werden.

Die Endigung der propriozeptiven Hinterstrangsbahnen in den Hinterstrangkernen mit ihren großzelligen und kleinzelligen Abteilungen, mit ihrer Anordnung nach dem Gesetz von der exzentrischen Lagerung längster Bahnen bedarf keiner näheren Schilderung, sie ist bekannt genug, ebenso die Annäherung ihrer frontalsten Ausläufer an das Dorsalhorn der spinalen Quintuswurzel. v a n G e h u c h t e n sah die Hinterstrangfasern aus kaudalen Halsmarksegmenten am frontalen Pol dorsal von denen aus proximalen stammenden liegen. Über den Kleinhirnanteil aus den Hinterstrangkernen ist eine Einigung immer noch nicht erfolgt. Y o s h i d a fand, daß die Neuriten der Zellen aus dem G o l l s c h e n Kerne und der medialen Abteilung des B u r d a c h s c h e n insgesamt nur in die mediale Schleife übergehen. Diese Angabe bedarf aber der Nachprüfung, denn es gibt doch eine ganze Anzahl von M a r c h i - Degenerationen zum Kleinhirn auch aus medialen Hinterstrangkernen. Diesen nucleo-cerebellaren Fasern, die nach W i n k l e r dem kleinzelligen Anteil entstammen, gesellen sich nun direkte Hinterstrangselemente hinzu, die zuletzt von L u n a studiert worden sind. Möglich, daß ihnen endogene spinale Fasern aus tiefen Rückenmarkebenen beigemischt sind, die sich den Hintersträngen anschließen, die meisten aber müssen als direkte Wurzelfasern, „Fibrae radiculo-cerebellares spinales“ aufgefaßt werden. Die nucleo-cerebellaren Elemente werden nach W i n k l e r durch Kollateralen der Schleifenfasern verstärkt. Der M o n a k o w s c h e Kern besitzt nach Y o s h i d a eine cerebellare Verbindung über die Formatio reticularis; W i n k l e r leugnet sie. Über das Corpus resti-

forme tritt auch die cerebellopetale Faserung aus dem Seitenstrangkern, aus G u d d e n s Kern des Strickkörpers und aus der gekreuzten Olive ins Kleinhirn, während die Verbindung der Nuclei arcuati mit dem Kleinhirn nach W i n k l e r vorwiegend über die Raphe, den Boden der Rautengrube und die Stria medullaris des vierten Ventrikels stattfindet. Den Gegenstand zahlreicher Arbeiten bildete in den letzten Jahren die E n d i g u n g s p i n o - c e r e b e l l a r e r S y s t e m e im Kleinhirn. Die dorsale scheint größtenteils in der gleichseitigen Wurmrinde aufzusplittern, weniger in der gekreuzten. B r u n glaubt im vorderen und hinteren Drittel des Wurms ihre Endstätte zu sehen, B e c k bei der Katze im gleichseitigen Lobulus centralis, Culmen, Declive, Pyramis, Lingula, weniger im Tuber, am wenigsten bzw. gar nicht in der Uvula und im Lobulus para-medianus der Hemisphäre. W i n k l e r sieht die F l e c h s i g s c h e Bahn in der Wurmrinde vor der Fissura prima und um dieselbe endigen, die G o w e r s c h e v e n t r a l e Cerebellarbahn lediglich in kaudalen Teilen, in der lateralen Rinde des Lobus posterior hinter der Fissura secunda, B e c k ganz im gekreuzten Vorderwurm. Ebensowenig wie über die Lokalisation der Endigung beider Systeme ist bisher eine Einigung erreicht über die A r t der Endigung innerhalb der Wurmrinde. Während C a j a l annimmt, daß die Spinocerebellarfasern als Moosfasern um die Körnerzellen aufsplittern, sind J e l g e r s m a , B r o u w e r , M a r b u r g und C o e n e n geneigt, sie als Kletterfasern um die Purkinje-Dendriten endigen zu lassen.

Daß der i n t r a p o n t i n e s e n s i b l e Hauptkern des Trigemini, wahrscheinlich auch ventrale Teile am Frontalpol des Kerns der spinalen Quintuswurzel im wesentlichen als Endstätten propriozeptiver Quintusfasern angesehen werden, ist längst bekannt und kann wohl auch noch heute aufrechterhalten werden, allerdings mit wesentlichen Einschränkungen. Denn gewichtige Stimmen haben sich dagegen erhoben, und besonders F ö r s t e r und D a v i s lassen die Fasern der Tiefensensibilität durch Facialis, Intermedius über das Ganglion geniculi, weniger durch die Portio minor des Trigemini gehen mit den von T a k e d a und A l l e n in ihr nachgewiesenen Ganglienzellen. Auch der Hypoglossus führe propriozeptive Tiefensensibilitätsfasern. F ö r s t e r glaubt mit D a v i s und B o e k e auf Grund klinischer Beobachtungen nach Operationen am Ganglion Gasseri, Trigemini, Facialis und Hypoglossus

sus, daß die afferenten Fasern motorischer Hirnnerven ihr trophisches Zentrum in den in ihren Verlauf eingestreuten Ganglienzellen besitzen. Ob der pontine Trigemuskern, wie *Kohnstamm* fand, eine direkte Kleinhirnverbindung besitzt, ist immer noch nicht restlos geklärt. *Marburg* glaubt, einen nucleo-cerebellaren Anteil des *Spitzer* sehen lateralen Haubenbündels aus den *Fibrae concomitantes trigemini* in das Bindearmgebiet übergehen zu sehen und nennt ihn *Fibrae trigemino-cerebellares*. Unklar ist auch die Rolle der mesencephalen Trigeminiwurzel als propriozeptives System. *Nicolesco* homologisiert ihren Kern mit der *Clarke* sehen Säule und ähnlich geformten Gebilden im Gebiete des *Burdach* sehen Kernes und mißt ihr mit *Allen* gleichfalls propriozeptiven Charakter bei. Ich bin immer noch der Ansicht, daß die mesencephale Trigeminiwurzel in erster Reihe zentrifugale Bahnen enthält und daß sich ihre Ursprungszellen phylogenetisch aus tiefsten Schichten des Mittelhirndaches ableiten lassen, also aus Elementen, denen tecto-bulbäre und tecto-spinale Fasersysteme entstammen. Den *Locus caeruleus* hielt *Kohnstamm* für ein Homologon des sensibeln Endkerns des *Ramus ophthalmicus trigemini* bei niederen Vertebraten. Nach *Kure* ist ein Teil seiner Zellen identisch mit denen der mesencephalen Trigeminiwurzel.

Soviel in den letzten Jahren auch über *viscerale Bulbärwurzeln* und ihre Endkerne gearbeitet worden ist, viel Neues haben wir nicht erfahren.

Allen bestätigt die topographische Gliederung innerhalb des Solitärbündels, wie sie *van Gehuchten* festgestellt hatte: *Intermedius*-Fasern lateral, *Vagusfasern* medial gelegen, dazwischen die *Glossopharyngeuswurzeln*. Die Endigung des Bündels im Kern des *Fasciculus solitarius*, im *Nucleus commissuralis* der *Commissura infima* und im dorsalen motorischen *Vagus*kern ist bekannt, nur wenige Fasern kreuzen in der *Commissura infima*. Des trigeminalen Solitärbündelanteils habe ich bereits gedacht. Im Gegensatz zu *Müller* sieht *Nordkemper* *Spinalganglienstruktur* im *Ganglion jugulare vagi* ebenso wie im *Ganglion nodosum*, deshalb könne weder das eine noch das andere Umschaltstelle für *parasympathische Vagusfasern* sein. Die *viscero-sensiblen Bulbärzentren* sind ganz erheblich reduziert bei Säugern und bei Menschen, besonders wenn man sie vergleicht mit den riesigen *Lobi vagi* und

Lobi faciales der Teleostier. Der Lobus vagi besitzt hier vollständige Rindenstruktur mit zahlreichen Schichten und verschiedener Zyto- und Myeloarchitektonik an verschiedenen Stellen, und man könnte wie in der menschlichen Großhirnrinde eine große Anzahl von Areae herauskristallisieren. Ganz ähnliche Verhältnisse kennen wir ja vom Mittelhirndach niederer Vertebraten.

Daß alle Hirnnerven afferente autonome Fasern führen, brauche ich Ihnen nicht zu sagen, wir wissen aber nicht immer, wo sie laufen und wo sie endigen. An dieser Stelle möchte ich noch eines visceral-sensiblen Nerven gedenken, der aus dem Bereich des *Jacobson'schen* Vomeronasalorgans der Nasenscheidewand zu präkommissuralen Kernen der Septumgegend des Großhirns läuft und seine Fasern aus kleinen, Spinalganglienzellen ähnlichen Elementen an der Hirnbasis längs des Tractus olfactorius bezieht. Ich meine den *Nervus terminalis*, der jetzt wiederholt auch beim Menschen festgestellt werden konnte. Seine funktionelle Bedeutung ist noch ungeklärt.

Die *spino-thalamische* und *spino-tektale* Bahn, die wir als sekundäre exterozeptive Schmerz-Kälte-Wärmebahn des Rumpfes und der Extremitäten mit Tastsinnkomponenten kennengelernt haben, läßt sich innerhalb der Oblongata und Brücke ventromedial von der spinalen Trigeminuswurzel verfolgen. Nach dem Gesetz von der exzentrischen Lagerung längster Bahnen konnten wir ventrolateral die Faserung aus der unteren Körperhälfte, dorsomedial von ihnen die aus der oberen Körperhälfte bis zum Gebiet des vierten Cervikalsegments erwarten, weiter dorso-medial gekreuzte Fasern aus dem Hinterhorn des oberen Halsmarks. Die letzteren bilden in der Brücke und im Mittelhirn *Spitzers laterale Haubenbahn*, der sich dorsomedialwärts wieder der *dorsale Anteil der sekundären Trigeminusbahn* aus dem Kern der spinalen Trigeminuswurzel anschließt. Ein ventraler Anteil dieser *quinto-thalamischen* Fasern, dessen relative Größe individuell außerordentlich wechselt, tritt erst in frontalen Ebenen der Oblongata auf und zeigt nicht selten Übergänge in das sekundäre *propriozeptive System* des *ventralen Haubenbündels* von *Spitzer*, dessen Identität mit der Trigeminusschleife von *Lewandowski* vollständig sichergestellt ist.

Außer der eben geschiederten lamellären Gliederung nach den Körpersegmenten kann, dafür sprechen klinische Beobachtungen, auch im Bulbus und in der Brücke eine funktionelle in der Weise angenommen werden, daß die Schmerz- und Kältefasern lateral von den Wärmefasern laufen und daß diese wieder sich einem Schleifenanteil der Tastfaserung nähern. Fehlen für diese Lokalisation noch die anatomischen Grundlagen, so können wir als gesichert betrachten die lamelläre Anordnung der Gesamtheit aller gekreuzt aufsteigenden Bahnen aus dem Hinterhorn und seiner cerebralen Fortsetzung vom Conus terminalis bis zur Austrittsstelle des Trigeminus, ob sie innerhalb des Vorderseitenstranges des Rückenmarkes dahinzieht, oder in der *Formatio reticularis bulbi et pontis* frontalwärts gelangt, stets nach dem Gesetz von der exzentrischen Lagerung längster Bahnen. Die dorso-mediale Lage der sekundären Trigeminusbahn verliert dadurch jede Besonderheit. Neben dieser Ordnung nach dem Ursprunge aus verschiedenen Höhen kommt als entscheidend für die Lage der sekundären extero-sensiblen Faserung und ihrer Thalamus-Endigung noch das gegenseitige Verhältnis der einzelnen sensiblen Kernteile auf dem Querschnitt in Betracht: medial entspringende Fasern endigen medialer als lateral entspringende, dorsaler Ursprung bedingt dorsale Lage der Sekundärfasern, ventraler Ursprung mehr ventralen Verlauf.

Als charakteristisch für die Gesamtheit sekundärer exterozeptiver Bahnen konnte ich in meinem Referat 1910 die Tatsache hervorheben, daß die Zahl ihrer Fasern im Gegensatz zu der relativ gleichbleibenden in sekundären propriozeptiven Systemen frontalwärts rapide abnimmt, so daß an der frontalen Brückengrenze oft nur noch spärliche Reste vorhanden sind. Dabei zeigt sich gerade hier der gewaltige Einfluß der Individualität. Denn während in einigen Fällen bulbärer Läsion des Kerns der spinalen Trigeminuswurzel oberhalb des Trigeminuseintritts kaum noch Degenerationen nachweisbar sind, erstreckt sich der Faserausfall in anderen Fällen bis weit in das Mittelhirn hinein, auch bei *Weigert-Pal*-Färbung, und ich bin überzeugt, daß *Marchi*-Degenerationen wie beim Kaninchen in diesen Fällen bis zum Thalamus aufsteigen. Wo bleibt nun die unterwegs ausfallende Mehrheit sekundärer exterozeptiver Fasern? Seit *Long*, *Cajal*, *Kohn-*

stamm wissen wir, daß Kerne der *Formatio reticularis* als rezeptorische Zentren in diese Bahnen eingelagert sind. Hier endet ein Teil der sekundären Faserung, und hier beginnt eine tertiäre Bahn. Zahl, Lage und Größe dieser Zentren schwankt ebenso wie das Verhältnis der in ihnen verschwindenden Fasern in weiten Grenzen. Kohnstamm und Quensel hatten durch geeignete Kombination des Nissl- und Marchi-Verfahrens experimentell den Nachweis führen können, daß es vom Mittelhirn abwärts bis zum kaudalen Ende des Facialiskerns zentral in der *Formatio reticularis* gelegene große und mittelgroße Zellen gibt, an denen sekundäre sensible Bahnen zum Teil ihr Ende finden und deren Neuriten einerseits als Reflexfasern zu motorischen Koordinationskernen laufen, andererseits aber als tertiäre sensible Fasern frontalwärts ziehen. Zu diesen Kernen rechnete Kohnstamm den *Nucleus praelemniscalis inferior* am nichtgewundenen Anteil der oberen Olive, der in den ventralen Kern der lateralen Schleife übergeht, den *Nucleus intermedius sensibilis* des cervikalen Hinterhorns, den großzelligen Retikulariskern inklusive *Centrum receptorium* der *Formatio reticularis* und besonders den *Nucleus intratrigeminalis*, der das Probstsche Bündel als Assoziationsbahn der beim Kauen, Saugen und Schlucken mitwirkenden Kerngebilde nach unten sendet und nach oben, frontalwärts, Ursprungskern einer tertiären sensiblen Faserung ist. Ob Kohnstamm's Angaben sich seither bestätigt haben, daß lateraler gelegene tertiäre Bahnen ihren Ursprung in kaudaleren Teilen dieser Retikulariskerne besitzen als mediale, daß also auch hier eine exzentrische Lagerung langer Bahnen existiert, ist mir nicht bekannt. Es wäre sehr erwünscht, wenn Kohnstamm's Untersuchungen in großem Maßstabe fortgeführt werden könnten. Denn wir wissen heute, trotz ausgedehnter Studien über laterale und mediale Retikulariskerne der kaudalen und frontalen *Oblongata*, der Brücke, des Mittel- und Zwischenhirns — ich nenne nur die Namen v. Bechterew, v. Lenhossek, Jacobsohn, Marburg, Pekelsky und Walter — nicht, ob und in welchem Maße sie als Endkerne sekundärer und als Ursprungskerne tertiärer sensibler Bahnen gelten dürfen. Unsicher ist auch die Stellung des mesencephalen *Nucleus interstitialis Cajals* und anderer Kerne lateral- und dorsalwärts vom roten Haubenkern. Ich konnte beim Kaninchen Vorderseitenstrangfasern aus dem Halsmark bis zu diesen Kernen und

in das zentrale Höhlengrau des Aquäduktes verfolgen. Der Nucleus interstitialis, wohl identisch mit K o h n s t a m m s Nucleus intracommissuralis, bildet ein tegmentales Hauptzentrum sekundärer sensibler Bahnen. S t e n g e l rechnet ihn zum System des roten Haubenkerns, R o s s i findet an seiner Stelle beim Menschen nur eine *Formatio reticularis* und glaubt, daß er frontal in den Kern des F l e c h s i g s c h e n Haubenbündels übergeht. Eines prinzipiell wichtigen Befundes muß ich hier kurz gedenken: Frl. M a r c u s e sah bei mir anlässlich der Verfolgung der M a r c h i - Degenerationen nach lumbosakraler Schußverletzung Fasern des G o l l s c h e n Stranges direkt in die Schleifenkreuzung übergehen und dann in O b e r s t e i n e r s Vorderstrangkern endigen. Im gleichen Kern splitterten aber auch degenerierte Vorderseitenstrangfasern aus dem gekreuzten Hinterhorn auf, es vereinigten sich hier also propriozeptive mit sekundären exterozeptiven Fasern — mit anderen Worten: Die Retikulariskerne sind nicht allein motorische Reflexkerne, nicht nur Schaltkerne einer einzigen sensiblen Leitung, sondern können Reize aus mehreren qualitativ verschiedenen Leitungswegen empfangen; es besteht die Möglichkeit einer Kombination von Empfindungsqualitäten nicht erst in höheren Abschnitten des Zentralorgans und in der Großhirnrinde, sondern bereits in der kaudalen Oblongata, vielleicht schon innerhalb des Rückenmarks. Solche gemeinsamen Endigungen unterliegen natürlich den mannigfaltigsten individuellen Varianten und erklären unter anderem die Differenz in dem Grade der Tastsinnstörung bei Läsionen des Vorderseitenstranges und seiner bulbo-pontinen Fortsetzung. Im Falle des Frl. M a r c u s e konnten direkte Hinterstrangfasern in die sekundäre sensible Bahn der Olivenzwichenschicht verfolgt werden. Beim Iltis sah ich auch ganze Bündel der spinalen Trigeminiwurzel über den zugehörigen Kern hinweg bis nahe an dorsale Teile der Raphe in der Brückenhaube ziehen. Wenn der Ort ihrer Endigung auch noch unsicher ist, so läßt sich doch vermuten, daß sie zu Retikulariskernen oder anderen sekundären sensiblen Zentren gelangen — wir haben also wieder direkte Wurzelfasern in sekundären sensiblen Bahnen laufen — ein Verhalten, wie es vom Vestibularis der Vögel schon lange bekannt ist.

Die von mir bei Vögeln festgestellte Faserverbindung des frontalen sensiblen Trigeminskerns mit der frontalen Vorderhirn-

basis, der Tractus quinto-frontalis, konnte bei Säugern bisher nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden. Beim Kaninchen sah ich eine analoge Bahn im Mandelkern endigen, sie ist aber offenbar individuell verschieden stark angelegt und bedarf weiterer Nachprüfung.

Außerordentlich gering ist beim Menschen die Zahl spino- und quinto-tektaler Fasern. Es scheint aber, als ob eine Endigung von Vorderseitenstrangfasern im Nucleus praectectalis Edingers stattfindet, der dem Nucleus posterior.thalami von d'Hollander entspricht. Dieser Kern bildet einen jener Übergangsganglien vom Diencephalon zum Mesencephalon, die von absteigenden Großhirnrindenbahnen in gleicher Weise wie die Thalamuskerns versorgt werden. Er ist außerdem Durchgangspunkt für cortico-tektale Elemente und Ursprungskern absteigender Bahnen. Wir werden ihm bei der cortico-fugalen Faserung des sensiblen Systems wieder begegnen. Stellen diese von d'Hollander beschriebenen Fasern vorwiegend cortico-fugale Verbindungen mit dem Tektum und Prätektum dar, so darf wohl an dieser Stelle an die schönen Untersuchungen von Huber und Crosby über den Zusammenhang von Tektum und Thalamus bei Reptilien, namentlich beim Alligator mississippiensis erinnert werden. Sie fanden zwischen dem Frontalpol des Tektum und dem Kaudalpol des Thalamus Übergangskerne eingeschaltet als Relaisstationen innerhalb der sekundären sensiblen Bahnen und als Korrelationszentren für zentrifugale Impulse. Charakteristisch für die Reptilien ist nun die starke Ausbildung der tektothalamischen Verbindungen, gleichseitig und gekreuzt, zentrifugal und zentripetal. „Infolgedessen stehen (nach Huber und Crosby) die dorsalen somatisch-sensiblen Thalamuskerns nicht direkt unter dem Einfluß sekundärer sensibler Bahnen, sondern in erster Reihe unter Einwirkung der im Tektum bereits umgearbeiteten somatischen Impressionen.“

Der propriozeptiven Sensibilität dienen als sekundäre Leitung in erster Reihe die nahezu gleichzeitig in großen Mengen aus den Hinterstrangkernen kreuzenden Fasern der Olivenzwischen-schicht. Nach der Kreuzung liegen naturgemäß die aus Gollischen Kernen stammenden dorsal von den aus den Burdachschen Kernen. Ob sie an diesen Stellen bis zum Frontalpol der unteren Olive bleiben, läßt sich mit Sicherheit nicht annehmen. Immerhin konnte ich zweimal einwandfrei feststellen, daß

Zerstörung frontalster Reste der Hinterstrangkerne, insbesondere des Burdachschen Kernes, zu ventromedialer Degeneration der gekreuzten Olivenzwischenstschicht führte, was der oben angeführten Gesetzmäßigkeit innerhalb der sekundären propriozeptiven Bahn entspricht. Wie sich die Fasern der medialen Schleife innerhalb der Brücke gegenseitig lagern, ist noch nicht spruchreif. Immerhin scheint das medialste Ende zu sacro-coccygealen Feldern in Beziehung zu stehen. Im weiteren Verlaufe nähert sich das Gebiet der medialen Schleife und das ihm dorsomedial angelagerte ventrale Haubenbündel, wohl der Hauptanteil der sekundären propriozeptiven Quintusleitung, den Resten der spinothalamischen Faserung soweit, daß beide leicht durch einen gemeinsamen Herd getroffen werden können. Wenn auch die mediale Schleife in ihrer Hauptmasse im Gegensatz zur spinothalamischen Bahn bis zum Zwischenhirn vordringt, so gibt sie doch immerhin eine erhebliche Zahl ihrer Fasern schon vorher ab. Darunter spielen eine wesentliche Rolle solche zu medialen Teilen der Substantia nigra. Schon Kölliker, Tschermak und Döllken hatten solche Beziehungen gefunden. Beim Kaninchen sind sie degenerativ leicht darstellbar. Castaldi betont die Bedeutung dieser Verbindung, weil in der Substantia nigra auf diese Weise striatale, optische, mamillare, also olfaktorische Reize mit propriozeptiven zusammentreffen. Er sagt: „Wenn auch die Regulierung der Kau- und Schluckbewegungen wohl die hervorragendste Aufgabe der Substantia nigra bildet, so ist sie doch nicht die einzige.“

Neben der Substantia nigra kann wohl der rote Haubenkern als Hauptendstätte medialer Schleifenfasern innerhalb des Mittelhirns angesehen werden. Castaldi und Winkler haben diese Bahn näher studiert. Auch in den Bindearm gehen Elemente der medialen Schleife über, ebenso treten umgekehrt Bindearmfasern gleich nach der Kreuzung in die mediale Schleife ein. Castaldi sah auch Verbindungen mit dem Nucleus dorsalis und latero-dorsalis tegmenti.

Von prinzipieller Wichtigkeit aber erscheint mir der Übergang medialster Schleifenfasern in den Pedunculus corporis mamillaris und damit eine propriozeptive Verbindung unterster Sakralsegmente mit dem Corpus mamillare, also mit dem Hypothalamus. Bei den Zwischenhirnendigung-

gen sensibler Systeme werden wir uns näher mit diesen bulbo-ma-millaren Fasern beschäftigen. Auf die in der medialen Schleife lediglich h o s p i t i e r e n d e n absteigenden Bündel, die P o p p i j ü n g s t u n t e r M a r b u r g so anschaulich beschrieben hat, soll hier nicht näher eingegangen werden, denn sie gehören nicht zur propriozeptiven Leitung.

Als integrierenden Faktor dieser Leitung hatten wir aber, wenn wir L e w a n d o w s k y folgen, die spino- und bulbo-cerebellaren Systeme kennengelernt und als deren Endpunkt die Kleinhirnrinde selbst, speziell den paläocerebellaren Anteil des Wurmes und benachbarter Hemisphärengebiete. Die Purkinjezellen senden ihre Neuriten zu den zentralen Kleinhirnkernen und aus diesen, speziell aus dem Nucleus dentatus und Nucleus emboliformis entspringt der Hauptanteil des im Bindearm vereinigten Tractus cerebello-mesencephalicus und cerebello-diencephalicus. Einen Ursprungsort von Bindearmfasern bilden nach W i n k l e r auch mediale Kleinhirnkernkerne, laterale und mediale Eigenkerne des Bindearms, das Corpus juxtarestiforme und dessen Umgebung, auch der Nucleus triangularis. Dazu kommen Begleitfasern aus dem großen sensiblen Quintuskern und dem Kern der lateralen Schleife. Unsicher sind Beziehungen zum Kern der spinalen Trigeminiwurzel.

Wo enden die Bindearmfasern? Abgesehen von den vor der Kreuzung zur gleichseitigen *Formatio reticularis* und nach der Kreuzung bis zur unteren Olive absteigenden Fasern bleibt die Hauptmasse im gekreuzten roten Haubenkern. Der Rest endet nach A l l e n im medialen Abschnitt des gekreuzten ventralen Thalamuskerns und über die *Massa intermedia* rückkreuzend im gleichseitigen, weniger medialen Kern, in der *Zona incerta*, *Formatio reticularis thalami* und der *Regio subthalamica*, vorher gibt der Bindearm Fasern zur *Formatio reticularis* des Mittelhirns und zum Okulomotoriuskern ab, W i n k l e r nimmt auch Trochleariskernendigungen über das hintere Längsbündel an. Beim Kaninchen lassen sich nach eigenen Untersuchungen die Bindearmfasern nach der Kreuzung in den roten Haubenkern, den Okulomotoriuskern, in den Nucleus supramammillaris, in mediale und ventro-mediale Thalamuskernkerne bis zu deren Frontalpol, sowie nach zweiter Kreuzung innerhalb der *Massa intermedia* zum gleichseitigen medio-ventralen Thalamuskern verfolgen, wo sie ganz frontal an dessen dor-

saler Grenze gegen den Nucleus anterior aufsplittern. Auch der rote Haubenkern steht mit ventro-medialen Thalamusgebieten in Verbindung. Seine neencephaler kleinzelliger Anteil aber erhält bereits Fasern aus der Großhirnrinde und den Basalganglien, der überwiegenden Mehrheit nach zentrifugalen Charakters. Daß er außerdem in Faserbeziehungen zu den Nuclei profundi mesencephali, zum Forelschen Felde, zum Subthalamus und Hypothalamus tritt, ist gesicherter Besitz, und ich habe dem bereits Bekannten nichts Wesentliches hinzuzusetzen.

Die Leitung visceral-sensibler Reize hatten wir im Rückenmark einmal in dem Vorderseitenstrang nahe den Schmerz-Temperatursinnfasern des Tractus spino-thalamicus und spino-tectalis vermutet, außerdem aber Längsleitungen innerhalb des zentralen Höhlengrau angenommen. Die weitere Verfolgung dieser Bahnen ist dadurch erschwert, daß sie zu einem erheblichen Teil wahrscheinlich aus marklosen Fasern bestehen, für deren Nachweis in degeneriertem Zustande bisher keine befriedigende Methode existiert und daß ihre Zahl in noch weit höherem Maße als die der extero-zeptiven Sekundärbahnen durch Faserabgabe an bulbäre, pontine und mesencephale Retikulariskerne reduziert wird. Innerhalb des Hirnstammes werden wir den Vorderseitenstranganteil dieser Bahn in der *Formatio reticularis dorsal* von der medialen Schleife zu suchen haben.

Die sekundären Leitungen aus der bulbären visceral-sensiblen Kernsäule kommen aus dem dorsalen Anteil des Kerns der spinalen Trigeminuswurzel und des intra-pontinen Quintuskerns, ferner dem Kern des Fasciculus solitarius mit seiner frontalen Fortsetzung. Sie besitzen einen anderen Verlauf. Beim Kaninchen konnte ich nach Verletzung des intra-pontinen Trigeminuskerns ein gleichseitig und gekreuzt verlaufendes Faserbündel nachweisen, das reichlich Fasern zum mesencephalen Quintuskern und an die Kerne der *Formatio reticularis pontis et mesencephali* abgibt und nur mit wenigen Elementen zum *Centre médian* des Thalamus und dem zentralen Grau des dritten Ventrikels gelangt. Das Bündel ähnelt in seinem Verlaufe den von Cajal als „*vias centrales cortas del trigemino*“ beschriebenen Fasern. Ob es eine zentrale visceral-sensible Quintusbahn repräsentiert, oder ein von *Economio* dargestellter ungekreuzter Faserzug aus dem dorsalen Teil des intra-pontinen Quintuskerns diesen Namen verdient, der sich dem dor-

salen Anteil der exterozeptiven Trigemiusbahn dorsomedial anlegt und lateral von den Endstätten der ventralen Trigemiusbahn endigt, oder ob schließlich das von *Economio* und *Karplus* beim Affen gefundene gleichseitig degenerierende dünnfaserige „laterale Haubenbündelchen“ aus dem dorsalen Pol der Substantia gelatinosa des sensiblen Trigemius- und Glossopharyngeuskerns als Sekundärbahn visceral-sensibler Hirnnerven gelten kann, läßt sich auch heute noch nicht entscheiden. Wahrscheinlich enthalten auch die bereits erwähnten Verbindungen der medialen Schleife zur Substantia nigra sekundäre viscerale Leitungen, zumal *Economio* durch Verfolgung cortico-nigraler Bahnen aus dem Schluck- und Kauzentrum der Großhirnrinde es plausibel gemacht hat, daß in der Substantia nigra unter anderem ein komplizierter zentraler Apparat für den Kau- und Schluckakt vorhanden ist. *v. Monakow* sah aus locker angeordneten, großen Zellen, ventral vom Solitärbündel, sowie aus dem der Substantia gelatinosa des Bündels lateral anliegenden Grau Bogenfasern ausgehen, die dorsal von den Hinterstrangkernen kreuzen und einen neuen Schleifenanteil, die „Vago-Glossopharyngeusschleife“, zum Thalamus und indirekt zu Großhirnteilen bilden sollen. Dieser neue Schleifenanteil dürfte nach *v. Monakow* der sensiblen Innervation des Rachens, des Kehlkopfes und der Bronchien dienen, möglicherweise auch der Geschmack-Innervation. Auch *Allen* konnte beim Meerschweinchen aus frontalen Kernen des Solitärbündelkerns eine sekundäre Bahn für die allgemeine viscerale Sensibilität verfolgen, die wahrscheinlich in der medialen Schleife oder in ihrer nächsten Nähe läuft. Eigene Studien am Kaninchen lehrten mich, daß aus den faserarmen, frontalwärts an Größe zunehmenden dorsalen Abschnitten des Kerns der spinalen Quintuswurzel, der wahrscheinlich die Quintusäste für Mund- und Zungenschleimhaut aufnimmt, eine gekreuzte sekundäre Bahn zu dorsalen Teilen der *Formatio reticularis*, und über die *Lamina medullaris interna* in den *Nucleus medialis thalami* bis an das zentrale Höhlengrau des dritten Ventrikels hin läuft, weiter frontal auch bis zur dorsalen Grenzschicht des ventralen Thalamus. Vergleichende Untersuchungen ergaben, daß zwischen der Ausdehnung des visceralen Anteiles des spinalen Trigemiuskerns einerseits und des für die Endigung seiner sekundären Leitung mutmaßlich bestimmten Thalamusareals — soweit sie nicht schon in kaudalen Ebenen erfolgt — anscheinend ein konstan-

tesVerhältnis besteht. Dazu kommt als sekundäre visceral-sensible Bahn aus der Blasenmastdarmgegend mutmaßlich das oben geschilderte bulbo-mamillare Bündel aus dem Pedunculus corporis mamillaris zum Corpus mamillare.

Die Ungewißheit über den Verlauf der sekundären sensiblen Visceralleitung ist um so bedauerlicher, als bei niederen Vertebraten sehr reichliche Verbindungen der visceral-sensiblen Bulbärkerne mit dem Hypothalamus längst nachgewiesen sind. Im Rückenmark konnten wir mit einiger Wahrscheinlichkeit Zellgruppen und Längsfaserzüge innerhalb der Substantia gelatinosa centralis als wesentliche Bestandteile visceral-sensibler Leitung ansehen. Es liegt deshalb nahe, auch in den zahlreichen Kernen innerhalb des bulbären pontinen und mesencephalen Höhlengrau Stationen des sekundären visceral-sensiblen Systems zu vermuten. Wir sind aber heute noch nicht imstande, hier klar zu sehen, und wissen auch nicht, ob die großen markarmen und marklosen Längszüge im zentralen Grau des Mittelhirns dem viscerosensiblen System zuzurechnen sind.

Wo endigen die sekundären sensiblen Systeme, soweit sie bis in das Zwischenhirn vordringen? Wir können heute feststellen, daß bei allen Säugern diese Endigung lediglich in ventro-lateralen Kerngruppen des Thalamus, im Forelschen Nucleus arcuatus, im Centre médian de Luys und in angrenzenden Teilen des Nucleus medialis bis zum zentralen Grau stattfindet. Nach Környei ist der kaudale Teil des ventro-lateralen Kerns Endbezirk der medialen Schleife, der mittlere Abschnitt für die Radiatio rubro-conjunctivotalamica aus rotem Haubenkern und Bindearm, während im frontalen Abschnitt pallido-thalamische Fasern endigen. Findet auch keine scharfe Trennung zwischen den Fasern der medialen Schleife, der Trigemusschleife und des Bindearms auf der einen Seite, den spino- und quinto-thalamischen Systemen auf der anderen statt, haben wir auch überall mit Übergängen zu rechnen, so lassen sich doch auf Grund eigener degenerativer und vergleichend anatomischer Studien heute noch wie vor 20 Jahren über die Zwischenhirnendigung sekundärer sensibler Fasern folgende Regeln aufstellen: Innerhalb des Thalamus der Säuger können wir einen phylogenetisch alten ventro-medialen Abschnitt, einen Archithalamus, dem sich der Hypothalamus anschließt und der vorwiegend Endpunkt oktavolateraler, cerebellarer und anderer propriozeptiver Bahnen

ist, abtrennen von einem phylogenetisch jüngeren dorso-lateralen Teile, dem Neothalamus, der bei Vögeln, Teleostiern und Selachiern noch vorwiegend dem Mittelhirn angehört und als Endstation somatisch-sensibler, das heißt exterozeptiver Bahnen angesehen werden kann. Innerhalb des für die Endigung sekundärer somatisch-sensibler Bahnen im dorsalen und lateralen Thalamus bestimmten Areals fand ich bei Säugern, besonders dem Kaninchen, das Gesetz von der exzentrischen Lagerung längster Bahnen in der Weise durchgeführt, daß die dem Rückenmark entstammenden Fasern hauptsächlich im ventro-lateralen Teile des Nucleus lateralis endigten, die sekundäre Trigeminiusbahn aus der kaudalen Oblongata im dorso-medialen Teile dieses Kerns sowie im Nucleus arciformis, die aus frontaleren Oblongatateilen im Centre médian de L u y s. An der ventro-medialen und dorso-medialen Grenze des für die exterozeptive Faserung bestimmten Areals finden sowohl bei Säugern wie bei Vögeln, Teleostiern und Selachiern Übergänge in die Endstätten oktavo-lateraler, cerebellärer und anderer propriozeptiver Bahnen statt: ventromedial in die Endstätten der Hinterstrangkernschleife, dorso-medial in die Ausstrahlungszonen der Bindearmfasern, der Trigeminiusschleife und des hinteren Längsbündels. Selbstverständlich kommt neben der Ordnung nach dem Ursprung aus verschiedenen Höhen, wie ich bereits früher ausgeführt habe, als entscheidend auch das topische Verhältnis der einzelnen sensiblen Kernteile auf dem Querschnitt in Betracht.

Im einzelnen gestaltet sich der Aufbau des Thalamus, soweit er Endstätte sekundärer sensibler Bahnen ist, in der Weise, daß in ventromediale Kernteile des ventralen Thalamuskerns kaudal vorwiegend Schleifenfasern aus dem G o l l s c h e n Kerne über die Lamina medullaris externa einstrahlen, während die Fasern aus den B u r d a c h s c h e n Kernen im mittleren, weniger in lateralen Abschnitten des ventralen Kernes endigen. F r o n t a l von den Endstätten der Fasern aus dem G o l l s c h e n Kerne endigen Bindearmfasern nebst rubro-thalamischen im medialen Abschnitt des ventralen Kernes bis zu seinem frontalen Pole. Seine Fasern lassen sich darüber hinaus in medio-ventrale und mediale Kerne verfolgen. Daß Bindearmfasern auch über die Massa intermedia kreuzen und in den gleichseitigen medio-ventralen Thalamuskern bis zum frontalen Pol aufsplittern, habe ich bereits erwähnt. Diese

Neigung zu doppelseitiger Endigung entspricht einer allgemeinen Eigenart cerebellarer und vestibularer Faserungen. Ich verweise hier nur auf die zahlreichen intracerebellaren und extracerebellaren Kommissuren, vor allem auch auf die Haubenkommissur der Flocculi, die der Bindearmkreuzung ventral angelagert ist. Spitzers „ventrales Haubenbündel“, die Trigeminiusschleife, endigt in medialen Teilen des Nucleus arcuatus und des Centre médian. Einfacher gestaltet sich die Thalamusendigung somatisch-sensibler Systeme: Der Tractus spino-thalamicus läßt sich, soweit er nicht in Retikulariskernen sein Ende findet, in lateralste Teile des ventro-lateralen Thalamuskerns verfolgen, lateral begrenzt vom medialen Rande des Corpus geniculatum mediale. Dorso-medial von dieser spinalen Bahn endigen die Fasern aus dem ventralen und kaudalen Abschnitte der Endkernsäule der spinalen Trigeminiusswurzel, im dorso-lateralen Teile des ventralen Kernes und im Nucleus arcuatus. Frontalere Abschnitte des Kernes der spinalen Trigeminiusswurzel senden ihre sekundäre Faserung zum Centre médian, dorsale und proximalste Teile, für die Innervation der Lippen-, Zungen-, Mundschleimhaut bestimmt, ziehen vorwiegend über die Lamina medullaris interna in den Nucleus medialis bis an das zentrale Höhlengrau, in frontalen Thalamusebenen auch zur dorsalen Grenzschicht des ventralen Kernes. Die Vereinigung exterozeptiver, propriozeptiver und zum Teil auch interozeptiver Quintusbahnen im Centre médian und seiner medialen bzw. ventralen Nachbarschaft gibt eine ausreichende Basis für die Bedeutung dieser Teile als mimisches Zentrum und dessen Verbindung mit vasomotorischen und anderen autonomen Systemen. Daß auch sekundäre Bahnen aus dem sensiblen Vagus und Glossopharyngeus in medio-dorsalen Teilen des Centre médian oder in medialen Thalamuskernen bis zum zentralen Höhlengrau der Ventrikelwandung endigen, ist sehr wahrscheinlich, wenn auch bisher nicht ausreichend erwiesen. Auf den engen Zusammenhang dieses vermutlich visceral-sensiblen Zentrums mit den für die Allgemeingefühle in Anspruch genommenen Kernen und Leitungsbahnen innerhalb des zentralen Grau brauche ich in diesem Kreise nicht erst hinzuweisen. An einer erheblichen Lücke unserer Kenntnis von der Thalamusendigung sekundärer exterozeptiver Fasern aber darf ich nicht vorübergehen. Bisher wissen wir keine Antwort auf die Frage: Wo endigen die tertiären Bahnen aus den Retikulariskernen der Ob-

longata, der Brücke und des Mittelhirns, die wir als sekundäre Zentren eines großen Teils der exterozeptiven Sensibilitätsleitung kennengelernt haben?

Bevor ich in weitere Charaktereigenarten der einzelnen sekundären Systeme bei ihrer Zwischenhirnendigung eingehe, möchte ich mir eine kurze Bemerkung zur Nomenklatur gestatten: Es sind in den letzten beiden Jahrzehnten eine große Anzahl von Namensgebungen für die einzelnen Thalamuskern herausgekommen: Ich nenne nur die Namen Flechsig, v. Monakow, Cajal, Nissl, Sachs, Malone, Friedemann-Vogt, Jacobson-Neiding, d'Hollander, Gurdjian, Foix und Nicolesco, vermute aber, daß es noch viel mehr Einteilungen gibt. Alle diese Nomenklaturen werden sicher nach allen Richtungen hin gut begründet sein. Die einzelnen Namen decken sich aber häufig nicht, und es ist daher die Frage schwierig zu beantworten, welchen Bezeichnungen der Vorzug gebührt. Ich werde mich im wesentlichen an die altbewährte Nomenklatur von Monakow. Obersteiner, Marburg und Edinger halten mit einigen Modifikationen, die bedingt sind durch die Lokalisation sensibler Felder. Erwarten Sie in dem knappen Rahmen eines Referates auch kein näheres Eingehen auf Cytoarchitektonik, Myeloarchitektonik und Myelogenese der einzelnen Kerne, so wichtig sie auch für die Beurteilung ihres Ursprungs und ihrer Funktion sein mögen.

Die Zwischenhirnendigung des propriozeptiven Systems im weitesten Sinne, also der Hinterstrangkernschleife, des Bindearmes und der rubro-thalamischen Faserung besitzt gegenüber der des exterozeptiven Systems eine ganz besondere Eigenart: Während die letztere im wesentlichen nur im Thalamus endigt, während auch seine Endkerne bis auf verhältnismäßig geringe striopallidäre Verbindungen lediglich mit der Großhirnrinde in Verbindung stehen, besitzen die ersteren sehr enge Beziehungen zum Hypothalamus direkt und indirekt sowie zum Pallido-Striatum über ihre thalamischen Endkernbeziehungen, die von ihren thalamo-kortikalen Strahlungen an Umfang kaum übertroffen werden. Sah doch Ferraro beim Hunde besonders mediale Partien des Thalamus ganz unabhängig vom Neencephalon. Die hypothalamische Ausstrahlung medialster Schleifenfasern aus sakralen Teilen des Gollischen Kernes über den Pedunculus corporis mamillaris in das Corpus mamillare habe ich bereits geschildert. Daneben laufen aber aus dem

Endpol der medialen Schleife, besonders ihrer medialen Teile, direkte Fasern in den Hypothalamus, in laterale Kerne des Mammillare, in die Zona incerta und deren Nachbarschaft, auch zur Substantia nigra dringen sie. Noch enger sind die Beziehungen des Bindearms zum Hypothalamus. Wir sahen eine Anzahl seiner Fasern im Nucleus supra-mamillaris, im Grau des Forel'schen Feldes endigen. Greving beschrieb als Fasciculus thalamo-infundibularis, Tractus supraopticus superior und Tractus paraventricularis cinereus Verbindungen des medio-ventralen Thalamus mit Kernen des Tuber cinereum, die unter anderm die zentripetale Leitung vom Thalamus zum Hypothalamus vermitteln helfen. Außerdem verknüpft auch der untere Thalamusstiel den Kern des Tuber, der Tractus supraoptico-thalamicus den Nucleus supraopticus mit dem Thalamus. Zweifelhaft ist noch die Stellung des Forel'schen Bündels H_1 , das von der Mehrzahl der Autoren als pallidäre Verbindung mit dem Thalamus angesehen wurde. Nach Loewy verknüpft es zwar im wesentlichen die Regio infundibularis mit dem Corpus striatum, enthält aber wohl auch Thalamusfasern, trotz der Einwände von Ferraro.

Die Beziehungen des Thalamus zum Striatum und Pallidum sind phylogenetisch sehr alt. Wenn auch die strio-thalamische und pallido-thalamische Faserung bei weitem überwiegt, so bestehen doch zweifellos thalamo-pallidale und thalamo-striatale Leitungen, die besonders von medio-ventralen und ventralen Thalamusgebieten — wieder Endpunkten propriozeptiver Bahnen — ausgehen. Cécile und Oskar Vogt sahen aus ventro-medialen Kernen des Thalamus (neben dem Hypothalamus) Fasern zum Striatum und Pallidum gelangen. Marburg beschreibt zwar auch aus lateralen Thalamuskernen thalamostriäre Verbindungen, vor allem aber aus dem medio-ventralen Kerngebiet über H_1 . Lothmar hält thalamo-pallidale und thalamo-striatale Fasern, besonders aus dem mittleren ventralen Thalamuskern, „m v“ aber auch aus „t“ und „n, c F“ Vogts für erwiesen, Pollak und Jakob beschrieben striopetale Fasern auch aus dorsaleren Abschnitten des ventro-lateralen Thalamuskerns. Flechsig sah thalamo-pallidäre Fasern aus dem vorderen Thalamuskern sowie aus dem vorderen Abschnitt des medialen und lateralen Kerns. Nach Foix und Nicolesco treten die Fibrae thalamo-lenticulares über den hinteren Schenkel der inneren Kapsel aus mittleren Teilen des Tha-

lamus zum Linsenkern; die *Fibrae thalamo-caudatae* über den vorderen Schenkel aus vorderen unteren Partien des Thalamus zum Schweifkern, während die *Ansa lenticularis* und das Bündel H_2 mit dem ventro-medialen Thalamus und den der *Regio periventricularis* benachbarten Gebieten verbunden sind.

Auf die vom Striatum und Pallidum zum Thalamus ziehenden Fasersysteme, die in den letzten Jahren besonders eifrig vom Ehepaar Vogt und der Marburgschen Schule studiert worden sind, will ich hier nicht weiter eingehen. Bei niederen Vertebraten bilden sie den Hauptteil des lateralen Vorderhirnbündels, den *Tractus strio-thalamicus* von Edinger; die cortico-thalamische und cortico-hypothalamische Faserung hindert bei Säugern vielfach ihre restlose Darstellung. Auch die seit v. Monakow wenig erforschten thalamo-tektalen und thalamo-nigro-tektalen, auf dem Umwege über die *Substantia nigra* zum Mittelhirndach laufenden Fasern sollen hier unerörtert bleiben, ebenso andere zum Mittelhirn und weiter spinalwärts absteigende Thalamusbahnen, deren Existenz von Probst bestritten wurde, von Bechterew, Boyce und später von mir aber nachgewiesen werden konnte.

Bevor ich zu den kortikalen Verbindungen thalamischer Endkerne der sekundären sensiblen Bahnen übergehe, muß ich einen wichtigen, bisher nicht restlos aufgeklärten Befund von Ernest Sachs erwähnen, den er bei Katzen nach intra-thalamischen Läsionen erheben konnte. Er sah weder aus dem kleinzelligen *Centre médian*, noch vom *Nucleus arcuatus* irgendeine Rindenverbindung, diese seien vielmehr lediglich als Assoziationskerne zwischen die verschiedenen Kerne des Thalamus eingelagert. Auch Ferraro fand beim Hund nach Entfernung der Großhirnrinde besonders die mediale Partie des Thalamus ganz unabhängig vom Neo-cortex. Wie weit dabei eine Art phylogenetischer Verkürzung in dem Sinne eingetreten ist, daß Zentren, die bei niederen Vertebraten noch im Mittelhirn gelegen und mit dem Thalamus durch tekto-thalamische oder mesencephalo-thalamische Fasern verknüpft sind, bei den Säugern bereits dem kaudalen Thalamus sich angliedern und deshalb mit frontalen Kernen in intra-thalamischer Verbindung stehen, lasse ich hier unerörtert. Faserassoziationen finden im übrigen mit Sicherheit auch innerhalb des Bereiches der übrigen Thalamuskern statt.

Alle Versuche, den Zusammenhang der Thalamuskern mit der

Großhirnrinde zu erforschen, stehen auf dem soliden Untergrund M o n a k o w s cher Ergebnisse. Als eigentliche Träger der sensiblen Leitung vom Thalamus zum Pallidum können in erster Reihe die z e n t r i p e t a l e n , also thalamo-kortikalen Verbindungen bezeichnet werden. P r o b s t hatte schon vor einem Menschenalter M o n a k o w s che Resultate durch intra-thalamische Verletzungen beim Hunde und der Katze bestätigt und gleichzeitig auch die Bahn der thalamo-kortikalen Fasern als ein Stratum sagittale externum der inneren Kapsel von dem Stratum sagittale internum der cortico-thalamischen abgetrennt. Er sah im allgemeinen vordere und mittlere Kerngruppen mit frontalen Rindenabschnitten, kaudale mit occipitalen Teilen verknüpft. Der M u n c k schen Kopffregion entsprach etwa der medio-kaudale Teil des Nucleus ventralis b (M o n a k o w), medialis b, vielleicht auch das zentrale Höhlengrau. S a c h s sah im Gegensatz dazu den medialen Thalamuskern in Verbindung mit dem Nucleus caudatus und dem Rhinencephalon, das mittlere und ventrale Drittel des Lateralkerns mit motorischen Rindenzentren und die ventrale hintere Abteilung mit der Temporalrinde. M e i e r - M ü l l e r und M i n g a z z i n i bestätigten ebenfalls im allgemeinen die Resultate v. M o n a k o w s. M i n g a z z i n i speziell läßt den dorsalen Thalamus frontal in Verbindung treten mit dem Lobulus-paracentralis, kaudal mit dem Lobulus praefrontalis, parietalis₂ und Operculum rolandicum, den frontalen Teil des Nucleus ventralis anterior mit der Pars opercularis, der zweiten und dritten Frontalwindung, Gyrus praecentralis plus Operculum, den Nucleus ventralis b mit dem Gyrus supramarginalis und der hinteren Hälfte des Gyrus postcentralis, den frontalen Pol des Nucleus lateralis mit präfrontalen Windungen, den kaudalen mit dem unteren Scheitelläppchen, die mittleren zwei Viertel mit dem Gyrus praecentralis und dem oberen Teil des Gyrus postcentralis. Q u e n s e l läßt den Nucleus ventralis M o n a k o w s mit dem Operculum Rolandi und dem unteren Teil der Zentralwindungen, den vorderen lateralen Kern mit dem Frontalhirn verbunden sein. Auch das Centre médian und der schalenförmige Körper besitzt nach ihm Beziehungen zu den Zentralwindungen.

In Ihrer aller Gedächtnis werden wohl noch die grundlegenden Arbeiten N i s s l s über Großhirnanteile des Kaninchens sein. Nach der Wegnahme des Großhirns zeigten sämtliche Thalamuskernschwerste Zellveränderungen, mit Ausnahme der Ganglia habe-

nulae, des Nucleus praebigeminis und der ventralen Abteilung des Genuculatum externum, intakt blieb auch der winzige Nucleus parapendymalis. Alle übrigen sind also im Sinne E d i n g e r s zu neothalamischen Abschnitten geworden.

In den letzten Jahren hat M i n k o w s k i bei Affen für alle neokortikalen Windungen eine cortico-petale, cortico-fugale, assoziative und fast überall auch eine kommissurale Faserung festgestellt. Dabei ergab sich, daß die Regio postrolandica ihre cortico-petalen Fasern aus dem hinteren Drittel des Dorsolateralkerns, dem ventralis a, ventralis b und der Zona reticulata bezieht, während die Regio praerolandica mit dem dorsolateralen, ventrolateralen und ventromedianen Kern, ferner mit dem Corpus Luys und der Zona reticulata corticopetal verbunden ist. Die Parietalregion besitzt Beziehungen zu dem Dorsolateralkern mit ventralis a, b und c. Dem Gyrus angularis fließen Fasern aus dem Pulvinar, aus ventralis anterior, Nucleus anterior und Mediankern A, aber auch aus dem Pallidum zu, der Regio frontalis aus dem Dorsolateralkern, dem vorderen Ventrialkern, Nucleus anterior und Mediankern A.

Über den Verlauf der sensiblen Projektionsbahn aus dem Thalamus der Rinde läßt sich folgendes sagen: Nach W e n d e r o w i c z zieht sie über den hinteren Schenkel der inneren Kapsel zu beiden Zentralwindungen (vielleicht auch außerhalb derselben), aber sicher nicht zum Gyrus supramarginalis. In der vorderen Zentralwindung mischen sich ihre Fasern untrennbar mit den motorischen Bahnen. Alle corticopetalen Projektionsfasern endigen nach W e n d e r o w i c z mehr am Boden und angrenzenden Lippen der Furchen wie an der Konvexität der Windungen.

v. E c o n o m o läßt in Übereinstimmung mit P f e i f f e r die „Taststrahlung“, d. i. die Summe der zur hinteren Zentralwindung führenden Nervenfasern, zum größten Teil aus dem Zentralkern und dem ventrolateralen Thalamuskern entspringen, über die Grenzlamelle der Gitterschicht zwischen Thalamus und Capsula interna zur inneren Kapsel ziehen, diese diagonal durchqueren und dann von unten innen nach außen oben aufsteigen. Nach vorn, den Fasern der Pyramidenbahn dicht angeschlossen, zieht dann die Taststrahlung für die ventralen Teile der Centralis posterior über den oberen Rand des Linsenkerns nach außen und oben in den Stabkranz des Operculum und an die untere Partie der hinteren Zen-

tralwindung. Die Taststrahlung für die oberen Partien der hinteren Zentralwindung geht durch den retikulo-lentikulären Kapselabschnitt, eng vor die Sehstrahlung gelagert, etwas weiter kaudalwärts als der vordere Teil der Taststrahlung, legt sich der Sehstrahlung dorsal an und steigt dann erst nahezu senkrecht nach vorne und oben in obere Abschnitte der hinteren Zentralwindung. Ähnlich schildern nahezu alle neueren Autoren den Verlauf der Taststrahlung. F l e c h s i g s Taststrahlung aber reicht noch in die vordere Zentralwindung hinein. v. E c o n o m o lokalisiert den reinen Hautsinn, die Tastsphäre im engeren Sinne mit einiger Wahrscheinlichkeit in der Vorderwand der hinteren Zentralwindung, den Muskelsinn vor allem in der Hinterwand, vielleicht noch auf vordere Teile des Gyrus supramarginalis übergreifend. Je mehr sich ein Herd dem Sulcus Rolandi nähert, desto mehr sei Oberflächensensibilität, der Hautsinn, je mehr er sich nach hinten von ihm entferne, desto mehr die Lage- und Bewegungsempfindung gestört, wie bereits v. M o n a k o w vermutet hatte. Vielleicht ist der „Konio-cortex PB₁“ ausschließlich und allein der Rindenteil, in dem der primäre Reiz aller Tastqualitäten eintritt und somit als reines einfaches Empfindungselement zum Bewußtsein dringt, und erst von hier aus kämen durch Kombination mehrerer solcher Empfindungselemente und durch Vermittlung anderer Rindenteile Empfindungen zustande, die dann, wie es scheint, in die übrigen Areale der Centralis posterior zu lokalisieren seien. Dabei handele es sich aber nur um einen gewissen Teil der Intelligenz und speziell des Verstandes. Alle Lokalisationen psychischer Elemente seien nur cum grano salis aufzufassen, alle seelischen Vorgänge seien Ganzleistungen der Rinde im Sinne G o l d s t e i n s und v. M o n a k o w s.

Auch G o l d s t e i n sieht als sensibles Rindenzentrum die hintere Zentralwindung und angrenzende Partien des Scheitellappens an, glaubt den Muskelsinn besonders in den Gyrus supramarginalis, die Gnosis für Tasteindrücke vorzüglich in die hintere Zentralwindung, die Stereognose in den Gyrus supramarginalis und angularis, eventuell auch in Teile des Occipitallappens verlegen zu müssen.

Für K l e i s t ist das Rindenorgan der bewußten Sensibilität gleichfalls die hintere Zentralwindung und wahrscheinlich ein kleines Stück der parietalen Rinde, soweit sich B r o d m a n n s Feld 2

auf dieselbe erstreckt. Es enthält neben topographischen Anordnungen nach Körperteilen und Segmenten assoziative Zusammenfassungen sensibler Punkte nach lateralen und medialen, dorsalen und ventralen Bezirken. Die Topographie in der hinteren Zentralwindung entspricht etwa der von Vogt und Förster für die vordere Zentralwindung angegebenen. Von dorsomedial und kaudal in frontaler und ventrolateraler Richtung folgen sich Genitoanalzone, Zehen, Fuß, Unterschenkel, Oberschenkel, Rumpf, Oberarm, Unterarm, Hand, Finger, Hals, Hinterkopf, Mund, Gesicht, Zunge, Geschmack. Für Anogenitalzone, Rumpf, Hals, Gesicht sollen die Segmentfelder innerhalb der Gliedfelder parallel, für Arm und Bein schräg-diagonal angelegt sein. Mediale Teile seien bilateral versorgt. Innerhalb der sensiblen Rinde kämen Kraft-, Schmerz-, Temperaturempfindungen wahrscheinlich in vorderen Brodman-Vogtschen Feldern 3a, 3b und 1 zustande, die auf gleiche Bestandteile zurückgehenden Druck- und Bewegungsempfindungen im hintersten Feld 2. Die Stereognose sei möglicherweise als verwickelste räumliche Funktion in dem auf die Parietalrinde übergreifenden Teil des Feldes 2 gelegen.

Ähnliche Ansichten finden wir bei einer ganzen Reihe von Autoren mit geringen Variationen wieder. Förster dagegen, der im übrigen Vogts Ergebnisse bezüglich der haarscharfen Begrenzung zytoarchitektonischer und myeloarchitektonischer Rindenfelder bestätigt, auch weitgehender somatotopischer Gliederung innerhalb der Regio post-rolandica das Wort redet, glaubt nicht, daß es getrennte Rindenareale für die einzelnen Gefühlsqualitäten gibt, daß diese vielmehr in getrennten Schichten der gleichen Rindenstelle zustande kommen. Die Grundlagen für diese Hypothesen lassen sich anatomisch kaum nachprüfen, dagegen besitzen wir in der Strukturähnlichkeit kaudaler Teile der vorderen Zentralwindungen mit der des sensiblen Rindengebietes genügende Anhaltspunkte für die Erklärung einer Beteiligung prärolandischer Gebiete an der kortikalen Sensibilität, wie sie uns von Dusser de Barenne und seinen Mitarbeitern so klar vor Augen geführt worden ist. Eine besondere Betrachtung erfordert die Frage nach der Ursache der häufigen Kombination kortikal entstandener Sensibilitätsstörungen des Mundwinkels und Daumens, des Daumens und der großen Zehe. Goldstein, der sie besonders eingehend studiert hat, glaubt sie in der räumlichen Verbindung der Zentren begrün-

det, während Niessl v. Mayendorf eine gemeinsame arterielle Gefäßversorgung dafür verantwortlich macht.

Über die kortikale Lokalisation anovesikaler Zentren sind wir in den letzten Jahren nicht viel über Bechterews und Adlers Angaben hinausgekommen. Da Adler seine Hypothesen über kortikale Blasenzentren wenigstens zum Teil auf meine eigenen anatomischen Befunde stützt, möchte ich die Gelegenheit benutzen, sie in Kürze zu berichten. Der sakrocoecygeale, vermutlich anovesikale Anteil der propriozeptiven Leitung, den ich über den Pedunculus corporis mammillaris zum äußeren und mittleren Kern des Mammillare beim Kaninchen verfolgen konnte, scheint seine cerebrale Fortsetzung in zentripetalen Fasern des Fornix longus zu haben, die den Balken durchbohren und im Gyrus fornicatus ihr Ende finden. Damit wäre eine anatomische Grundlage für die Lagerung kortikaler Zentren an der medialen Hemisphärenfläche geschaffen, soweit sie untersten Sakralsegmenten entsprechen und ein Beweis für die Gültigkeit des Gesetzes von der exzentrischen Lagerung längster Bahnen auch für die gegenseitige Lage sensibler und motorischer Rindenzentren, wenn wir die Drehung zentraler Bahnen aus Mittel- und Zwischenhirn auf ihrem Wege zur Rinde berücksichtigen. Smirnow bestätigt im allgemeinen Adlers und Bechterews Ansichten und verlegt auch andere viscerale Rindenzentren in die Nähe des Blasenzentren, alle doppelseitig wirkend. Dennig dagegen glaubt in der Nähe des Hüftzentrums, und besonders nahe dem Fußzentrum, ein motorisches Rindenzentrum für die Blase vermuten zu dürfen. Über die Funktion dieser Zentren sei aber nichts Sicheres bekannt. Für das Freibleiben der Anogenitalsphäre (und Oralsphäre) bei kortikalen Sensibilitätsstörungen gibt es bisher ebensowenig eine anatomische Erklärung, wie für die gleiche Erscheinung bei spinalen und subkortikalen Läsionen.

Auf die Zyto- und Myeloarchitektonik der sensiblen Rindenfelder hier einzugehen, hieße Eulen nach Athen tragen. Sie kennen alle die gewaltigen Fortschritte, die uns nach Brodman in den letzten Jahren durch Vogt, Rose, durch Economo-Koskinas und Marburg beschert worden sind, Sie wissen aber auch, je sorgfältiger die Studien, um so größer die Divergenz der Ergebnisse. Ich kann mich mangels eigener Erfahrung nicht an der Aussprache über die schwebenden Fragen be-

teiligen: Sind die einzelnen Rindenfelder scharf begrenzt, oder zeigen sie Übergänge? Entspricht dem Mosaik der Areale auch ein Mosaik des Bewußtseins und des Unterbewußtseins? Liegen an der Grenze der sensorischen Felder schmale parasensorische Zonen mit großen Pyramidenzellen in der Schicht 3_c? Entsenden die letzteren vielleicht Axonen, die zur Einstellung auf den Sinnesreiz dienen, ist der Übergang des oberen Scheitelläppchens gegen die Area praeoccipitalis und peristriata ein plötzlicher oder allmählicher? Kann die sechste Schicht noch als einheitlich gelten, oder zerfällt sie regelmäßig in zwei getrennte Lager? Welche Bedeutung besitzen die verschiedenen Grade der Verkörnelung in der primären Tastsphäre und die dadurch bedingten individuellen Differenzen in Lage und Schärfe der Grenzen?

Von prinzipiellem Wert erscheint mir das Überwiegen der reizempfangenden und assoziativen Lagen der Rinde in den Seitenwänden der Windungen, während in der Kuppe die inneren efferenten Laminae mehr hervortreten, so daß, wie E c o n o m o treffend sagt, die Wände den Reiz aufnehmen und die Kuppe ihn nach abwärts und nach außen abgibt. Ich weise ferner hin auf die schon von Brodman n betonte parallele Längsstreifenanordnung sensibler Zyto- und Myeloarchitektonik innerhalb der hinteren Zentralwindung und der Hinterwand der vorderen, über deren funktionelle Bedeutung noch keine Einigung zustande gekommen ist.

Meine Herren! In der Rinde hat die sensible Leitung ihr Ende erreicht. Ist damit auch das sensible System erschöpft? Die Frage stellen heißt sie verneinen. Ich meine nicht die Assoziationsbahnen der Rinde, ob sie als Tangentialfasern der Molekularschicht eng benachbarte Felder verbinden, oder ob sie in eigener, streng lokalisierter intragyraler Faserung weiter entfernte Rindenstellen verknüpfen, ich will hier auch nicht auf das große Kommissurensystem eingehen. Nein, zu den wichtigsten Bestandteilen des sensiblen Systems rechne ich die von der Rinde zum Thalamus und zu anderen subkortikalen Teilen absteigenden Bahnen, deren Ursprung vorwiegend in die fünfte und sechste Schicht Brodman n s zu verlegen ist. Wie gewaltig erscheint diese Faserung im Vergleich zu corticopetalen Verbindungen, insbesondere zum thalamo-kortikalen System! Fassen wir sie etwas näher ins Auge: Der neencephale kleinzellige Anteil des roten Kernes empfängt nach H a t s c h e k , M o n a k o w und L a S a l l e A r c h a m b a u l t Fasern nicht nur

aus Stirn- und Schläfenhirn, sondern auch aus beiden Zentralwindungen, die Substantia nigra wird nach *Flechsig* und nach *Déjérine* zwar hauptsächlich vom Frontallappen mit cortico-fugalen Fasern versorgt, aber *Flechsig* sah eine cortico-nigrale Leitung auch aus dem operkularen Teil der Zentralwindungen absteigen. Auch am Ursprung cortico-pontiner Faserung beteiligen sich unter andern Teile der sensiblen Rindensphäre, insbesondere das obere Scheitelläppchen. *v. Monakow* und *Roussy-Rossi* lassen selbst einen Teil der Pyramidenbahn zum Bulbus und Rückenmark in der Centralis posterior entspringen. Cortico-thalamische Bahnen sah *Flechsig* im wesentlichen aus den Zentralwindungen, der ersten Stirnwindung und anstoßenden Teilen des Gyrus fornicatus, weniger aus dem Parietooccipitalhirn absteigen, neuere Forschungen aber haben ergeben, daß sie von einem großen Teil der Konvexität ausgehen. *Oskar Vogt* verfolgte sie aus der Centralis anterior in den von ihm als va_1 bezeichneten Thalamuskern, aus der Centralis posterior in va — wohl in erster Reihe thalamo-kortikal, aus dem Cortex praecentralis (Area granularis frontalis) in den Kern ma .

Tsunesuki konnte degenerativ eine cortico-thalamische Strahlung aus der kaudalen Hälfte der zweiten Stirnwindung zum Nucleus medialis von *Monakows*, aus hinteren Partien der dritten Frontalwindung, der Rindenregion des Gesichtes benachbart, zum Nucleus medialis b , dem Endkern sekundärer Trigemusbahnen, aus dem übrigen Frontalhirn zum Nucleus lateralis und ventralis anterior, aus dem präzentralen Randwindungsgebiet in das Tuberculum anterius verfolgen. Die *Marchi*-Degenerationen nach Abtragung einzelner Rindenteile sah *de Villaverde* beim Kaninchen zum Teil den lateralen Thalamuskern lediglich durchdringen und erst weiter kaudalwärts endigen. Seine Angaben über cortico-thalamische Verbindungen aus der motorischen Rinde zu vorderen Kernen des Thalamus bedürfen wohl noch der Nachprüfung. *Minkowski* konnte bei seinen Affen aus der Regio praerolandica außer der Pyramidenbahn und außer Fasern zur Brücke auch solche zur Substantia nigra, zum roten Häubekern, zur Zona incerta, auch zum Caudatum und Pallidum degenerativ darstellen, die Regio postrolandica aber sendet, abgesehen von der starken Assoziationsfaserung, besonders zur Regio praerolandica und parietalis und von den Kommissurenfasern zwischen beiden Re-

giones prae- und postrolandicae, Fasern nahezu an die gleichen Endpunkte wie die vordere Zentralwindung. Minkowski beschreibt dann noch die bekannten Brückenfasern aus der Parietalregion und corticotektale Elemente aus dem Gyrus angularis zum vorderen Vierhügel. Die Regio frontalis steht in ganz ähnlichem corticofugalem Konnex mit dem Striatum und subkortikalen Teilen bis zum Rückenmark wie die Regio praerolandica. Die Thalamuskernere erscheinen nach Minkowski in folgender Weise mit der Hirnrinde verbunden: Das Pulvinar wird vom Gyrus angularis versorgt, der Dorsolateralkern, Monakows Lateralkern in seinem kaudalen Drittel vom oberen Scheitellappchen und der Centralis posterior, in seinem mittleren Drittel von der Centralis anterior, im vorderen Drittel vom Frontallappen im engeren Sinne. Der Ventral kern c ist vorne wahrscheinlich mit der Centralis anterior, im übrigen mit dem kaudalen Frontalhirn verbunden. Der Nucleus anterior nur mit der Frontalrinde in der Nähe der Centralis anterior, der Nucleus medianus A mit dem Frontallappen, der Nucleus medianus B mit der Centralis anterior. Minkowski bestätigt so in erfreulicher Weise durch seine Ergebnisse die in den letzten Jahren immer mehr sich bahnbrechende Anschauung, daß alle Windungen, wenigstens der Konvexität, cortico-petale und cortico-fugale Projektionsfasern besitzen, wenn auch in verschiedener Menge, ferner intra- und extra-kortikale Assoziationsfasern, Kommissurenfasern vielleicht mit einigen nicht unbestrittenen Ausnahmen. Die Existenz eines Stabkranzes für alle Gegenden der menschlichen Hirnrinde ist damit erwiesen.

Eine besondere Rolle unter den cortico-fugalen Strahlungen nehmen die von d'Hollander beschriebenen ein, die den Thalamus lediglich durchqueren und über den Nucleus reticularis, besonders aber auf dem Wege durch den Nucleus posterior thalami, Edingers Nucleus praetectalis als cortico-praetektalpetale Fasern zur Intermediärschicht des Mittelhirndaches ziehen. Außer diesen tiefen cortico-tektalen Fasern sah d'Hollander noch oberflächliche über Hirnschenkelfuß und Corpora geniculata zum Endziel gelangen, und speziell solche, die sich dem Tractus opticus anschlossen und in oberflächlichen Schichten des Tectum endigten.

Meine Herren! Wir sahen die cortico-fugale Faserung, soweit sie in dem sensiblen Rindengebiet im engeren Sinne entstand, im Thalamus, im Praetectale, im Tectum und in der Substantia nigra

endigen, als Bestandteile der Pyramidenbahn bis zum Rückenmark gelangen, vor allem auch einen wesentlichen Anteil des cortico-pontinen Systems bilden. Diese parieto-pontine Faserung ist neuerdings besonders von *Winkler* eingehend gewürdigt worden. Er unterscheidet unter den parieto-pontinen Fasern drei Gruppen, von denen die eine lediglich Kollateralen der Pyramidenfasern an die benachbarten Brückenkerne enthält, wie sie bereits vor 30 Jahren von *Cajal* beschrieben wurden. Die zweite Gruppe endigt in ventro-medianen, kaudalsten Brückenkernen und kreuzt teilweise, die dritte Gruppe verbindet das Parietalhirn mit dem gleichseitigen Nucleus peduncularis längs der ganzen Ausdehnung der Brücke. Die Endigung fronto-pontiner Fasern in den Nuclei reticulares tegmenti, die Beziehungen dieser Kerne sowie des ventralen Kerns zum Wurm und den Hemisphären sind in der Hauptsache bereits bekannt.

Meine Herren! Wir sahen nahezu aus allen Teilen der Großhirnrinde Projektionsbahnen zum Subthalamus, zum roten Haubenkern, zur Substantia nigra, zur Brücke, zum Rückenmark laufen — ich möchte auch direkte cortico-cerebelläre Fasern dazu rechnen, die als sogenannte abnorme Pyramidenbündel über den Strickkörper zur Kleinhirnrinde ziehen. Daneben aber fanden wir eine erhebliche cortico-fugale Faserung zu einzelnen Thalamuskernen, die wir als Endstätten sekundärer sensibler Leitungen und, wenn auch zum Teil erst nach intrathalamischer Umschaltung, als Ursprungsstätten tertiärer Bahnen zur Großhirnrinde kennengelernt hatten. Innerhalb des Windungsmarkes nehmen sie anscheinend einen gesonderten Verlauf. Welches ist ihre Funktion? *Head* und *Holmes* sehen in ihnen ebenso wie in den cortico-tegmentalen Bahnen *d'Hollands*, die den Thalamus nur durchqueren und in den cortico-retikulären Elementen nichts anderes als Hemmungsfasern, die normaliter die Erregbarkeit der Thalamuszellen zügeln und inhibieren, in ähnlicher Weise wie die von mir bereits erwähnten cortico-spinalen Elemente im Hinterseitenstrang bzw. im Hinterstrang nach *Brown-Séguard* und *Fabritius* die Erregbarkeit des gleichseitigen Hinterhorns hemmen sollen. *Förster* nimmt zur Erklärung der Hyperästhesie bei Thalamusherden, konform mit *Goldstein*, daneben noch eine striäre Thalamushemmung an, einen Reflexbogen, dessen efferenten Anteil das Pallidum bildet, dessen afferenter Anteil aber im Thalamus liegt oder über den Thalamus dem Pallidum zuströmt. Für die afferenten

Impulse bildet dann der Thalamus gleich dem Hinterhorn einen Knotenpunkt, für die efferenten das Pallidum. So würde nach Förster neben der Rinde auch das Striatum normaliter inhibitorische Wirkung auf das Thalamusschmerzsystem ausüben können. Niessl v. Mayendorff glaubt, daß seine Stammstrahlung, die etwa der Gesamtheit cortico-fugaler Projektionen entspricht, in erster Reihe dem Zustandekommen der Gefühle und ihrer unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen dient, daneben aber Hemmungsbahnen für dieses subcorticale Bewegungsspiel bildet.

Ich selbst habe seit einer großen Reihe von Jahren einen anderen Standpunkt vertreten und sehe auf Grund klinischer Erfahrungen über Hemiaproxie und vergleichend anatomische Resultate in den cortico-thalamischen und cortico-meta-thalamischen Fasern, ebenso wie in der Mehrzahl der übrigen cortico-fugalen Systeme nichts anderes als zentrifugale sensorische Bahnen, die dazu bestimmt sind, Sinneszentren, seien es primäre, sekundäre oder tertiäre zu sensibilisieren, sie aufnahmefähiger zu machen für Reize, eine Art Akkommodation zu bewirken, wie sie bei jedem Aufmerksamkeitsakt in Erscheinung tritt. Haben wir doch solche zentrifugalen Sinnesbahnen auch im Opticus, im Olfactorius, im Vestibularis kennengelernt, und die bei Knochenfischen längst bekannten olfacto-optischen und bulbo-optischen Fasern beweisen ebenso wie die bereits erwähnte Verbindung trigeminaler mit parolfactorischen Zentren bei Vögeln, daß sie auch in anderen Sinneskernen und Zentren ihren Ursprung haben können. Ganz ähnlichen Gedankengängen hat auch Kappers in seinen früheren Arbeiten Ausdruck verliehen.

Meine Herren! Wenn ich Sie am Schlusse meines Berichts auf die überragende Bedeutung zentrifugaler Elemente für die Entstehung der Empfindungen und Wahrnehmungen, für den Vorgang der Aufmerksamkeit hinzuweisen versucht habe, so glaube ich mich in bester Übereinstimmung mit meinem verehrten Korreferenten von Weizsäcker, wenn er sagt: „Nur die physiologische Analyse trennt zentripetal-sensorische und zentrifugal-motorische Vorgänge. Biologisch betrachtet, handelt es sich wohl bei den Eindrucks- wie bei den Ausdrucksvorgängen um einen gemischten sensomotorischen Gesamttakt.“ Das sind Arbeitshypothesen, die sich auf anatomischem Wege allein nicht in die Wirklichkeit umsetzen lassen. Dazu brauchen wir den Physiologen und den Psy-

chologen. Wie aber auch in Zukunft die Entscheidung ausfallen mag, wir müssen damit rechnen, daß keine Empfindung, keine Wahrnehmung zustande kommt ohne einen aktiven, quasi motorischen Faktor, daß wir nicht imstande sind, das sensible System als solches herauszunehmen aus dem Getriebe des Zentralorgans — eine willkommene Bestätigung der Einheit, der Ganzheit des Nervensystems, wie sie uns in den letzten Jahren immer deutlicher zum Bewußtsein gekommen ist.

Zweiter Berichterstatter: M. v. Frey (Würzburg):

Die Gliederung des Tastsinns.

(Mit 17 Abb.)

Wer wie ich den märchenhaften Aufschwung der Augenheilkunde erlebt hat, weiß, was es bedeutet, wenn theoretische und klinische Wissenschaften einträchtig zusammenarbeiten. Ich glaube, daß nun auch die Zeit für die Neurologie gekommen ist, nachdem sie lange durch unentwickelte Methodik gehemmt gewesen ist. Freilich eines solchen Wurfes wie die Erfindung des Augenspiegels durch H. v. Helmholtz kann sich die Neurologie nicht brüsten. Man kommt aber auch ohne Siebenmeilenstiefeln vorwärts, wenn man nicht müde wird, Hypothesen zu spinnen und diese durch gewissenhafte Experimente und nüchterne Beobachtungen zu überprüfen. Hier kann die Physiologie von Nutzen sein und ich danke Ihnen, daß Sie einem Vertreter dieses Faches das Wort gegeben und mir die Ehre erwiesen haben.

Wenn ich freilich überlege, was die Physiologie Ihnen derzeit zu bieten imstande ist, so kann das nicht viel über die einfachsten Grundlagen hinausgehen. Immerhin sind auch diese von Wert, denn nur auf solchen läßt sich ein Bau errichten. Eine Frage, die dem Neurologen immer wieder begegnet, ist die nach der Gliederung des Tastsinnes, die Frage, wie viele Arten afferenter Nerven zu unterscheiden, wo ihre Empfänger oder Rezeptoren zu suchen sind und aus welchen Veranlassungen sie in Erregung geraten. Ich fasse dabei den Begriff des Tastsinns weiter, als es sonst üblich ist, indem ich in denselben alle Leistungen einbeziehe, die durch die afferenten Nerven des Rückenmarks vermittelt werden.