

Zur Frage der Lokalisation der Sensibilität in der Hirnrinde des Menschen.

Von

Prof. Dr. B. N. Mankowski, Kiew.

(Eingegangen am 11. März 1929.)

Die Frage hinsichtlich der Lokalisation der Sensibilitätsfunktionen in der Hirnrinde, hinsichtlich der Lokalisation der sog. Sensibilitätszone, und ihrer Verbreitung, über die Verteilung der einzelnen Sensibilitätsarten und speziell darüber, in welcher Weise die einzelnen Körperteile hier vertreten sind (somatotopische Lokalisation) ist bisher noch nicht vollkommen geklärt.

Eine solche Autorität auf diesem Gebiete, als es *Dusser de Barenne* ist, meint, daß diese Frage auch momentan zu den kompliziertesten Problemen der Physiologie und der Klinik der Neuropathologie gehört (1924).

In bezug auf die motorische Zone haben wir weit genauer nachgeprüfte Kenntnisse und genau nachgewiesene Fakten.

Seinerzeit sprachen schon *Munk*, *Horsley*, *Mott*, *Déjerine* von einer sensomotorischen Zone, und nahmen an, daß es weder eine exklusiv motorische noch eine exklusiv sensorische Zone gibt, sondern daß nur eine gemeinschaftliche Zone mit gemischter Funktion besteht; doch die weitere Entwicklung dieser Frage scheint dieselbe zugunsten derjenigen Theorie entschieden gehabt zu haben, die den Gyr. zentr. ant. und den Gyr. zentr. post. streng nach ihren Funktionen unterschied. Die Versuche von *Hitzig*, und besonders diejenigen von *Sherrington* und seiner Schüler *Grünbaum* und *Graham Brown* an Affen zeigten, daß die sog. motorische Zone ausschließlich im Gyr. zentr. ant., frontal von der Basis der *Rolandischen Furche* liegt. Klinische Beobachtungen bei isolierten begrenzten Verletzungen dieser Zone oder an den Folgen von chirurgischen Eingriffen (*Oppenheim*, *Monakow*) bekräftigten diese Befunde.

Eine besonders genaue Lokalisation der motorischen Sphäre konnte mit Hilfe der Reizung der Rinde bei *Shock*, während chirurgischen Operationen (*Krause*, *Cushing*) festgestellt werden.

Schließlich sprechen auch die von *Brodmann* und *Campbell* und auch von *Vogt* gewonnenen Ergebnisse der Cytoarchitektonik für die verschiedene Funktion der vorderen und der hinteren zentralen Windungen.

Jedoch bewiesen die *Vogts* in jüngster Zeit an Affen, daß bei elektrischer Reizung der hinteren zentralen Windung ebenfalls motorische Effekte gewonnen werden. Besonders sind von Bedeutung die Beobachtungen von *Foerster*, der bei Hirnoperationen beim Menschen in weitem Maße Reizungen der Hirnrinde anwandte. Er konnte auch bei Reizung des Gyr. zentr. post. dauernde Effekte gewinnen. Dieselben unterscheiden sich dem Charakter nach in nichts von denjenigen, die vom Gyr. zentr. antr. ausgelöst wurden, erforderten jedoch für ihr Auftreten einen um 2—4 mm Amp. stärkeren Strom. Auf diese Weise konnte experimentell die Anschauung von *Monakow* bekräftigt werden, daß die sog. motorische Zone in der vorderen zentralen Windung nur die Hauptaustangsstelle der motorischen Funktion ist, daß dieselbe jedoch viel breiter in der Hirnrinde vertreten ist. Die Fragen, die mit der Lokalisation und der Organisation der Sensibilitätsfunktion in der Hirnrinde zusammenhängen, sind weit weniger ausgearbeitet. Als Hauptquelle unserer Kenntnisse in diesem Gebiete gelten die klinischen Erfahrungen hinsichtlich der Sensibilität der Kranken mit unbedeutenden Geschwülsten, Cysten, oberflächlichen, begrenzten Verletzungen bei nachfolgender Kontrolle durch Operation oder Obduktion. Selbstverständlich gab ein solches Material mit Erscheinungen von Fernwirkung, Diaschisis, Blutzirkulationsstörungen in der akuten Periode nicht genügend genaue Befunde; in der residualen Periode war die eingebüßte Funktion durch andere Gebiete der Hirnrinde substituiert und diese Erscheinungen erschwerten die Deutung der gewonnenen Resultate.

In jüngster Zeit haben wir jedoch eine Reihe von neuen Angaben auf diesem Gebiete und gewisse Einzelheiten konnten geklärt werden. Besonders viel trug das Kriegsmaterial bei, an dem relativ häufig unbedeutende streng begrenzte oberflächliche Verletzungen der Hirnrinde am gesunden Hirn beobachtet werden konnten. Diese Verletzungen gingen öfters mit nachfolgenden chirurgischen Eingriffen einher, was die Möglichkeit gab, die Topographie genau zu studieren und die klinische Untersuchung in experimentelle Verhältnisse verlegte.

Wir wollen hier kurz einige Angaben über die Organisation der Sensibilität in der Hirnrinde bringen. Die wichtigste sensorische Zone ist die hintere zentrale Windung, was die vordere betrifft, so dringen die thalamocorticalen Bahnen nach *Flechsig* auch in dieselben ein) die Sensibilität des Rumpfes).

Monakow nimmt an, daß in die vordere zentrale Windung sensorische Bahnen einlaufen, die eine propriozeptive tiefe Sensibilität in sich tragen, die für die Organisation der motorischen Funktion erforderlich ist.

Was die Frage über die Verbreitung der sensorischen Sphäre nach hinten betrifft, so wird von der Mehrzahl der Forscher auch der obere Teil der Gyri parietalis (entgegen der Meinung von *Flechsig*) hierher

gerechnet. Auch der Gyrus supramarginalis wird von vielen Autoren mit der sensorischen Sphäre in Verbindung gebracht. *Flehsig* und in jüngster Zeit auch *Foerster* sind bestimmt gegen die Anschauung, daß diesem Gebiete der Charakter eines Rindfeldes mit Sensibilitätsprojektion zugesprochen werden soll.

Monakow schließt dieses Gebiet kategorisch in die sensorische Zone ein, und lokalisiert hier vorwiegend die tiefe Muskelgelenksensibilität. Wir konnten einen Fall von isoliertem Verlust der Muskelgelenkempfindlichkeit an dem Handgelenk und den Fingern der linken Hand beobachten, mit Anfällen von corticaler Epilepsie, die von diesen Fingern ausging. Die Operation zeigte eine unbedeutende oberflächlich gelegene Cyste im Gebiete des Gyr. supramarginalis, ohne Eindringen in die Hirnsubstanz und ohne Verletzung der tiefergelegenen Bahnen. Diese Beobachtung läßt uns erkennen, daß dieses Gebiet zur sensorischen Zone gehört und mit der tiefen Sensibilität in Zusammenhang steht (desgleichen *Redlich*).

Was die Verteilung der verschiedenen Sensibilitätsarten in der Hirnrinde betrifft, so haben wir, abgesehen von dem oben angeführten Versuch, die Muskel-Gelenkempfindlichkeit in das parietale Gebiet zu verlegen, keine weiteren Angaben hinsichtlich der anderen Sensibilitätsarten. *Foerster* meint, daß wir gar keinen Grund haben anzunehmen, daß in der Rinde verschiedene Felder für die verschiedenen Arten von Sensibilität bestehen, eher darf man annehmen, daß sie mit den einzelnen Elementen zusammenhängen, vielleicht mit bestimmten Zellschichten. Indem *Goldstein* in seinem Referat (1924) über die Topik der Hirnrinde diese Frage berührt, sagt er, daß verschiedene Arten der Sensibilität verschiedenen Affektionen unterliegen, wobei es nicht geklärt ist, inwiefern dieses mit der verschiedenen Lokalisation des Herdes in Zusammenhang steht. Jedenfalls ist es ganz unwahrscheinlich anzunehmen, daß verschiedene Arten der Empfindlichkeit mit bestimmten Gebieten zusammenhängen sollen. Um zu erklären, warum verschiedene Arten der Sensibilität in verschiedenem Maße leiden, nimmt *Goldstein* zu folgender Theorie Zuflucht. Er meint, daß der Grad und die Besonderheiten der Verletzung der sensorischen Sphäre eine oder eine andere Art der Sensibilität hemmen können, und daß die Zerstörung der sensorischen Sphäre in gleichem Maße alle Sensibilitätsarten bedrückt.

Es ist augenscheinlich, daß bei diesem Standpunkte in dieser Frage, außer der Lokalisation des Prozesses, auch noch andere Befunde hinsichtlich des Charakters des letzteren (Intensität, Tiefe, Umfang usw.) eine Rolle spielen müssen.

Im ganzen gesagt spricht eine tiefe, stabile Störung der sämtlichen Arten von Sensibilität für eine subcorticale Lokalisation, rein corticale Herde geben nur eine temporäre Störung aller Sensibilitätsarten.

Am meisten leidet bei Erkrankungen der Hirnrinde das taktile Gefühl und die Muskel-Gelenkempfindlichkeit, sie werden auch in der geringsten Weise wieder hergestellt.

Was eine detailliertere somatotopische Lokalisation der Empfindlichkeit an der Hirnrinde betrifft, so liegt hier noch vieles unklar vor. Eine lange Zeit galt vorwiegend die Lokalisation der Anästhesien in den Extremitäten als charakteristisch für corticale Störungen der sensorischen Zone. Die Anästhesien sind an den distalen Teilen — an Händen und Füßen —, zuweilen bloß an den Fingern intensiver, die Hand leidet mehr als der Fuß, der Rumpf noch weniger, wobei der laterale Teil mehr, der mediale weniger leidet. Die Extremitäten können bei unversehrtem Körper leiden, umgekehrt kommt aber nicht vor (nach Goldstein). Ein genaueres Studium der Sensibilitätsstörungen ergab, daß nicht sämtliche zu diesem Typus passen. Schon *Muskens, Frank, Sträußler, Lhermitte, Calligaris* zeigten, daß zuweilen Sensibilitätsstörungen bei begrenzten Störungen der Rinde vorkommen, die dem segmentaren Typus nahestehen. Die anfänglich nur seltenen Beobachtungen dieser Art nahmen während der Kriegszeit zu (die Mitteilungen von *Sittig, Goldstein, Marburg* usw.). Auch wir konnten am Kriegsmaterial eine Reihe von analogen Fällen beobachten. Der eine war besonders demonstrativ: eine tangentielle Verletzung des rechten Stirn- und Scheitelbeins rief beim Kranken fortwährende Parästhesien und Verminderung der Sensibilität an der Ober- und der Unterlippe, am Mundwinkel links, im Gebiete des I. und des Zeigefingers hervor, und auch an der radialen Seite des Vorderarmes, bis zum Ellbogengelenk. Bei der Operation wurde ein unbedeutendes Fragment der Lamina vitrea vorgefunden, das die Dura durchbrochen und in die Hirnsubstanz (sehr oberflächlich) eingedrungen war. Einige Zeit nach der Operation wurde die Sensibilität wieder hergestellt. Die hier vorgelegene Störung der Empfindlichkeit an der Hand erinnerte etwas an den corticalen Typus. In anderen Fällen hatten wir Sensibilitätsstörungen, die vorwiegend die ulnare Seite der Hand und des Vorderarms umfaßten. Eine Eigentümlichkeit der dabei entstehenden segmentähnlichen Typen besteht darin, daß gewöhnlich nicht einzelne Segmente, sondern mehrere nebeneinanderliegende und zudem nicht ganz, sondern bloß einzelne Teile derselben befallen werden. Außerdem leiden gewisse Segmentgruppen mehr als andere und werden zusammen in den Prozeß hineingezogen. Eine solche Gruppe von Segmentteilen stellen öfters Anästhesien der ersten zwei Finger und der radialen Seite der Hand und des Vorderarms dar. Öfters wird eine Kombination dieses Typus mit Störungen der Sensibilität an den Lippen und Mundwinkel beobachtet. In diesem Gebiet lokalisieren sich auch Parästhesien bei sensorischen Anfällen der corticalen Epilepsie und bei Gefäßstörungen (*Niël v. Mayendorf*).

Einige Typen passen nicht in diese Form; so konnte *Goldstein* das Auftreten von segmentähnlichen anästhetischen Zonen zugleich an der

Hand und am Fuße beobachten. *Popper* brachte eine Beobachtung von absolutem Verlust der Sensibilität an den letzten Phalangen. Wir haben auch anderweitige analoge Beobachtungen. Es ist interessant, daß Sensibilitätsstörungen am Gesicht und am unteren Teil des Körpers (anale) bilateral sind.

An der Hand der zahlreichen klinischen Beobachtungen, die den oben angeführten analog sind, wurden einige Theorien der somatotopischen Einteilung der sensorischen Zone aufgestellt. So meint *Muskens*, daß die sensorische Zone in der hinteren zentralen und der parietalen Windung liegt, wobei das Gebiet der Hand viel größer als die ihm entsprechende motorische Sphäre ist, und die Hand und die Finger den weitaus größten Teil desselben einnehmen. Die sensorischen Foci liegen so, daß der radiale Teil der Hand und des Vorderarms niedriger, und der ulnare höher kommt. *Foerster* spricht von zwei Typen von Sensibilitätsstörungen, die an den Extremitäten vorkommen. Den einen bezeichnet er als zirkulären, bei dem die Grenze der Störungen senkrecht dem Längsmesser der Extremität verläuft. Dieser Typus soll nach *Foerster* als ein Beweis dienen für die somatotopische Teilung der hinteren zentralen Windung, entsprechend den Abschnitten der Extremität (es werden jedoch bloß die distalen Teile betroffen!). Den zweiten Typus bezeichnet er als axialen, wobei die Grenze der Anästhesie parallel der Längsachse der Extremität verläuft. Das ist diejenige Form, die als corticale oder segmentale bezeichnet wurde. *Foerster* verweist des weiteren auf den Unterschied zwischen diesen und den typischen Segmenten und erklärt diese zwei verschiedenen Typen der Sensibilitätsstörungen dadurch, daß die hintere Windung außer der Teilung in vertikaler Richtung, nach den Abschnitten der Extremität (Finger, Hand, Vorderarm usw.), noch eine Teilung in fronto-occipitaler Richtung aufweist, wobei die radiale Seite vorne, die ulnare hinten vertreten ist. *Foerster* selbst jedoch gibt zu, daß dieses Schema nicht alle Formen der Sensibilitätsstörung bei Verletzungen der Hirnrinde zu erklären vermag.

Goldstein führt 5 Typen von Sensibilitätsstörungen der Hirnrinde an: 1. Den Typus der einzelnen Foci (Gesicht, der große Finger, der radiale Teil der Hand, der ulnare, Vorderarm usw.). 2. Den distalen Typus, der für die Erkrankungen der Rinde zumeist charakteristisch ist. 3. Der segmentale oder axiale Typus (analog dem *Foersterschen*). 4. Er betont einen besonderen Typus für die an der Mittellinie liegenden Teile des Mundes, der Genitalien usw., ihre Bilateralität und ihre geringe Beteiligung an den Anästhesien. 5. Schließlich bringt er noch einen besonderen Typus von Sensibilitätsstörung, nach den Mechanismen, der von den Störungen der besonderen Systeme abhängig ist. Als Beispiel führt er eine isolierte Störung der radialen Seite der Hand oder des Vorderarms oder des Ellbogenteils an; hierher gehört nach seiner Ansicht auch ein Fall von gleichzeitiger Erkrankung der Hand und des Fußes usw.

An der Hand von solchen Störungen baut *Goldstein* eine Theorie der somatotopischen Lokalisation in der zentralen hinteren Windung auf nach den einzelnen Abschnitten der Extremitäten, jedoch sagt er sofort, daß der 5. Typus bloß als eine Störung der sensorischen, durch eine gemeinschaftliche Funktion verbundenen Mechanismen aufgefaßt werden kann (verbunden vielleicht in ihrer phylogenetischen Entwicklung), als eine funktionelle Einheit. Warum Sensibilitätsstörungen von verschiedenem Typus vorkommen und wie dieses mit einer bestimmten somatotopischen Lokalisation in der Hirnrinde zu vereinigen ist, auf diese wichtige Frage gibt *Goldstein* nur allgemeine Betrachtungen zur Antwort. Er meint, daß begrenzte Herde in der sensorischen Zone der Rinde am Eingang der sensiblen Fasern Anästhesien geben, die den einzelnen Foci entsprechen. Diffuse Störungen der ganzen sensorischen Sphäre geben den distalen Typus, und oberflächliche und begrenzte Erkrankungen der Rinde im unteren Teil des Zentrums ergeben Ausfallserscheinungen von radialem Typus.

Aus dieser kurzen Übersicht ersehen wir, wie unvollkommen und sogar entgegengesetzt die vorhandenen Angaben in bezug darauf sind, wie die Sensibilität in der Rinde lokalisiert und vertreten ist. Man muß annehmen, daß die hier angewandte Methodik zum Teil die Schuld daran trägt; augenscheinlich kann die klinische Untersuchungsmethode keine Antwort auf sämtliche auftauchende Fragen geben. Wir haben gesehen, daß die Frage hinsichtlich der Verbreitung der sensorischen Sphäre im allgemeinen, über die Vertretung der einzelnen Sensibilitätsarten, über die Wiederherstellungsmöglichkeit der Sensibilität (die für verschiedene Arten derselben verschieden ist), und schließlich hinsichtlich einer genauen Projektion der einzelnen Körperabschnitte auf bestimmte Rindenfelder noch offen steht.

Die Methode der bedingten Reflexe, die beim Studium dieser Frage angewandt wird, gibt viel und kann noch mehr leisten, doch ist sie im ganzen beim Menschen nicht zu gebrauchen. In letzter Zeit hat *Dusser de Barenne* beim Studium dieser Frage die Methode der Reizung der Rinde durch Strychninlösung angewandt, die er mit gutem Erfolge beim Studium der Physiologie des Rückenmarks benutzte.

Seine Versuche an Katzen und später an Affen ergaben folgende interessanten Resultate: Reizung mit Strychnin ergibt keinen motorischen Effekt, im Gegenteil, das Auflegen von kleinen (1 qmm) mit Strychninlösung durchtränkten Löschpapierstückchen auf das sensorische Gebiet löst starke Reizung desselben aus, die in einer Hyperästhesie, so der Hautdecken, als auch der tiefen Gewebe der betreffenden Körperteile Ausdruck findet. Diese Hyperästhesie tritt an den Tag bei den entsprechenden Reizungen des Tieres und auch bei dessen reaktiven Bewegungen.

Indem der Autor von dieser Methode Gebrauch machte, kam er zu folgenden Ergebnissen: das sensorische Gebiet des ganzen Körpers ist

in der Hirnrinde durch drei große Felder vertreten — für den Kopf, die oberen Extremitäten und den anliegenden Rumpf und die unteren Extremitäten. Der minimalste Reiz an der Oberfläche, der auf dem Gebiete irgendeines dieser Felder angewandt wird, ergibt ein Aufflackern der Reizung (Hyperästhesie) in dem ganzen entsprechenden Körperteil (das Gebiet von Kopf, Arm usw.). Diese Reizung erfaßt nicht bloß den kontralateralen Körperteil, sondern äußert sich in geringerem Maße auch an dem homolateralen. Auf solche Weise konnte *Dusser de Barenne* bei Anwendung dieser Methode die genauen Grenzen der Verbreitung der sensorischen Sphäre feststellen. Außer der hinteren zentralen Windung umfassen sie die ganze parietale und vordere zentrale, indem sie nach vorn zu über die Grenzen derselben treten. Die gewonnene Zone ist eine maximale und enthält augenscheinlich, außer den Hauptsensibilitätsfeldern, noch akzessorische oder Ergänzungsfelder. Störungen der letzteren ergeben gewöhnlich keine merklichen Sensibilitätsstörungen, jedoch erklärt ihr Vorhandensein die Erscheinungen der Restitution der Sensibilität nach Verletzungen der Hauptfelder.

Also haben die Erfahrungen von *Dusser de Barenne* erwiesen, daß das sensorische Gebiet der Hirnrinde viel breiter ist als früher angenommen wurde, und gaben uns eine genaue Antwort auf eine bisher noch nicht geklärte Frage. Leider ist Autor gezwungen, darauf zu verzichten, diese Methode am Menschen anzuwenden, da sie eine äußerst schmerzhafteste Reaktion hervorruft, die an der betreffenden Extremität der Versuchstiere beobachtet werden kann.

Im ganzen können die an Affen gewonnenen Befunde gewissermaßen auch auf den Menschen übertragen werden.

Wir sehen jedoch, daß, wenn auch diese Methode es ermöglicht, die maximale Grenze der Sensibilitätszone genau zu bestimmen, sie dennoch zur Lösung der anderen Fragen nicht beitragen kann, in erster Reihe zur Lösung gewisser Grundsätze und Einzelheiten der Lokalisation der Empfindlichkeit der Körperoberfläche in der Hirnrinde.

In dieser Hinsicht kann — und im Gegenteil zu der vorhergehenden nur am Menschen — die Methode der Reizung der sensorischen Zone der Hirnrinde durch elektrischen Strom angewandt werden.

Diese Methode kann man selbstverändlich nur bei Operationen und bei nicht narkotisierten Personen gebrauchen. Zuerst erwähnt eine solche Hirnreizung *Cushing* (1908), der dabei unbestimmte Empfindungen von Ameisenlaufen und Kribbeln am Gesicht und am Arm feststellen konnte. 1914 wandte sie *v. Valkenburg* in drei Fällen an und machte daraufhin schon gewisse Schlußfolgerungen in bezug auf die Lokalisationsprobleme der Rinde. In jüngster Zeit machte auch *Foerster* bei seinen zahlreichen Hirnoperationen Gebrauch von dieser Methode.

Wir begannen 1916 uns systematisch dieser Methode zu bedienen, gebrauchten sie bisher und meinen, daß sie einige Probleme, sowohl

theoretisch (Lokalisation) zu erklären vermag, als auch praktisch bei der Operation wegen Epilepsie dienen kann. Leider ist die Anwendungsmöglichkeit dieser Methode in bedeutendem Maße eingeschränkt.

Auf Grund unserer Erfahrungen können wir folgende Umstände feststellen, die die Anwendung dieser Methode zulassen oder nicht zulassen.

1. Bei vielen chirurgischen Eingriffen kann die Reizung der Hirnrinde mit Erfolg angewendet werden, größere oder kleinere Geschwülste im Gebiete der zentralen Furche, Narben Cysten, frisches Trauma in diesem Gebiete zerstören den betreffenden Abschnitt der Hirnrinde oder ändern die Verhältnisse seiner Erregbarkeit und können also bei der Anwendung dieser Methode keinerlei Resultate ergeben.

2. Der allgemeine Zustand des Gehirns — Blutzirkulationsstörungen in demselben, Ödem, Entzündungserscheinungen, sklerotische Prozesse — stören ebenfalls den reinen Erfolg des Versuches.

3. Die Operation muß unter Lokalanästhesie ausgeführt werden und genaue Angaben können vom Kranken selbstverständlich nur dann gewonnen werden, wenn das Bewußtsein vollkommen klar ist. Patienten mit Bewußtseinsstörungen, Benommenheit geben natürlich nie genaue Antworten. Ferner kann auch die allgemeine psychische Konstitution des Kranken denselben verhindern, seine Empfindungen genau zu notieren, so z. B. Ermüdung infolge der Operation, Angst (Neurotiker miterhöhter Emotionalität usw.). Daher ist es auch nicht angeraten, diese Methode bei Personen mit verstärkter Schmerzempfindlichkeit zu gebrauchen, die nicht imstande sind, ihre Aufmerksamkeit während der Operation auf äußere Reize zu konzentrieren.

4. Es ist selbstverständlich, daß eine solche Untersuchung nur bei Operationen an der entsprechenden Stelle (sensorische Zone) angebracht ist. Der Patient muß aus freien Stücken einwilligen, diese Operation ohne allgemeine Narkose an sich ergehen zu lassen. Es muß ihm auch erklärt werden, daß er über die Lokalisation und den Charakter der Empfindungen, die bei ihm auftreten sollten, zu berichten hat.

In Anbetracht des Obengesagten konnten wir bloß einen Teil der Hirnoperationen zu unseren Zwecken benutzen, um gewisse Resultate zu gewinnen, die in Rechenschaft gezogen werden könnten. Wir haben 11 von verschiedenen Chirurgen (Prof. *Dietrichs*, Prof. *Krymow*, Priv.-Doz. *Babitzki* und *Rosow*) ausgeführte Operationen, bei denen die Reizung der hinteren zentralen und parietalen Windungen uns genaue Befunde ergeben hat.

Um uns kurz zu fassen, wollen wir hier die Ergebnisse von 3 Fällen bringen, desto mehr, als sie es uns erlauben, mehr oder minder ausführliche Schlußfolgerungen hinsichtlich der somatotopischen Differenzierung der sensorischen Zone zu ziehen.

Fall 1. G. P . . . , 25 jähriger Mann, leidet seit 1½ Jahren an Krampfanfällen, die mit Paraästhesien beginnen, und an Zuckungen am großen Finger der linken Hand. Zuweilen besteht der Anfall bloß in Abtaunungsgefühl und in Ameisen-

laufen, die sich über die ganze betreffende Extremität erstrecken, zuweilen wird auch ein Krampfanfall ausgelöst. Weder Verletzungen noch Syphilis. Vor 2 Jahren Fleckfieber. Wegen der Häufigkeit der Anfälle kam Patient 1922 in die Nerven-klinik. Bei der objektiven Untersuchung konnte zur anfallfreien Zeit nichts Pathologisches vorgefunden werden, aber nach den Anfällen wurde beim Patienten ein Sinken der Empfindlichkeit im Gebiete der ersten drei Finger der linken Hand und am Gesicht, am betreffenden Mundwinkel beobachtet. Besonders war die Fähigkeit gestört, die Berührung zu lokalisieren. Operation unter Lokalanästhesie (Prof. Krymow) am unteren Abschnitt der sensorischen Zone; sie ergab keinerlei merkbare pathologische Erscheinungen. Elektrische Reizung der hinteren zentralen Windung löste in deren unterem Abschnitt beim Kranken im Gebiet der Ober- und der Unterlippe, am Mundwinkel unangenehme Empfindungen von „Abtauen“, „Kribbeln“, „Stechen“ aus. Wurden die Elektroden etwas höher eingestellt (parallel dem motorischen Fokus des großen Fingers in der vorderen Windung), so entstand beim Kranken das gleiche Gefühl mit Lokalisation im großen Finger, bei wiederholter Reizung wurde ein Krampfanfall ausgelöst, der sich auf die obere Extremität begrenzte. Unangenehme Empfindungen im großen Finger auf einem relativ großen Gebiet (2 qcm). Etwas höher konnten solche Empfindungen vom Zeigefinger ausgelöst werden, die sich dann zuweilen auf die radiale Seite des Vorderarms in dessen unterem Drittel erstreckten. Das Gebiet des Zeigefingers ist gegenüber der Zone des 3.—5. Fingers ebenfalls groß. Etwas höher wurden, nicht streng begrenzte Empfindungen im Vorderarm gewonnen. Der Chirurg entnahm ein Stückchen Hirnrinde ($\frac{1}{2} \times 1$ cm) aus der Zone des 1. Fingers. Die pathologisch-histologische Untersuchung dieses Stückchens ergab bloß eine leichte Randgliose. Unmittelbar nach der Operation entwickelte sich beim Patienten eine leichte Parese der Hand und der Finger und tiefe Sensibilitätsstörung (sämtlicher Formen der Sensibilität), die alle Finger, die Hand und die radiale Seite des Vorderarms ergriff. Nach einer Woche verschwanden die motorischen Störungen, es blieb bloß Sensibilitätsstörung im Gebiete der ersten 3 Finger, wobei besonders die Lokalisationsfähigkeit und das Ortsgefühl gelitten haben. Nach weiteren 2 Wochen war bloß das taktile Gefühl (die Lokalisation desselben) am 1. Finger und in geringerem Maße daselbst das Muskel-Gelenkgefühl gestört. Nach einem halben Jahre blieb bloß ein kleiner Unterschied gegenüber der Norm im großen Finger in bezug auf die feinere Berührungslokalisation bestehen. Die Anfälle kamen im Laufe eines Jahres nicht wieder. (Im weiteren haben wir den Patienten aus den Augen verloren.)

Zusammenfassend haben wir hier corticale Epilepsie, die als sensorischer Anfall beginnt, als Ausgangspunkt haben wir stets den großen Finger der Hand. Bei der Reizung — während der Operation — der hinteren zentralen Windung konnte hier eine Reihe von Foci beobachtet werden, deren Reizung genau lokalisierte Parästhesien auslöste, die vom Patienten als Stechen oder Ameisenlaufen empfunden wurden. Die reizbaren sensorischen Punkte der Rinde lagen im ganzen den betreffenden motorischen parallel. Gesicht (Mundwinkel) unten, unmittelbar oberhalb dieses Punktes — die Zone des großen Fingers etwas höher — diejenige des Zeigefingers. Das diesen Fingern entsprechende Gebiet erwies sich gegenüber demjenigen des 3.—5. Fingers als sehr groß. Etwas höher lag das dem Vorderarm entsprechende Gebiet, wobei niedriger die Empfindung von dessen radialer Seite ausgelöst wurde. Bei Reizung des großen Fingers irradiierten die Parästhesien in

schwächerer Form in die radiale Seite des Vorderarms. Motorische Effekte wurden durch die Reizung der hinteren Windung nicht ausgelöst und umgekehrt entstanden beim Patienten keinerlei Empfindungen bei Reizung der vorderen Windung. Wir wollen hervorheben, daß die Parästhesien in den distalen Abschnitten deutlicher hervortreten als in den proximalen.

Fall 2. Patient L . . . , 22 Jahre, hatte im Alter von 14 Jahren Scharlach durchgemacht, dabei Hirnerscheinungen (Urämie?, Encephalitis?). Seither epileptische Anfälle, als deren Ausgangspunkt der rechte Fuß galt, mit nachfolgender Generalisation der Krämpfe und Bewußtlosigkeit. Da die Anfälle sehr schwer und sehr häufig waren (etwa zweimal in der Woche), kam Patient im Oktober 1921 in die Nervenklinik. In der anfallfreien Zeit konnte beim Patienten bloß ein pathologisches Verhalten des rechten Plantarreflexes beobachtet werden (Finger nach oben). Nach dem Anfall Erscheinungen von Parese am rechten Fuß, besonders an dessen distalem Teil, mit deutlichem Babinski. Sensibilität nicht verändert.

Während der unter Lokalanästhesie von Prof. *Krymow* ausgeführten Operation wurde das Gebiet der beiden zentralen Windungen in deren oberem Drittel weit geöffnet. Die Reizung der vorderen zentralen Windung ergab eine Reihe von motorischen Effekten; bei Reizung des oberen Teiles wurde ein epileptischer Anfall ausgelöst.

Patient bemerkt keinerlei Parästhesien. Wurde ein ebenso starker Strom in der entsprechenden Zone der hinteren zentralen Windung angewandt, so wurde eine Reihe von Parästhesien hervorgerufen, die genau lokalisiert waren und sich regelmäßig wiederholten und eine unangenehme Färbung hatten; das Auftreten dieser Parästhesien ließ den Kranken zuweilen aufschreien. Da Patient sehr ruhig war, gelang es, eine Reihe von Reizungspunkten festzustellen. Im ganzen waren die letzteren lokalisiert parallel den motorischen Foci; oben wurden Parästhesien im Gebiete des Fußes ausgelöst, die bei Reizung an einer niedrigeren Stelle auf den Unter- und den Oberschenkel übergingen.

Im unteren Abschnitt der Oberschenkelzone nach hinten zu, an der Grenze der parietalen Windung, beobachtet Patient gewisse Empfindungen im Gebiete des Gesäßes und der Lumbalgegend, wobei die Empfindungen hier auch auf die entgegengesetzte Seite übergreifen. Die Beobachtungen des Kranken waren beständig und bei Wiederholung des Reizes an derselben Stelle der Hirnrinde konnte Patient Parästhesien an ein und derselben Körperstelle angeben. An der motorischen Zone wurde aus dem Gebiete des Fußes ein 1 qcm großes Stückchen von der Hirnrinde entnommen. Die ersten 10 Tage bestand eine schlaffe Paralyse des Fußes, die allmählich in eine leicht spastische Parese überging; nach 3 Monaten konnte eine beinahe vollkommene Restitution der motorischen Funktion festgestellt werden. Dabei war die Empfindlichkeit bloß die ersten Tage betroffen (so die tiefe als auch die taktile) und wurde rasch wiederhergestellt. In dem entnommenen Stückchen der Hirnrinde wurde mikroskopisch eine Verdickung der Pia, Adhäsion derselben mit der Hirnsubstanz und starke reaktive Gliawucherung festgestellt.

In diesem Falle besteht ein typisches Bild von corticaler Epilepsie, die sich nach irgendeinem begrenztem Entzündungsprozeß entwickelt hatte, der im oberen Abschnitt der vorderen zentralen Windung lokalisiert war. Die vordere motorische Zone gab bei deren Reizung durch elektrischen Strom eine Reihe von motorischen Effekten und keinerlei

Parästhesien. Bei Reizung der hinteren zentralen Windung wurde eine Reihe von sensorischen Foci für die untere Extremität festgestellt, die im ganzen parallel den betreffenden Punkten der motorischen Zone lagen. Im unteren Teil der Oberschenkelzone, in deren hinterstem Abschnitt, bei deren Übergang in die parietale Windung lagen Punkte, deren Reizung Parästhesien auslöste, die dem Gebiet des Gesäßes und dem anliegendem Lumbalgebiet entsprachen; die Parästhesien waren in diesem Gebiete nicht so streng lokalisiert und schienen auf die entgegengesetzte Seite übergreifen zu wollen. Die Befunde dieses Falles ergänzen in schönster Weise die von uns in Fall 1 gewonnenen Resultate und geben uns die Möglichkeit, das Bild der Verbreitung der Punkte zu ergänzen, die auf den elektrischen Strom durch genau lokalisierte Parästhesien erwidern.

Fall 3. Patient U . . ., 28 Jahre, hatte 1914 eine tangentielle Schußwunde am Kopfe an der linken Stirngegend erhalten. Bei der Operation wurden einige an der zerrissenen Dura liegende Splitter entdeckt. Nach der Operation wurden keinerlei Ausfallerscheinungen beobachtet.

Ein Jahr darauf traten beim Patienten Anfälle von *Jacksonscher* Epilepsie auf, die von den Fingern der rechten Hand (zumeist vom großen Finger) ausgingen und sich generalisierten. Patient wurde aus dem Sanatorium von Prof. *Lapinski* in das Georgenkrankenhaus überwiesen, wo er unter Lokalanästhesie operiert wurde (Prof. *Dittrichs*). Bei der Operation wurde die Region der vorderen und der hinteren zentralen Windungen in deren unterem Drittel weit geöffnet. Beim Durchschneiden der Dura nach vorn von der vorderen zentralen Windung wurde in deren unterem Abschnitt eine Cyste vorgefunden (Adhäsionsarachnitis) und entfernt. Bei den Versuchen, die Hirnrinde zu reizen, wurden folgende Befunde erhalten: Auf der Höhe der vorgefundenen Cyste wurde von der vorderen zentralen Windung eine isolierte Kontraktion des großen Fingers gewonnen; von hier aus konnte auch ein typischer epileptischer Anfall ausgelöst werden. Dabei empfand Patient absolut gar nichts außer dem Gefühl einer Muskelkontraktion im Moment des motorischen Effektes. Bei Reizung der hinteren zentralen Windung in deren unterstem Teil — dem Operculum — durch einen ebenso starken elektrischen Strom traten beim Patienten keinerlei Bewegungen auf; es entstand aber eine Reihe von Paraästhesien. Von dem untersten Abschnitt der Windung wurden sehr lebhaft empfundene Empfindungen in dem entsprechenden Teile der Zunge ausgelöst, die etwas in die entgegengesetzte Seite derselben ausstrahlten. Etwas höher und nach hinten wurde eine Empfindung in der Unterlippe, etwas mehr nach vorn in der Oberlippe ausgelöst; sehr nahe, etwas nach oben lagen die Punkte, deren Reizung im Gebiete des Mundwinkels projiziert wurde. Alle bezeichneten Punkte liegen nahe nebeneinander auf einer unbedeutenden Fläche, im Gegensatz zum großen Finger, bei dem das Gebiet der sensorischen Punkte relativ äußerst groß ist, wie auch dasjenige des Zeigefingers. Nach der schmalen Zone des 3.—5. Fingers hatten wir eine Reihe von Parästhesien im Gebiete des Vorderarms.

Die Parästhesien an der Hand und am Vorderarm waren nicht so streng lokalisiert und begrenzt wie die Empfindungen an den Fingern. Jedesmal wenn sie an der Hand gewonnen wurde, ging die Parästhesie wie ausstrahlend auf den Vorderarm über, wobei sie an der radialen oder ulnaren Seite der Hand auf die betreffende Seite des Vorderarms überging. Desgleichen konnten wir auch am Vorderarm keine streng lokalisierten, auf eine unbedeutende Fläche begrenzten Parästhesien gewinnen; es blieb bloß die beständige Einteilung in radialen und

ulnaren Abschnitt. Dabei löste die Reizung in der Region des einen dieser Gebiete ein Auflackern der Empfindungen auf seiner ganzen Fläche aus. Es ist uns daher nicht geglückt, die einzelnen Punkte für die oberen und die unteren Teile des Vorderarms genau zu bestimmen; es blieb auch ungeklärt, wo eigentlich an der Hirnrinde die radiale und wo die ulnare Seite lokalisiert ist. Zuweilen hatte man den Eindruck, daß unmittelbar hinter den Fingern die radiale und weiter nach oben die ulnare Seite der Hand und des Vorderarms folgt; ein anderes Mal schien es, daß die Punkte der radialen Seite etwas vor den Ellbogenpunkten liegen.

In dieser Beobachtung können wir folgende Tatsachen hervorheben. Ein Fall von typischer corticaler Epilepsie, als Folge einer nach Trauma entstandenen Cyste in der Nähe der vorderen zentralen Windung. Die elektrische Reizung der vorderen zentralen Windung — bloß motorische Effekte, keine sensorischen; ein eben so starker Strom an der hinteren zentralen Windung — ergab eine Reihe von Parästhesien. Außer der in dem vorhergehenden (1.) Falle ausgelösten hatten wir noch eine Parästhesie, die streng im Gebiete der Zunge lokalisiert war, die von den am niedrigsten gelegenen Regionen ausgelöst wurde. Unmittelbar oberhalb desselben wurden isolierte Empfindungen in der Unter- und der Oberlippe und im Mundwinkel ausgelöst. Der große Finger ergab eine Reihe von Punkten auf einer relativ großen Strecke, der Zeigefinger auf einer kleineren, der 3.—5. auf einer noch geringeren. Die Hand und der Vorderarm gaben Parästhesien höher. An ihnen konnten keine streng begrenzte Zonen gewonnen werden, und die Empfindungen gingen von der Hand auf die betreffende Seite des Vorderarms über, wobei die radiale und die ulnare Seite gesondert vertreten waren. Am Vorderarm konnte keine partielle Teilung festgestellt werden, es konnte auch nicht geklärt werden, ob der untere und der obere Teil des Vorderarmes gesondert vertreten sind: des weiteren konnte auch nicht festgestellt werden, ob der radiale Teil niedriger oder etwas mehr nach vorn liegt als der ulnare. Wir wollen noch eine Beobachtung anführen, die auf einige der hier aufgeworfenen Fragen Antwort geben soll.

Fall 4. Patient K . . ., 35 Jahre, kam im Mai 1922 in die Nervenklinik mit Klagen über Krampfanfällen, die von den Fingern der linken Hand beginnen, die ganze Hand umfassen, zuweilen sich darauf beschränken, zuweilen aber auf das Gesicht und den Fuß übergreifen und mit Bewußtlosigkeit enden. In letzter Zeit Unbehagen und Ungeschicklichkeit in der linken Hand (verliert die Gegenstände, erkennt sie nicht). In der Anamnese vor 3 Jahren Verletzung des Kopfes. Bei der Untersuchung unbedeutende Schwäche der linken Hand, ihrer Finger, unbedeutende Störung der taktilen Sensibilität (Lokalisation). Wärme- und Schmerzgefühl erhalten. Dagegen ist das Muskel-Gelenkgefühl an der linken Hand und an deren Fingern bedeutend gestört. Auch die Stereognose ist gestört. Sehnenreflexe an der rechten Hand etwas erhöht. Die ophthalmoskopische Untersuchung ergab beginnende Stauungspapille. Es wird eine Neubildung oder eine Cyste in der rechten Parietalregion (unten) oder im Gebiet der hinteren zentralen Windung vermutet. Bei der unter Lokalanästhesie von Prof. Krymow ausgeführten Operation wurde die Zone des Gyrus centr. post und der Gyri parietales weit geöffnet. Im Gebiete des Gyrus supramarginalis wurde eine etwa kirschgroße, mit einer

klaren gelblichen Flüssigkeit gefüllte Cyste vorgefunden, die mit der Rinde verwachsen und in dieselbe eingedrungen war. Sie wurde exstirpiert.

Bei Reizung der hinteren zentralen Windung durch elektrischen Strom wurden beiläufig die gleichen Ergebnisse beobachtet als bei den vorhergehenden Fällen. Die Reizung des Gyrus supramarginalis durch einen ebenso starken Strom ergab keinerlei Parästhesien und etwas höher in dem oberen parietalen Gebiet wurden ebenfalls keine genau lokalisierten Parästhesien ausgelöst, jedoch beschwerte sich Patient über unangenehme Empfindungen, die über die ganze linke Seite und die Hand verbreitet waren.

In dem gegebenen Falle hatten wir es mit einer oberflächlich in der Hirnrinde gelegenen Zyste im Gebiete des rechten Gyrus supramarginalis zu tun. Diese Cyste verursachte eine isolierte Störung der tiefen Muskel-Gelenkempfindlichkeit und corticale Epilepsie. Also berechtigt uns dieser Fall, das Muskel-Gelenkgefühl der Hand in den Gyrus supramarginalis zu verlegen. Die Reizung durch elektrischen Strom zeigte, daß die sensorischen Empfindungen nur von der hinteren zentralen Windung ausgehen. Die Reizung des Gyrus supramarginalis löst keinerlei Parästhesien aus, Reizung der oberen parietalen Windung gibt eine nicht lokalisierte diffuse unangenehme Schmerzempfindung (dasselbe konnte auch *Foerster* feststellen). Wir wollen bemerken, daß wir nichts beobachten konnten, was der Empfindung einer Lageveränderung der Extremitäten (tiefe Sensibilität) ähnlich gewesen wäre. Überhaupt erschen wir aus dieser Beobachtung, daß die Zone, von der an bestimmten Körperteilen genau lokalisierte Parästhesien gewonnen werden können, sich streng auf die hintere zentrale Windung beschränkt.

Bevor wir zu den Schlußfolgerungen treten, wollen wir bemerken, daß wir uns des Unterbrechungsstromes bedienen, dessen Kraft derjenigen entsprach, wie sie bei Reizung der motorischen Zone angewandt wird. Wir haben mit den Patienten nie vorher etwas über den Charakter der bevorstehenden Empfindungen gesprochen, und auch nichts von den Körperteilen, in denen das Auftreten solcher Empfindungen erwartet werden könnte. Alle zweifelhaften, unklaren, unbestimmten Angaben wurden von uns zurückgewiesen und nicht berücksichtigt. Dieses vorsichtige Vorgehen hat eine große Bedeutung für diese Frage, und nur auf diese Weise können grobe Fehler verhütet werden.

Alles in allem müssen wir zu allererst in Betracht ziehen, daß diese Methode nicht einwandfrei ist und viele schwache Seiten aufweist. Wir haben bei deren Anwendung eigentlich nicht Empfindungen, sondern bloß eine unbestimmte Parästhesie, die aber gewöhnlich genau in bestimmten Körperteilen lokalisiert ist. Augenscheinlich ist die von uns angewandte Reizung eine unadäquate; augenscheinlich ist es nötig — damit eine vollkommene Empfindung entsteht —, daß der äußere Reiz von den rezeptorischen Apparaten der Peripherie erfaßt, von ihnen und vielleicht auch in den an der Bahn des zentripetal laufenden Reizes liegenden Umschaltungspunkten (Thalamus opticus u. a.) verarbeitet wird. Außerdem

erfaßt die Reizungswelle, nachdem sie in die Hirnrinde eingedrungen ist, augenscheinlich eine mehr oder minder große Reihe von Zellengruppen und -Schichten, und erst dann kann das entstehen, was wir als Empfindung auffassen. Es wundert uns nicht im geringsten, daß wir eine so kombinierte Empfindung, wie es die Muskel-Gelenkempfindung oder die Lage der Extremitäten ist, nicht auslösen konnten, aber wir müssen noch einmal hervorheben, daß wir sogar Schmerz-, Temperatur- und taktils Gefühl nicht gewinnen konnten. Wir hatten also eine Art von primitiver Empfindung, ein Fragment einer solchen.

Mit diesem Vorbehalt sehen wir uns dennoch berechtigt, diesen Untersuchungen eine bestimmte Bedeutung für das Erforschen der somatotopischen Lokalisation in der sensorischen Zone der Hirnrinde zuzusprechen. Die Sache ist die, daß diese Parästhesien, wenn sie auch primitiv sind, dennoch beinahe stets streng lokalisiert waren und sich bei Reizung eines gewissen Abschnittes der Hirnrinde regelmäßig wiederholten. Hier eben liegt die Möglichkeit sie beim Studium der schwierigen Frage hinsichtlich der Projektion der Peripherie in die Hirnrinde anwenden zu können.

Bei systematischem elektrischen Reiz der vorderen, hinteren und der parietalen Windungen erwies es sich, daß von der vorderen nur motorische Effekte gewonnen wurden, Reizung der unteren parietalen ergab weder motorischen noch sensorischen Effekt. Die obere partielle Windung gab eine schmerzhaft, nicht lokalisierte Empfindung beinahe in der ganzen Körperhälfte (Fall 4), und bloß bei Reizung der hinteren zentralen Windung traten in der Regel Parästhesien in der Form von „Ameisenlaufen“, Abtaubungsgefühl“ auf, die in verschiedenen Fällen von verschiedener Intensität waren. Diese Parästhesien sind im ganzen an gewissen Stellen lokalisiert und gehen regelmäßig stets von den gleichen Teilen der hinteren Windung aus, infolge dessen kann eine gewisse Gesetzmäßigkeit ihrer somatotopischen Lokalisation festgestellt werden. Die letztere entspricht im ganzen den motorischen Foci und liegt parallel denselben.

Auffallend ist die relative Größe des durch den großen und den Zeigefinger eingenommenen Gebietes. Wir wollen noch einmal in Erinnerung bringen, daß wir für die Hand und den Vorderarm keine detaillierte Lokalisation feststellen konnten, da die Reizung eines kleinen Teiles dieser Strecke ein Aufflackern der Parästhesien bald an der radialen, bald an der ulnaren Seite ergab. In diesem Umstande sehen wir die Erklärung der klinischen Beobachtungen hinsichtlich des auf diese Weise lokalisierten Ausfalls der Empfindlichkeit.

Also konnten wir eine genauere Projektion eigentlich nur für solche Gebiete als Lippe, Zunge, für den großen und den Zeigefinger gewinnen; für den Vorderarm, den Ober- und den Unterschenkel konnte eine detaillierte Teilung nicht festgestellt werden, da wir auf den Reiz, wie gesagt, ein diffuses Aufflackern von Parästhesien auf einer großen Körperfläche erhielten.

Es ist schwer, nach unseren Ergebnissen zu urteilen, wie der radiale und der ulnare Teil des Vorderarmes einander gegenüberliegen. Ob sie einer über dem anderen — anfangs der radiale und der ulnare höher — liegen (auf einen solchen Typus weist unser Fall 1, dieses ist die Ansicht von *Muskens*), oder ob einer vor dem anderen liegt, wie es *Foerster* annimmt. Unsere Ergebnisse in unserem Falle 3 passen zu keinem dieser Typen, da bei Reizung des radialen Teiles der Hand (sogar des großen Fingers) die Parästhesien aus der Hand oder dem Finger über den ganzen radialen Teil des Vorderarmes ausstrahlten. Wir sehen ein übriges Mal, daß wir, wenigstens bei dieser Methode, keine genauere Detaillierung — sogar hinsichtlich der Lokalisation der Extremitäten — erhalten werden. Parästhesien am Körper konnten wir nicht auslösen, bloß einmal (Fall 2) hatten wir deutliche Parästhesien im Gebiet des Gesäßes und der Lumbalgegend, wobei in diesem Falle — und auch an der Zunge — die Parästhesie auch auf die entgegengesetzte Seite überging (ähnlich den Befunden von *Dusser de Barenne* bei seiner Strychninmethode).

Im ganzen haben wir Befunde, die diejenigen von *Dusser de Barenne* ergänzen. Seine Methode gibt, wie schon gesagt, eine maximale Grenze der sensorischen Zone, indem sie alle „Hilfsfelder“ umfaßt. Bei elektrischer Reizung erhalten wir eine minimal schmale Zone der Sensibilitäts-sphäre, „deren Hauptfeld“.

Es entsteht nun die Frage, was wir eigentlich durch den Strom reizen — die thalamocorticalen Fasern unmittelbar bei ihrem Eindringen in die Hirnrinde, bevor sie sich in derselben verbreiten, oder diejenigen Zellenkomplexe — und Schichten, mit denen sie sich verbinden (nachdem sie bereits in die Rinde eingedrungen sind).

In Anbetracht der Primitivität dieser Empfindungen, der Unmöglichkeit den Muskel-Gelenkempfindungen ähnliche auszulösen, in Anbetracht dessen, daß sie nur von der hinteren zentralen Windung ausgelöst werden, müssen wir uns eher für die erste Ansicht aussprechen (so meint auch *v. Valkenburg*). Jedoch der Umstand, auf den wir bereits oben hingewiesen haben, nämlich, daß die Reizung gewisser Punkte es ermöglicht, von einem derselben — zudem auch regelmäßig — Parästhesien in einem ganz großen Gebiete auszulösen, so z. B. bald an der radialen, bald an der ulnaren Zone des Vorderarms usw., spricht eher dafür, daß wir irgendwelche bereits organisierte komplizierte Zellenkomplexe reizen, gewisse präformierte Mechanismen der Hirnrinde. D. h., anders gesagt, es werden nicht die thalamocorticalen Fasern bei ihrem Eindringen in die Rinde gereizt, sondern bereits später, nachdem sie schon mit verschiedenen Zellengruppen in Verbindung stehen (*Niël v. Mayendorf*).

Gewiß, wir dürfen nicht zur Ansicht von *Munk* zurückkehren über die mosaikartige Lokalisation der Körperperipherie an der Rinde. Eine so komplizierte Funktion, als es die sensorische ist, hat natürlich eine kompliziertere (durch ihre phylogenetische Entwicklung bedingte) Ver-

tretung im Gehirn und der Hirnrinde (*Monakow*). Doch ist es auch klar, daß das Gebiet der zentralen Windung, deren Reizung regelmäßig Parästhesien auslöst, sie an bestimmten Körperteilen lokalisiert sind — jedenfalls mit dieser Funktion in engem Zusammenhang steht, und daß in dieser durch elektrischen Strom reizbaren Zone eine deutlich ausgesprochene somatotopische Lokalisation besteht, die für die distalen (funktionell wichtigen) Teile besonders detailliert erscheint.

Auf diese Weise gibt uns diese Methode die Möglichkeit, ein Material zu sammeln, das uns gewissermaßen der Klärung gewisser Fragen über dieses schwierige und so komplizierte Problem näher bringt.

Literaturverzeichnis.

- ¹ Foerster, O.: Die Leitungsbahnen des Schmerzgefühls 1927. — ² Monakow: Lokalisationslehre 1914. — ³ Mme. Benisty: Les lésions de la zone rolandique. Paris 1918. — ⁴ Goldstein, K.: Neur. Zbl. 1909. — ⁵ Goldstein, K.: Dtsch. Z. Nervenheilk. 77. — ⁶ Muskens: Neur. Zbl. 1912. — ⁷ Sittig, Otto: Neur. Zbl. 1916. — ⁸ Kramer: Neur. Zbl. 1916. — ⁹ Sträußler: Mschr. Psychiatr. 23 (1908). — ¹⁰ Frank: Dtsch. Z. Nervenheilk. 32 (1910). — ¹¹ Geistmann: Neur. Zbl. 1918. — ¹² Popper: Neur. Zbl. 1918. — ¹³ Richter: Neur. Zbl. 1918. — ¹⁴ Kleist: Neur. Zbl. 1918. — ¹⁵ Redlich: Neur. Zbl. 1918. — ¹⁶ Higier: Z. Neur. 32. — ¹⁷ Valkenburg: Z. Neur. 24. — ¹⁸ Valkenburg: Z. Neur. 32. — ¹⁹ Dusser de Barenne: Dtsch. Z. Nervenheilk. 83. — ²⁰ Pierre Marie und Bouttier: Revue neur. 1922. — ²¹ Nißl v. Mayendorf: Dtsch. Z. Nervenheilk. 86. — ²² Resnikow und Davidenkow: Z. Neur. 4. — ²³ Head und Holmes: Brain 34 (1911). — ²⁴ Cushing: Nach Valkenburg.