

## Lieferschein

Universitaets- und Landesbibliothek Sachsen-Anhalt Halle

- Dokumentlieferung –  
August-Bebel-Str. 13 und 50

D-06108 Halle

Tel.: ++49-345-552-2219  
Fax: ++49-345-552-7305  
Email: zls@bibliothek.uni-halle.de

### Empfänger

Bibliothek der Medizinischen Universitaetsklinik

Hugstetter Str. 55  
D-79106 Freiburg

### Angaben zur Bestellung:

Bestelldatum: 2021-08-27 11:23:11  
Bestellnummer: SUBITO:VE21082700322  
Name des Bestellers: Bibliothek der Medizinischen Universitaetsklinik  
Benutzerkennung: SLS05X00258  
  
Lieferdatum: 2021-08-27 12:19:52  
Lieferpriorität: NORMAL  
Aktueller Lieferweg: Email  
E-Mail Adresse: medizin-bibliothek@uniklinik-freiburg.de

Bemerkungen zur Auslieferung:  
0

### Angaben zum Dokument:

Signatur: Ha 150  
Autor:  
Titel: Journal fuer Psychologie und Neurologie  
Jahr: 1919  
Band / Jahrgang: 25 \50Erg.Heft 1\51  
Seiten: 399-461  
Aufsatzautor: Vogt C Vogt O  
Aufsatztitel: Vierte Mitteilung: Die physiologische Bedeutung der architektonischen Rindenfelderung...  
ISSN: 0368-3877  
ISBN:  
CODEN:

Ihre Bemerkung zur Bestellung:  
medizin-bibliothek@uniklinik-freiburg.de / Neurozentrum

## subito Urheberrechtshinweis



Die Bestellung und Nutzung der über subito gelieferten Aufsatzkopien unterliegen den urheberrechtlichen Bestimmungen. Mit der Registrierung bei subito verpflichten Sie sich, diese einzuhalten, d.h. insbesondere, dass die Kopien ausschließlich zum eigenen Gebrauch bestimmt sind und nicht an Dritte weitergegeben werden dürfen. Sie dürfen ohne Genehmigung des Verlags nicht zum Wiederverkauf, Wiederabdruck, zu systematischer Verteilung, Emailversand, Webhosting eingeschlossen institutionelle Repositorien/Archive oder jedweden anderen kommerziellen Zweck verwendet werden.

Sofern Sie eine Lieferung per Email oder FTP erhalten, dürfen Sie die Kopie nur einmal ausdrucken und müssen diese anschließend dauerhaft löschen.

Die Kopien sind mit einem Wasserzeichen versehen, welches ein Urheberrechtsvermerk enthält. Das von subito e.V. angebrachte Wasserzeichen darf nicht entfernt werden.

## Vierte Mitteilung.

**Die physiologische Bedeutung der architektonischen Rindenfelderung  
auf Gründ neuer Rindenreizungen.****Inhalt:**

Seite

Einleitung: Die besondere Eignung der physiologischen Reizmethode für unsere Zwecke. Befriedigende und unbefriedigende Ergebnisse unserer 1906 und 1907 veröffentlichten Versuche . . . . .	401
<b>I. Kapitel:</b> Die aus den vorstehend geschilderten Unzulänglichkeiten unserer früheren Reizergebnisse und den allgemeinen architektonischen Feststellungen der 3. Mitteilung sich ergebenden neuen reizphysiologischen Fragestellungen: . . . . .	404
1. Beruht die reizphysiologische Reaktion auf dem Zusammenwirken des gesamten Rindenquerschnittes? . . . . .	404
2. Zeigt jedes unserer zahlreichen Rindenfelder eine besondere Reizreaktion? . . . . .	404
3. Führen hyperminimale Reize zu einer Oberflächengliederung, welche mit derjenigen der architektonischen Felderung übereinstimmt? . . . . .	405
4. Zeigt das einzelne architektonische Rindenfeld in ganzer Ausdehnung eine qualitativ gleiche Reaktion? . . . . .	406
5. Besteht ein Parallelismus zwischen der Stärke architektonischer Differenzen und derjenigen der topischen reizphysiologischen Reaktionen? . . . . .	406
6. Geht der arealen Gradation eine physiologische parallel? . . . . .	407
<b>2 Kapitel:</b> Die Gestaltung unseres neuen reizphysiologischen Experimentierens . . . . .	407
I. Die Erweiterung unseres reizphysiologischen Vorgehens: . . . . .	407
1. In bezug auf die Reizformen: . . . . .	407
a) Häufigere Anwendung der bipolaren Elektrode . . . . .	407
b) Stärkere Variation in der angewandten Stromstärke und . . . . .	408
c) Anwendung zweier gleichzeitiger Reize . . . . .	408
2. In bezug auf die Kombination mit operativen Eingriffen: . . . . .	408
a) Ausführung der Reizung in unmittelbarem Anschluß an die Operation . . . . .	409
b) Neue operative Eingriffe und . . . . .	409
c) Einführung isolierender Glasplatten . . . . .	410
II. Die Verfeinerung der Analyse der motorischen Reaktionen . . . . .	410
1. durch Beachtung bisher vernachlässigter Momente und . . . . .	411
2. durch zunehmende Detaillierung der Beobachtung und Protokollierung . . . . .	411
III. Die Ausmerzung von Fehlerquellen durch: . . . . .	411
1. Arbeiten bei hoher Zimmertemperatur . . . . .	411
2. Beschränkung der zahlreichen Reizungen auf wenige Rindenstellen beim einzelnen Tier . . . . .	411
3. zunehmende Beschränkung des Reizens auf die Zeiten der gleichen zentralen Erregbarkeitsverhältnisse und . . . . .	411
4. weiteres Festhalten an einer zeitlichen Hintersetzung der architektonischen Forschung . . . . .	411

3. Kapitel: Unsere neuen Reizergebnisse: . . . . .	412
1. Das Primärfeld für tonische Spezialbewegungen . . . . .	413
2. Das Sekundärfeld für tonische Spezialbewegungen . . . . .	421
3. Das Tertiärfeld für tonische Spezialbewegungen . . . . .	424
4. Das direkte Mastikationsfeld . . . . .	426
5. Das Atmungsfeld . . . . .	426
6. Das Feld für Denervation der Mastikation . . . . .	427
7. Die Reizreaktionen des Feldes 8β . . . . .	428
8. Diejenigen von 8α . . . . .	428
9. Diejenigen von 8δ, 9 und 10 . . . . .	429
10. Das determinierende Feld in 3a, 3b, 1 und 2 . . . . .	429
11. Die Reaktion von 7b . . . . .	435
12. Die Reaktion von 5a . . . . .	435
13. Die Reaktion von 5b . . . . .	436
14. Die Reaktion von 7a . . . . .	436
15. Die Reaktion von 19a . . . . .	436
16. Die Reaktion von 22a . . . . .	437
4. Kapitel: Die weitgehende positive Beantwortung der im ersten Kapitel aufgestellten Fragen und die Bedeutung dieser Tatsache für die Lokalisationslehre . . . . .	440
1. Der weitgehende Nachweis einer physiologischen Rindenfelderung und die durch unser klinisches Material und unser technisches Können begründete Forderung seiner ferneren Vertiefung . . . . .	440
2. Jedes untersuchte architektonische Rindenfeld hat seine Sonderfunktion	442
Daraus folgt, daß:	
a) die unerwartet weitgehende areale Gliederung des Cortex cerebri die Hauptursache der Kompliziertheit unseres Seelenlebens darstellt . . . . .	442
b) die Sonderfunktion des Einzelfeldes an dessen Struktur gebunden ist und deshalb bei Herderkrankungen ein vikarierendes Eintreten anderer Felder der gleichen Hemisphäre ausgeschlossen ist . . . . .	443
c) nunmehr eine weitgehende Vertiefung der Hirnlokalisationslehre zu erwarten ist, weil:	
a) die Architektonik wichtige lokalisatorische Hinweise gibt und weiter geben wird . . . . .	443
b) ein künstiges exakteres Experimentieren an der Hirnoberfläche infolge des Aufdeckens eng umschriebener Bezirke für besondere Funktionen möglich wird . . . . .	443
c) die durch die architektonischen Feststellungen eingeleitete Verfeinerung unserer Lokalisation 1. dem Chirurgen und pathologischen Anatomen wichtige Indikationen gewähren und dadurch eine neue Verfeinerung der Lokalisationslehre herbeiführen sowie 2. die lokalisatorische Ausnutzung von Fällen umfangreicher oder multipler Herde ermöglichen und damit auch die richtige lokalisatorische Deutung nur durch mehrere Herde zustande kommender Störungen der höheren Hirnfunktionen anbahnen wird . . . . .	444
3. Die physiologischen Territorien haben die ungebrochenen Grenz- und haarscharfen Trennungslinien der architektonischen Felder . . . . .	445
Daraus folgt, daß:	
a) die ungebrochenen Linien experimentelles und chirurgisches Vorgehen erleichtern . . . . .	445
b) die haarscharfen Trennungslinien zusammen mit der großen Zahl von Sonderfunktionen C. Vogts Dislokationslehre stützen, während die heutige Monakowsche Diaschisislehre abgelehnt werden muß . . . . .	446
4. Das architektonische Feld zeigt in ganzer Ausdehnung eine qualitativ gleiche Reaktion . . . . .	448

5. Es besteht ein Parallelismus zwischen funktioneller und architektonischer Verwandtschaft . . . . .	448
Wir können daraus Hinweise ableiten für:	
a) die Zahl der Komplexfunktionen . . . . .	452
b) die Komplexzugehörigkeit des einzelnen Feldes und . . . . .	452
c) das Minimum zu unterscheidender Partialleistungen . . . . .	452
6. Es geht der arealen Gradation eine physiologische parallel . . . . .	452
Anhang: Minkowskis Studien über die Area striata der Carnivoren . . . . .	453
Schlußbemerkungen: Allgemeine wissenschaftliche Bedeutung der architektonischen Rindenfelderung: . . . . .	455
1. Die Rindenfelderung hat als Grundlage für den Entwurf einer Rindenarchitektonik zu dienen . . . . .	455
2. Die architektonischen Felder (und subkortikalen Kerne) stellen die „Zentren“ für die Fasersystematik dar . . . . .	456
3. Die Rindenfelderung ist der Beschreibung aller Herderkrankungen zugrunde zu legen . . . . .	458

### Einleitung.

Wir können an sich auf drei verschiedenen Wegen uns Einblicke in die physiologische Bedeutung der architektonischen Rindenfelderung verschaffen. Wir vermögen einmal aus den Faserverbindungen eines Feldes auf seine Funktion zu schließen (fasersystematische Funktionsprüfung). Wir können ferner das zu prüfende Rindengebiet schädigen oder unter Zerstörung benachbarter Gebiete speziell erhalten und dann aus dem nach der Operation aufgetretenen Funktionsausfall oder der trotzdem noch vorhandenen Leistungsfähigkeit Einblicke in die Funktion des zerstörten, bzw. noch erhaltenen Rindenterritoriums gewinnen (physiologische Ausfalls- und Isoliermethode). Und wir sind endlich in der Lage, die bei elektrischen Cortexreizungen eintretenden motorischen Reaktionen unseren Zwecken dienstbar zu machen (physiologische Reizmethode).

Wir möchten dabei von vornherein auf einen Punkt aufmerksam machen. Keine der drei Methoden hat bisher eine Einsicht in die wirkliche Funktion eines Rindengebietes gewährt. Daran ändern auch alle gegenteiligen „klassischen“ Lehren nichts. Aber wir brauchen glücklicherweise für unseren gegenwärtigen Zweck zunächst keine so weitgehenden Einblicke. Es genügt uns die Feststellung, daß sich architektonisch differente Gebiete fasersystematisch oder nach Zerstörung oder bei Reizung verschieden, bzw. gleich gebaute Rindenstellen identisch verhalten.

Ob nun die Feststellung einer solchen Verschiedenheit durch die Aufdeckung einer eigenartigen Faserverbindung oder eines spezifischen Effekts nach Zerstörung oder bei Reizung erfolgt, kann uns ganz gleichgültig sein. Ebenso ist es für uns nebensächlich, auf welchem dieser drei Wege wir ein identisches Verhalten feststellen. In dieser Beziehung haben demnach die drei Methoden für uns den gleichen Wert. Unter solchen Umständen müssen wir uns daher fragen, ob von einem anderen Gesichtspunkt aus eine der drei Prüfungsarten den Vorzug verdient. So kleine Rindengebiete, wie die von einem Teil unserer architektonischen Einzelfelder dargestellten, sind bisher noch nie einer

Funktionsprüfung unterworfen worden. Vollends unternehmen wir zum ersten Male den Versuch, über die Existenz der linearen Begrenzung bestimmter Funktionen eine experimentelle Entscheidung zu treffen. Die fasersystematische Methode muß sich im wesentlichen auf sekundäre Degenerationen stützen. Sie hat also ebenso wie die Ausfalls- und Isoliermethode alte Zerstörungen von Hirnsubstanz zur Voraussetzung. Entsprechend dem Umstand, daß jeder operative Eingriff stets zu Nekrosen in der Umgebung führt, ist es deshalb unmöglich, auf diesem Wege die Frage nach der linearen Begrenzung gewisser Funktionen zu entscheiden. Bei der ausfallsphysiologischen Methode ist es ferner schwierig, zwischen den Wirkungen zu unterscheiden, welche durch die tatsächlichen Zerstörungen hervorgerufen sind, und denjenigen, welche auf der mit der Zerstörung verbundenen Desorganisation des Zusammenwirkens der verschiedenen Rindenabschnitte beruhen (*Dislokation Cécile Vogts*). Mit diesen Schwächen hat die elektrische Reizmethode nicht zu kämpfen. Wir haben uns deshalb seit 1907 noch ausschließlicher als zuvor dieser Methode bedient und werden im folgenden nur mit ihr gewonnene Feststellungen berücksichtigen und zwar bloß solche, welche wir an Angehörigen der Subfamilie der Cercopithecinen (*Macacus*, *Cynomolgus*, *Cercocebus*, *Cercopithecus* etc.) gewonnen haben.

Die Ergebnisse unserer 1906 und 1907 veröffentlichten Reizversuche verglichen wir mit Brodmanns architektonischer Rindenfelderung des Cercopithecengehirns. Brodmann fand (vgl. Textfig. 100, S. 403) einen sehr differenten Bau zwischen der hinteren und der vorderen Zentralwindung und zerlegte außerdem die vordere Zentralwindung und das angrenzende Gebiet der Stirnwindungen in drei verschiedene Rindenfelder, 4, 6 und 8. Durch unsere Reizergebnisse angeregte eigene Untersuchungen lehrten uns dann noch, daß das Brodmannsche Feld 6 weiterhin in ein dorsales 6a und ein ventrales 6b getrennt werden muß. In bezug auf diese architektonische Felderung ließen sich unsere damaligen Ergebnisse<sup>1)</sup> folgendermaßen zusammenfassen. Stellten wir die nicht mit Augenschluß assoziierten Augenbewegungen, die Augenöffnung, die kontralaterale Wendung des Gesichts und bestimmte Ohrbewegungen als *Einstellungs-* oder *Adversions-Bewegungen* den übrigen, unter dem Begriff der *Spezialbewegungen* zusammengefaßten motorischen Reaktionen gegenüber, und teilten wir ferner diese Spezialbewegungen in *tonische* und *rhythmisiche*, so gelangten wir zu fünf verschiedenen reizphysiologischen Territorien, von denen je eins in eins der genannten architektonischen Rindenfelder fiel (vgl. Fig. 101, S. 403). Das postzentrale Gebiet erwies sich — im Gegensatz zur herrschenden, in dem Schema von Ferrier, sowie dem von Beevor und Horsley (Figg. 102 u. 103 auf S. 403) zum Ausdruck kommenden Ansicht — als nur indirekt, d. h. durch Vermittlung der Area 4 Brodmanns, erregbar. Alle absoluten Foci, d. h. die erregbarsten und gleichzeitig die Erregung direkt peripherwärts leitenden Reizstellen, für alle tonischen Spezialbewegungen

<sup>1)</sup> Wie weit dabei unsere Ergebnisse nur eine Bestätigung der Befunde früherer Autoren waren, ist von uns 1907 ausführlich dargestellt worden.

befanden sich in Brodmanns Feld **4**. Diejenige Reizstelle, von der man ganz allein rhythmische Bewegungen erhält, und zwar Lecken, Kauen und Schlucken, befand sich innerhalb des Feldes **6b**. Das Gebiet, von dem man primär Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite auslösen konnte, lag im Brodmannschen Felde **8**. Und endlich ergab Reizung von Teilen des Feldes **6a** primär Augenöffnung, Seitwärtswendung des Gesichtes oder Bewegungen des Ohrs und sekundär Augenbewegungen. So lehrten unsere Versuche, daß die erwähnten architektonischen Rindenfelder auch eine verschiedene physiologische Bedeutung hatten.

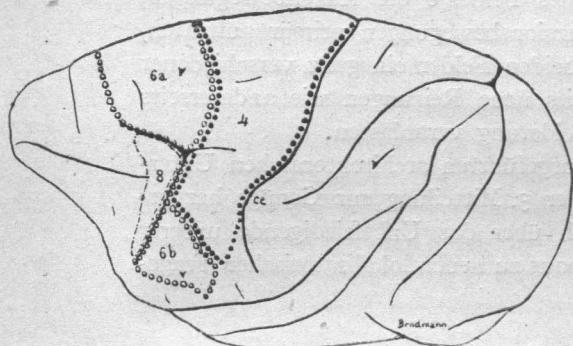


Fig. 100.

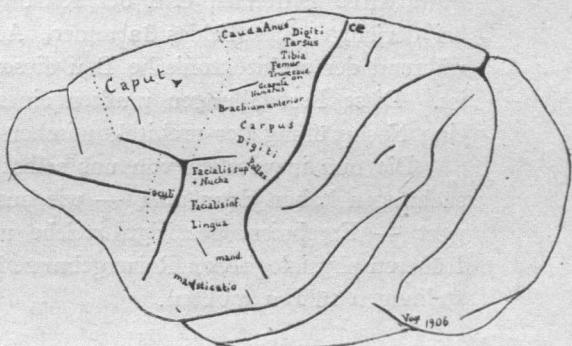


Fig. 101.

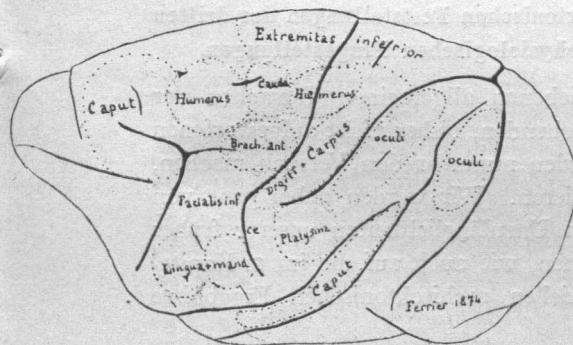


Fig. 102.

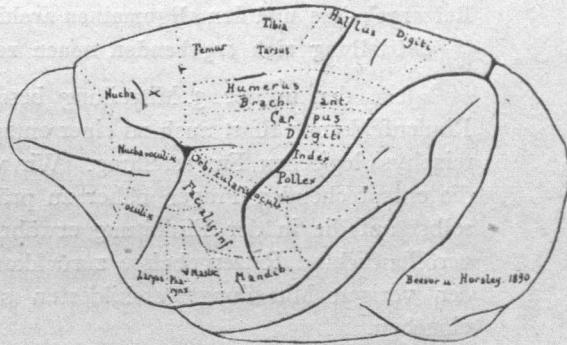


Fig. 103.

**Figur 100.** Die Lage der Brodmannschen Rindenfelder **4**, **6** und **8** auf der Konvexität des Gehirns von Cercopithecus und unsere Zerlegung der Area **6** in **6a** und **6b**. Brodmann, 1905. O. Vogt, 1906.

**Figur 101.** Die elektrisch leicht erregbaren Zentren. Nach C. und O. Vogt, 1906. Es fehlen die Zentren der parieto-okzipitalen Augenregion und der temporalen Ohr- und Blickregion.

**Figur 102.** Die elektrischen Reizgebiete. Nach Ferrier, 1874.

**Figur 103.** Die elektrischen Reizgebiete nach Beevor und Horsley, 1890.

Aber andererseits waren unsere Feststellungen nach mancher Richtung hin unbefriedigend. Unsere reizphysiologisch abgegrenzten Gebiete nahmen nur Teile der nach der Brodmannschen Darstellung einheitlich gebauten Felder ein. So war es uns nicht gelungen, absolute Foci auf der Median-

seite aufzufinden, und doch reicht Brodmanns Area 4 auf diese über! So lag ferner zwischen dem in der Fig. 101 (S. 403) als *Caput* bezeichneten Reizfelde und dem Beingebiet eine große, weniger erregbare Zone: unser *Dyscampus praecentralis*. Hier forderte die Übereinstimmung zwischen physiologischer und architektonischer Felderung die architektonische Dreifelderung der 4+6a. Vor allem aber war es unbefriedigend, daß Reizungen der Felder 6a und 8 beinahe die gleichen Ergebnisse hatten. Reizungen beider Felder führten zu den oben aufgeführten Adversionsbewegungen und zeigten nur die — worin wir unsere obigen Angaben nunmehr ergänzen müssen — nicht einmal ganz konstante Differenz, daß bei Reizung des Feldes 8 die Augenbewegungen, bei derjenigen des Feldes 6a andere Adversionsbewegungen primär auftraten, während der architektonische Bau dieser beiden Felder ein ganz verschiedener ist. Diese Feststellungen mußten einerseits neue Reizungen wie andererseits eine Nachprüfung der architektonischen Felderung veranlassen.

Die nun inzwischen von uns selbst ausgeführten architektonischen Untersuchungen haben dann aber — wie aus der 3. Mitteilung zur Genüge hervorgeht — Ergebnisse gezeitigt, welche noch über das Unbefriedigende unserer früheren physiologischen Reizergebnisse zu neuen lokalisatorischen Fragestellungen führen mußten.

### 1. Kapitel.

#### **Die aus den vorstehend geschilderten Unzulänglichkeiten unserer früheren Reizergebnisse und den allgemeinen architektonischen Feststellungen der dritten Mitteilung sich ergebenden neuen reizphysiologischen Fragestellungen.**

Jede der in der 3. Mitteilung beschriebenen allgemeinen Tatsachen der Rindenfelderung führt auch zu einer entsprechenden, bisher nicht aufgeworfenen reizphysiologischen Fragestellung. Wir werden nunmehr den Versuch machen, die entsprechenden Fragen näher zu präzisieren. Wir werden dabei ganz von selbst auf die in der Einleitung erwähnten Unzulänglichkeiten unserer früher veröffentlichten Reizergebnisse zurückkommen, wie auch auf die im 2. Kapitel der vorigen Mitteilung geschilderten speziellen architektonischen Ergebnisse eingehen.

1. Die architektonische Tatsache der Existenz einer Rindenfelderung muß uns zu der Frage anregen, ob die reizphysiologische Sonderreaktion, die wir als charakteristisch für eine Rindenstelle nachweisen, auf der Leistung einer einzelnen Schicht oder auf einem Zusammenwirken des gesamten Rindenquerschnittes beruht. Sollte das letztere für eine Reihe von Rindenstellen nachweisbar sein, so würde damit der definitive Beweis für ein enges Zusammenarbeiten der verschiedenen Schichten der einzelnen Rindenstelle und damit derjenige für die Existenz einer physiologischen Rindenfelderung geliefert werden.

2. Campbell hat — wie wir oben erwähnten — beim Menschen 20, Elliot Smith gegen 50 und Brodmann reichlich 50 Felder (vgl. Figg. 53 u. 54 auf S. 341!) voneinander getrennt. Wir sind zur Unterscheidung von 200 Areae

gekommen. Ebenso haben wir einige Brodmann-Maussche Rindenfelder der Cercopithecinen — wie wir im 2. Kapitel der vorigen Mitteilung zeigten — in eine Reihe besonderer Felder gegliedert. Dabei zeigt ein Vergleich unserer Felderung mit derjenigen unserer Vorgänger, daß wir die von uns neu abgegrenzten Felder in drei Kategorien einteilen können. Die erste Gruppe umfaßt bisher übersehene, wirklich eigenartig gebaute Felder. Eine solche Eigenartigkeit schreiben wir den Feldern **6ba** + **6bβ** im Gegensatz zu **6aα** und **6aβ** oder unserer Area **10a** gegenüber der von Brodmann geschilderten **10** zu. Eine zweite Gruppe umfaßt Felder, deren Besonderheit bereits vor uns hervorgehoben worden ist, die aber dann nur als Übergangszenen zwischen besonderen Feldern aufgefaßt wurden. Das gilt z. B. von unserem Felde **3a**, das Brodmann als Übergangsgebiet zwischen seinen Feldern **4** und **3** (unserem **3b**) deutete. Die dritte Gruppe vereinigt die Felder, in welche wir bisher als einheitlich aufgefaßte Felder noch weiter zerlegt haben. Hierher gehört z. B. unsere Aufteilung von **4**, **6a**, **6b** und **8**. Die Berechtigung der Abgrenzung der Felder der ersten Kategorie wird wohl von niemand bestritten werden. Dagegen kann man sich fragen, ob eine so weit gehende Felderung, wie sie durch die Absonderung unserer in die zweite und dritte Gruppe fallenden Felder herbeigeführt wird, auch heute bereits eine Bedeutung für die Lokalisationslehre hat. Können wir für eine hinreichend große Zahl unserer architektonischen *Elementarfelder* ein ungleiches Verhalten gegenüber dem elektrischen Reize nachweisen, so daß wir berechtigt sind, auch bei unserer weitgehenden Rindenfelderung jeder einzelnen Area eine Sonderfunktion zuzuschreiben und in künftigen neuen Abgrenzungen architektonischer Rindenfelder weitere physiologische Fortschritte zu sehen?

3. Aus der Existenz haarscharfer Trennungslinien und ungebrochener Grenzlinien der architektonischen Felder ergibt sich die Frage, ob wir reizphysiologische Sonderreaktionen aufdecken können, deren Lokalisation nicht nur in spezielle *Areae* fallen, sondern auch die identische haarscharfe und in ungebrochenen Linien verlaufende Grenze der betreffenden architektonischen Rindenfelder aufweist. Bis 1907 hatten wir uns vor allem gefragt, wie eng umgrenzte Reizstellen für möglichst einfache motorische Reaktionen in der Hirnrinde vorkommen. Zur Lösung dieser Frage hatten wir zumeist die schwächsten wirksamen Ströme, unsere *Minimalreize*, angewandt. Wir hatten bei dieser Art experimentellen Vorgehens die Existenz sehr kleiner, oft nur 1 mm Durchmesser zeigender und durch unerregbarere Gebiete voneinander getrennter Reizpunkte, unserer *absoluten Foci*, aufgedeckt. Der Nachweis dieser einzelnen Foci gestattete uns aber nicht, physiologische Territorien nach Art der architektonischen Rindenfelder zu begrenzen. Wir konnten auf diese Weise wohl feststellen, daß bestimmte Foci in einer unserer architektonischen *Areae* gelegen sind. Aber wir gelangten so zu keiner territorialen Zerlegung des Cortex cerebri, geschweige denn zu einer Klärung der Schärfe und des Verlaufes der Grenzen der einzelnen physiologischen Gebiete. Es mußten sich uns daher die Fragen aufdrängen: 1. ob wir bei der Applizierung stärkerer Reize, d. h. unserer *hyperminimalen*, auf die Umgebung der absoluten

Foci so schroffe Gegensätze in der Abstufung der relativen Erregbarkeit des um die absoluten Foci gelegenen Cortex nachweisen können, daß die Reizmethode auf diese Weise zu einer landkartenartigen Einteilung der Hirnoberfläche führt und z. wie die Grenzen einer so eventuell gewonnenen Oberflächengliederung gestaltet sind. Decken derartige Untersuchungen eine Oberflächengliederung auf, welche mit derjenigen der architektonischen Rindenfelderung übereinstimmt, so ist bei gleichzeitiger positiver Beantwortung der 1. und 2. Frage eindeutig erwiesen, daß unsere architektonische Rindenfelderung den morphologischen Ausdruck einer physiologischen Gliederung darstellt.

4. Mit Rücksicht auf den relativ gleichartigen Bau des einzelnen Rindenfeldes mußte sich uns die Frage aufdrängen, ob auch die reizphysiologische Reaktionsweise des gesamten Rindenfeldes eine identische ist. Unter dieser Identität verstehen wir eine gleiche Qualität der Reaktion bei — auch nur in einem beschränkten Maße zugegebenen — Differenzen in bezug auf die an der einzelnen Bewegung beteiligten Muskeln, d. h. Differenzen, welche wir in einer früheren Arbeit als *somatotopische* bezeichnet haben. Bei einer positiven Beantwortung dieser Frage würde also das einzelne architektonische Rindenfeld in seiner gesamten Ausdehnung als ein der qualitativ gleichen Funktion dienendes Elementarorgan aufzufassen sein. In Fällen, wo wir die Funktion eines Teiles eines solchen Feldes nur festzustellen Gelegenheit hatten, wären wir dann ferner berechtigt, auch für den Rest der betreffenden Area die qualitativ gleiche Funktion anzunehmen. Als spezielles Prüfungsobjekt muß sich uns — entsprechend den Ausführungen der Einleitung zu dieser Mitteilung (S. 403f.) — vor allem die Medianseite der Hirnoberfläche aufdrängen. Führt ihre Reizung in der Ausdehnung der *Area gigantopyramidalis* unter günstigeren Versuchsbedingungen, als sie bisher von den Experimentatoren erzielt wurden, zu Resultaten, welche den Reaktionen unseres *Hauptfeldes*, d. h. der *Area gigantopyramidalis* der Konvexität, qualitativ gleichen, so hätten wir den Beweis der gleichen Funktion für ein ganzes architektonisches Rindenfeld in einwandfreier Weise erbracht. Eine Ausdehnung dieser Untersuchung auf die benachbarten Felder und ein identisches Ergebnis würden sehr dazu beitragen, dem die *Area gigantopyramidalis* betreffenden Spezialfall eine generelle Bedeutung zu verleihen.

5. Die ungleiche Verwandtschaft benachbarter architektonischer Rindenfelder muß uns die Frage aufdrängen, ob ein Parallelismus zwischen der Stärke der architektonischen Differenzen und derjenigen der reizphysiologischen Reaktionen besteht, so daß man nach Feststellung der reizphysiologischen Reaktion eines anatomischen Einzelfeldes eine ähnliche Funktion verwandten Feldern zuschreiben und andererseits bei großen strukturellen Verschiedenheiten auch grundlegende reizphysiologische Differenzen vermuten darf. Bei ähnlichen Funktionen würde dann noch die Frage entstehen, wieweit die Unähnlichkeit nur eine Heterosomatotopie ausdrückt (d. h. die gleiche Funktion betrifft, aber nur ungleiche Muskeln angeht) und wieweit es sich doch um leichte qualitative Differenzen handelt. Wir werden zur Beantwortung dieser Fragen entsprechend unseren Ausführungen in der Einleitung und in der vorigen Mitteilung speziell zu untersuchen haben, ob wir eine grundlegende physiologische Differenz zwischen

den durchaus verschieden gebauten Feldern **6a $\beta$**  und **8** aufdecken können. Wir werden ferner feststellen müssen, ob unsere Teilung von **6a** in **6a $\alpha$**  und **6a $\beta$**  der aus unseren reizphysiologischen Experimenten geforderten Dreiteilung der Felder **4 + 6a** entspricht. Bei einer positiven Beantwortung dieser Fragen wird dann aber noch die weitere Tatsache einer Aufklärung bedürfen, warum die architektonisch so nahe verwandten Felder **6a $\alpha$**  und **6a $\beta$**  bei unseren bisherigen Reizversuchen so äußerst ungleiche Reaktionen ergeben haben (**6a $\alpha$**  bei starken Strömen Spezialbewegungen, **6a $\beta$**  bei schwachen Strömen Einstellungsbewegungen). Wir werden endlich auf Grund der in den folgenden Ausführungen näher zu schildernden Tatsache, daß die ganz anders gebauten Felder des *Gyrus centralis posterior* genau so wie **6a** die Vermittlung von **4** für die reizphysiologische Erzielung von Spezialbewegungen nötig haben, gezwungen sein, tiefer in den jedesmaligen Übertragungsmodus und das Wesen der angeregten Spezialbewegungen einzudringen.

6. Endlich fragt es sich, ob wir der stufenweise sich vollziehenden Gradation architektonischer Rindenfelder eine solche der Funktion parallel stellen können.

Eine Beantwortung aller dieser Fragen stellt aber an die Leistungsfähigkeit der Reizmethode wesentlich höhere Anforderungen als wir sie bis 1907 erhoben. Das folgende Kapitel hat die Aufgabe, zu zeigen, wie wir durch Vervollkommenung der Reizmethode dieser Anforderung gerecht zu werden bemüht gewesen sind.

## 2. Kapitel.

### Die Gestaltung unseres neuen reizphysiologischen Experimentierens.

Wir haben versucht, den durch unsere neuen Fragestellungen wesentlich gesteigerten Anforderungen an die Reizmethode durch 1. Erweiterung unseres reizphysiologischen Vorgehens, 2. Verfeinerung der Analyse der motorischen Reaktionen und 3. immer weitergehende Ausmerzung von Fehlerquellen zu genügen.

#### I. Die Erweiterung unseres reizphysiologischen Vorgehens.

Die Erweiterung unseres reizphysiologischen Vorgehens betrifft einmal die angewandten Reizformen und dann ihre Kombination mit anderen operativen Eingriffen.

##### 1. Die neuen Reizformen.

Wir haben a) mehr als früher die bipolare Elektrode verwendet, b) die applizierte Stromstärke stärker variiert und c) zeitweise das Gehirn gleichzeitig zweien Reizungen unterworfen.

a) Während wir uns bis 1907 fast ausschließlich der unipolaren Reizung bedienten, haben wir später meistens die bipolare Elektrode angewendet. Wir haben dies aus zwei Gründen getan. Zunächst wollten wir uns in ausgedehnterem Maße, als es bis dahin von uns geschehen war, davon überzeugen,

ob irgendwelche in unseren früheren Mitteilungen angegebenen Befunde bei bipolarer Reizung eine Modifikation erfahren. Vor allem aber haben wir bei unseren neuen Versuchen vielfach starke oder sogar sehr starke Reize **zu** applizieren gehabt. Dafür erweist sich nun aber die unipolare Reizung wegen der sie charakterisierenden starken Stromschleifen als gänzlich ungeeignet.

b) In bezug auf die angewandte Stromstärke haben wir nach vier Richtungen unser experimentelles Vorgehen erweitert:

1. Zur Lösung der Frage nach der Existenz auf der Hirnoberfläche landkartenartig abgrenzbarer physiologischer Territorien und der Gestaltung der eventuellen Grenzen dieser haben wir vielfach die früher meist angewandten minimalen Reize entsprechend der im vorigen Kapitel gegebenen Begründung durch hyperminimale ersetzt.

2. Bis 1907 haben wir uns vielfach darauf beschränkt, für schwerer erregbare Gebiete, wie z. B. den Gyrus centr. post., die Unerregbarkeit bei einer mittleren Stromstärke festzustellen. Unter Verwendung der bipolaren Elektrode haben wir nun meist den wirklichen Grad der Unerregbarkeit konstatiert. Dasselbe gilt auch von Fällen, wo wir durch Exstirpationen, Faserrichttrennungen und Isolierungen die Erregbarkeit eines Rindengebietes künstlich herabgesetzt hatten. Diese Feststellungen erforderten natürlich oft die Anwendung sehr starker Reize.

3. Bis 1907 hatten wir bei den motorischen Reaktionen unser Hauptaugenmerk auf die Primärbewegung gerichtet. In der Folgezeit haben wir vielfach ein gleiches, ja stellenweise das größere Interesse den sich an die primäre Reaktion anschließenden Sekundärbewegungen zugewandt. Für das Studium dieser Sekundärbewegungen mußten wir dieselbe Rindenstelle natürlich wesentlich stärkeren Reizen unterwerfen.

4. Endlich haben wir zeitweise systematisch so starke und anhaltende Reize appliziert, daß ein epileptischer Anfall etwa 20 Sekunden die Reizung überdauerte. Unsere Vermutung, daß sich die ungleichen Funktionen gewisser Rindenfelder auch in Besonderheiten des epileptischen Anfalls äußern würden, hat sich dabei zu unserer Freude bestätigt. Soviel wir wissen, ist die Anwendung derartiger epileptogener Reize zur Aufdeckung funktioneller Differenzen bisher nicht versucht worden.

c) Schließlich haben wir die Beeinflussung einer durch bipolare Reizung einer Rindenstelle ausgelösten Bewegung durch Reizung einer zweiten Rindenstelle mit einer zweiten bipolaren Elektrode studiert. Gelegentlich war die Versuchsanordnung auch die, daß eine zufällig auftretende Spontanbewegung die erste Reizreaktion ersetzte.

Derartige zweistellige Rindenreizungen haben Schäfer und Mott 1890 bereits angewendet, um die Beeinflussung einer von einem Augenfeld ausgelösten Augenbewegung durch Reizung eines anderen Augenfeldes zu studieren.

## 2. Die Ausdehnung der mit unseren Reizungen verbundenen operativen Eingriffe.

Das Neue in unseren mit den Reizungen kombinierten operativen Eingriffen betraf: a) den Zeitpunkt ihrer Ausführung, b) ihre größere Mannig-

fältigkeit und c) ihre Vereinigung mit der Einführung den elektrischen Strom isolierender Platten.

a) Bis 1907 hatten wir uns darauf beschränkt, das Verhalten gewisser Rindenterritorien gegenüber elektrischen Reizen nach bereits einige Zeit zurückliegenden Gehirnoperationen zu studieren. Seitdem haben wir vornehmlich die Modifikation elektromotorischer Reaktionen unmittelbar im Anschluß an operative Eingriffe untersucht. Der Vorteil gegenüber längere Zeit vorher ausgeführten Operationen ist neben dem nicht zu gering zu schätzenden Zeitgewinn ein dreifacher. Man kann 1. auf diese Weise die schon oben (S. 402) erwähnten sekundären Nekrosen in der Umgebung des Eingriffs wie auch die oft einige Zeit nach der Operation in größerer Entfernung auftretenden Herde vermeiden und so eine scharfe Begrenzung des operativen Eingriffs erzielen; 2. fallen bei diesem Vorgehen narbige Verwachsungen fort, welche naturgemäß oft gerade an derjenigen Stelle auftreten, die wir später vornehmlich der Reizung zu unterwerfen haben; 3. wird eine Unklarheit bezüglich der Interpretation bestimmter eventuell möglicher Versuchsergebnisse vermieden. In Fällen nämlich, wo nach längere Zeit zurückliegender Exstirpation eines direkt erregbaren, d. h. die nervöse Erregung unmittelbar zentrifugal leitenden Rindengebietes das benachbarte unerregbarere Gebiet wohl eine Herabsetzung, aber kein vollständiges Erlöschen der elektrischen Ansprechbarkeit zeigen würde, da darf man nicht ohne weiteres schließen, daß auch unter normalen Verhältnissen ein Teil des durch die elektrische Reizung eines solchen unerregbareren Gebietes ausgelösten Reizes neurodymanisch direkt zentrifugal weiter geleitet wird. Es könnte sich um schwerer ansprechbare Bahnen handeln, welche unter normalen Umständen bei der elektrischen Reizung dieser Gegend nicht in Tätigkeit versetzt werden. Andererseits geht klar aus allen unseren Versuchen hervor, daß sich Schockwirkungen oder andere temporäre Funktionsschädigungen auch für die Zeit unmittelbar nach dem operativen Eingriff meist in genügendem Maße vermeiden lassen.

b) An operativen Eingriffen fügten wir den schon vor 1907 von uns ausgeführten Rindenzerstörungen die von Sherrington und Grünbaum bereits beim Anthropoiden vorgenommene Freilegung der Lippe, gewisser Furchen sowie vor allem intra- und subkortikale Faserdurchschneidungen hinzu. „Umschneidungen“ und „Unterschneidungen“ gewisser Rindenpartien sind von Exner in die Reiztechnik eingeführt. Seinen Versuchen beim Kaninchen folgten 1885 am Hund vorgenommene Experimente seines Schülers Paneth. Beide Autoren haben sich dabei darauf beschränkt, auf diese Weise 1. die „*absoluten Rindenfelder*“ Exners, d. h. dasjenige Gebiet abzugrenzen, von welchem direkte Nervenfasern die motorische Erregung peripherwärts leiten, und 2. den Grad einer isolierten Lokalisation der einzelnen Bewegungen zu prüfen. Wir unsererseits haben auf diesem Wege nicht nur die eben genannten Fragen untersucht, sondern auch den Leitungsmechanismus der *relativen Rindenfelder* Exners, d. h. jener Felder, deren Reizung nur durch Vermittlung der absoluten Rindenfelder zu einer motorischen Reaktion führt, aufzudecken uns bemüht. Wir haben endlich — wohl als erste — den Einfluß von Durchschnei-

dungen der Leitungswege zwischen gewissen absoluten und relativen Rindenfeldern auf einen durch Reizung eines relativen Rindenfeldes entstandenen epileptischen Anfall und auf die weitere Auslösbarkeit solcher geprüft, um so in den Leistungsmechanismus des epileptischen Anfalls tiefer einzudringen. Die Klärung des im Einzelfall eingeschlagenen Leitungsweges hatte dabei für uns eine zweifache Bedeutung: 1. durch Feststellung ungleicher Leistungsmechanismen Reaktionsdifferenzen auf den elektrischen Reiz zu finden und 2. die Zahl der an einer Reaktion beteiligten Schichten aufzudecken.

c) Vielfach haben wir dann noch die Durchschneidungsmethode dadurch vervollkommenet, daß wir in den zum Zweck einer Leitungsunterbrechung vorgenommenen Einschnitt ein Deckglas einführten. Auf diese Weise konnten wir eine eventuelle Irradiation des elektrischen Reizes über die Schnittwunde hinaus vermeiden und so auf Irradiation der Elektrizität und auf neurodynamischer Weiterleitung beruhende Fernwirkungen des elektrischen Reizes voneinander trennen. Wo die einfache Faserunterbrechung den elektromotorischen Effekt aufhebt und gleichzeitig eine Schockwirkung ausgeschlossen werden kann, muß sich vorher der elektrische Reiz diesseits der Unterbrechungsstelle in einen neurodynamischen umgesetzt haben. Fälle dagegen, in denen eine elektrische Reizwirkung durch Einführung des Deckglases aufgehoben wird, aber nach Entfernung desselben wieder von neuem in Erscheinung tritt, sind nur durch Irradiation des elektrischen Reizes zu erklären. Die entsprechenden Experimente lehren zugleich, daß eine physiologisch wirksame Irradiation des elektrischen Stromes bei Verwendung der bipolaren Elektrode überhaupt nur stattfindet, wenn relativ starke Ströme appliziert werden.

Solche Isolierungsversuche sind zum ersten Male 1898 durch R. Ewald gemacht worden. Er ersetzte den Umschneidungsversuch Exners durch Versenkung kleiner, sehr dünnwandiger Glaszyylinder in die Gehirnrinde. Dann haben noch Jolly und Simpson 1907 eine Isolierung in der Weise durchgeführt, daß sie eine dünne Platte von Hartgummi („Vulcanite“) in den Sulcus centralis bis zur Durchtrennung der grauen Rinde des Furchenfundus einführten. Dieselbe Isolierung wandten die Autoren ferner noch zur Feststellung der Grenze der einzelnen Bezirke im Gyrus centr. ant. an, ohne Einzelheiten über ihre Versuchsergebnisse zu veröffentlichen. Sie geben endlich an, daß sie auch in der Weise die Irradiation des elektrischen Stromes vermieden hätten, daß sie den Rand von Kupferplatten, die durch Drähte mit der Erde verbunden waren, auf die Hirnoberfläche setzten. Den Sinn dieser Versuchsanordnung haben wir nicht begriffen. Auch der von uns deswegen um Auskunft gebetene Physiker Herr Dr. Rausch von Traubenberg verstand die Versuchsanordnung nicht. Dagegen machte er uns darauf aufmerksam, daß das Einsenken einer Kupferplatte als eines besonders guten Leiters in die Gehirnmasse durch Absorbierung des elektrischen Stromes ebenso gut isolierend wirken könnte wie die von uns verwendete, durch ihre schlechte Leitung wirksame Glasplatte.

## II. Die Verfeinerung der Analyse der motorischen Reaktionen.

Wir sind ferner bestrebt gewesen, durch Würdigung einer Reihe von bisher nicht oder nicht genügend beobachteter Einzelheiten der motorischen Reaktionen die Leistungsfähigkeit der Reizmethode in der Aufdeckung von Differenzen noch zu steigern. Neben der Bewegung selbst, ihrem tonischen oder

rhythmischen Verlauf und ihrer Reizschwelle haben wir bei gewöhnlichen Reizen die Latenzzeit, die Schnelligkeit der Bewegung sowie die Tendenz zur Irradiation derselben, zu einem gleichzeitigen Tremor und zu den Reiz überdauernden klonischen Zuckungen, einem sogenannten epileptischen Anfall, als wichtige Anzeichen funktioneller Differenzen kennen gelernt. Soweit wir epileptogene Reize applizierten, bildeten Verschiedenheiten der Dauer des epileptischen Anfalls, der Stärke der Oszillationen und der Zahl der beteiligten Muskelgruppen derartige Modifikationen.

Ferner haben wir uns bemüht, die Beobachtung und Protokollierung immer detaillierter und kompletter zu gestalten. Schließlich nahmen an unseren Reizversuchen so viele Beobachter teil, daß alle Körperteile bei jeder Einzelreizung auf eine eventuelle Reaktion kontrolliert wurden. Die Protokollierung erfolgte stets nach wenigen Einzelreizzungen unter Kontrolle der beteiligten Beobachter und hat mit der Zeit eine immer detailliertere Gestaltung angenommen.

### III. *Die Ausmerzung von Fehlerquellen.*

Die Reizung derselben Rindenstelle mit dem gleichen Reiz gibt nicht immer identische Reaktionen. Hier greifen neurodynamische Bahnungen und Hemmungen störend ein. Dann rufen die augenblickliche Tiefe der Narkose, Zirkulationsschwankungen und mechanische Schädigungen des freigelegten Cortexabschnittes (Abkühlung, Austrocknung usw.) starke Schwankungen in der allgemeinen elektrischen Erregbarkeit des Cortex hervor. Spezielle lokale Verletzungen oder Erschöpfungen führen noch zu besonderen Veränderungen der Erregbarkeit zirkumskripter Gebiete. Wir sind nun immer mehr bemüht gewesen, diese Fehlerquellen auszumerzen.

Wir haben alle Rindenreizzungen bei einer Zimmertemperatur vorgenommen, die nie unter  $30^{\circ}\text{C}$  fiel.

Wir haben beim einzelnen Versuch in gewissen Zeitabständen immer wieder auf die gleichen, in ihrer Zahl sehr beschränkten Rindenstellen unsere Reize appliziert. Auf diese Weise sind wir bemüht gewesen, zu richtigen Durchschnittsreaktionen und Durchschnittszahlen zu gelangen und gelegentliche Ausnahmen als solche zu erkennen.

Wir haben ferner immer ausschließlicher den gleichen Erregbarkeitszustand des Gehirns für unsere Versuche benutzt. Die immer wieder notwendig werdende Vertiefung der Narkose sowie die operativen Eingriffe setzen natürlich die Erregbarkeit herab, wie andererseits ein zu starkes Erwachen im umgekehrten Sinne seinen störenden Einfluß ausübt. Wir sind deshalb im Rahmen des Möglichen immer mehr dazu übergegangen, nur diejenigen Erregbarkeitszustände zu benutzen, in denen gewisse Reizstellen eine identische Erregbarkeit zeigten.

Endlich haben wir auch in diesen neuen Versuchsreihen daran festgehalten, durch zeitliche Hintansetzung der architektonischen Untersuchung den subjektiven Faktor aus der Bewertung der Reizergebnisse nach Kräften auszuschalten. Wir können unsere architektonische Rindenfelderung mit Hilfe von Mikrophotographien in ganz objektiver Weise darstellen. Dagegen können

bei den Schwankungen, welche die elektrischen Reizergebnisse aus den verschiedenen eben aufgezählten Gründen zeigen, vorgefaßte Meinungen zu einseitiger Hervorhebung einer Teilreaktion oder zu unberechtigter Verallgemeinerung außergewöhnlicher Reaktionen führen. Aus diesem Grunde hatten wir bis 1907 unsere Reizungen am Cercopithecengehirn vorgenommen, ohne uns von der Brodmannschen architektonischen Rindenfelderung dieses Gehirns irgendwie leiten zu lassen. In Verfolgung dieses Grundsatzes haben wir unsere neuen, in der 3. Mitteilung geschilderten architektonischen Feststellungen am Cercopithecengehirn erst nach Abschluß der im folgenden berücksichtigten Rindenreizungen gemacht.

### 3. Kapitel.

#### Unsere neuen Reizergebnisse:

In Ergänzung fremder und eigener früherer Reizbefunde haben unsere neuen Untersuchungen uns dazu geführt, auf der Hirnoberfläche folgende, dem elektrischen Reiz gegenüber sich verschieden verhaltende, durch haarscharfe, in ungebrochenen Linien verlaufende Grenzen voneinander getrennte und mit bestimmten architektonischen Rindenfeldern zusammenfallende Territorien von einander zu unterscheiden:

1. Das leicht und direkt erregbare, mit dem architektonischen Feld **4** identische *Primärfeld* (*Campus primarius*) für tonische Spezialbewegungen.
2. Das weniger und nur indirekt erregbare, sekundär mit Einstellungs bewegungen reagierende und mit **6αα** identische *Sekundärfeld* für tonische Spezialbewegungen.
3. Das noch weniger und dabei auch nur indirekt erregbare, dafür aber primär mit Einstellungs bewegungen reagierende und mit **6αβ** identische *Tertiärfeld* für tonische Spezialbewegungen.
4. Das direkte, leicht erregbare Feld für Mastikation, d. h. rhythmisches Kauen, Lecken, Schlucken und rhythmische Kehlkopfbewegungen (**6βα**).
5. Das neue Zentrum für Beeinflussung der Atmung (**6ββ**).
6. Das Feld für die Denervation der Mastikation (**8γ**) und schwer erregbare Adversionsbewegungen.
7. Das Feld (**8β**) für leicht erregbare Adversionsbewegungen und fragliche Denervation des Fazialis.
8. Das Feld (**8α**) für leicht erregbare Adversionsbewegungen und fragliche Denervation der oberen Extremität.
9. Die Felder (**8δ**, **9** und **10**) für schwerer erregbare Adversionsbewegungen.
10. Das schwer und nur indirekt erregbare, determinierende, mit eng begrenzten Bewegungen reagierende und mit den Feldern **3a**, **3b**, **1** und **2** identische postzentrale Feld.
11. Das schwer und nur indirekt erregbare, mit komplexen Bewegungen der Hand und bald sich anschließenden sekundären Adversionsbewegungen reagierende, in **7b** gelegene Feld.
12. Das noch schwerer und nur indirekt erregbare, gleich oder sehr schnell mit gemeinsamen Bewegungen von Bein und Arm reagierende Feld in **5a**.

13. Das primär mit schwer erregbaren Adversionsbewegungen und sekundär mit gemeinsamen Bewegungen von Bein und Arm reagierende Feld in **5b**.
14. Das schwer erregbare Augenfeld in **7a**.
15. Das leicht erregbare Augenfeld in **19a**.
16. Das Ohrfeld in **22a**.

### 1. Das Primärfeld für tonische Spezialbewegungen.

Als *Hauptfeld* haben wir 1907 dasjenige Rindengebiet des *Gyrus centralis anterior* bezeichnet, in welchem die *absoluten Foci*, d. h. die erregbarsten Reizstellen, für alle nicht rhythmischen Spezialbewegungen gelegen sind. Die absoluten Foci zeigten sich dabei als durch weniger erregbare Gebiete, unsere *relativen Foci*, voneinander getrennt. Dabei wiesen schon damals einzelne unserer Versuche darauf hin, daß man bei Anwendung der die relativen Foci erregenden *hyperminimalen* Reize zu einer landkartenartigen Begrenzung eines von den absoluten und relativen Foci gemeinsam gebildeten zusammenhängenden Territoriums gelangen kann. Unsere inzwischen systematisch auf diesen Punkt gerichteten Untersuchungen haben uns nun gelehrt, daß wir überall in der Peripherie dieses Territoriums eine Stelle erreichen, wo die Erregbarkeit plötzlich noch mehr abfällt. Indem wir diese Tatsache zur Abgrenzung benutzen, kommen wir — wo immer wir die Frage geprüft haben — zu einer scharfen Abgrenzung eines Territoriums, welches in seiner ganzen Ausdehnung durch eine immer noch relativ hohe Erregbarkeit ausgezeichnet ist, sich dadurch schroff von der Umgebung abhebt und vollständig mit dem architektonischen Feld **4** (der *Area gigantopyramidalis*) zusammenfällt (vgl. Textfigg. 124 u. 125 auf S. 438!).

Einige Abbildungen mögen diese Feststellungen illustrieren. In **Taf. 2, Fig. 1** haben wir oral von einem Blutgefäß, durch dessen kaudalen Rand wir — wie stets vor der Zerlegung des Gehirns in Blöcke — einen Einschnitt gemacht haben, ein Gebiet (**55**) vor uns, von welchem wir bei einem Rollen-Abstand (RA) = 150 eine Flexion der Zehen erzielten. Kaudal von diesem Blutgefäß (**58<sup>a</sup>**) erhielten wir erst bei RA = 120 eine Reaktion und zwar Extension der großen Zehe. Bei dieser Stromstärke reagierte **55** bereits mit einem Krampf. Das zwischen diesen beiden Reizpunkten gelegene Blutgefäß bildet also eine scharfe Grenzlinie zwischen einem leicht erregbaren und einem viel unerregbareren Gebiet. Gleichzeitig fällt es mit der früher (S. 362f.) bereits näher geschilderten Trennungslinie zwischen den Feldern **4a** und **3a** zusammen, d. h. mit der kaudalen Grenze von **4a**. Aus der Textfig. 104 (S. 414) kann man die Lage des abgebildeten Schnittes genauer erkennen. Das die Reizpunkte **55** und **58<sup>a</sup>** trennende Blutgefäß ist durch Punkte wiedergegeben. Der Schnitt ist durch eine gestrichelte Linie markiert.

In **Taf. 4, Fig. 1** bildet ein Blutgefäß, in dessen kaudalem Rand wir einen Einschnitt gemacht haben, die Grenze zwischen einem kaudalen Gebiet, in welchem wir bei RA = 115 eine Kniebeugung erzielten, und einem oralen, welches diese Reaktion erst bei RA = 95 ergab. Wir sehen also auch hier die Erregbarkeit oralwärts plötzlich herabsinken und zwar gerade an derjenigen

Stelle, an welcher (vgl. S. 366f.!) die Area **4a** in **6aa** übergeht. Es hört dementsprechend ebenfalls plötzlich das leicht erregbare Gebiet für Kniebeugung oralwärts auf und zwar an der oralen Grenze von **4a**. Die Lage des be-

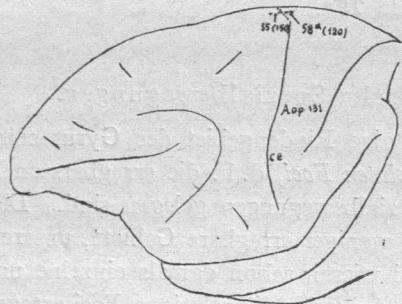


Fig. 104.

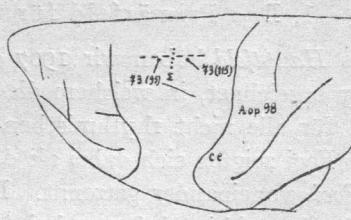


Fig. 105.

**Figur 104.** Lage des Taf. 2, Fig. 1, abgebildeten Schnittes. Beschreibung: S. 312, 362f., 365, 368ff., 413 u. 430.

**Figur 105.** Lage des Taf. 4, Fig. 1, abgebildeten Schnittes. Beschreibung: S. 366ff., 370, 413 f. u. 451.

treffenden Schnittes ergibt sich aus der Textfig. 105, S. 414. Das die Reizstellen **73 (115)** und **73 (95)** trennende Blutgefäß ist auch hier durch Punkte, der Schnitt durch eine gestrichelte Linie wiedergegeben.

In **Taf. 3, Figg. 2—4** haben wir Abbildungen von drei anderen Gehirnen vor uns, welche für verschiedene Rindenstellen denselben Befund ergeben. Fig. 2 stammt aus dem ventralen Teil des Lobulus paracentralis (vgl. Textfig. 106 S. 414!). Der Einschnitt markiert die orale Grenze desjenigen Gebietes, von

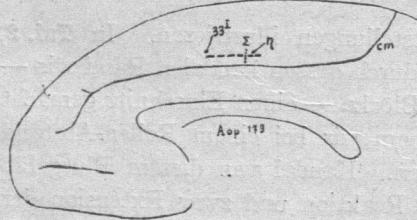


Fig. 106.

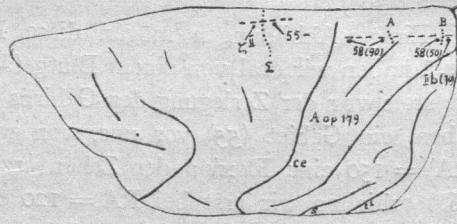


Fig. 107.

**Figur 106.** Lage des Taf. 3, Fig. 2, abgebildeten Schnittes. Beschreibung: S. 366, 368, 414 u. 422.

**Figur 107.** Lage der Taf. 1, Fig. 3 u. 4 u. Taf. 3, Fig. 3, abgebildeten Schnitte. Beschreibung der Taf. 1, Fig. 3 u. 4: S. 366, 368, 435 u. 450. Beschreibung der Taf. 3, Fig. 3: S. 366, 368, 414, 417 u. 422.

dem man bei  $RA = 120$  Schwanzbewegungen erzielen kann. Oral vom Einschnitt erhält man erst bei  $RA = 110$  eine motorische Reaktion und zwar nach der gekreuzten Seite konkave Verbiegung der Wirbelsäule und Zurückziehen des Oberarms. Das betreffende Gebiet ist in der Figur fälschlicherweise mit **33<sup>1</sup>** bezeichnet worden. Es soll **33<sup>1</sup>** heißen. Gleichzeitig fällt dieser Einschnitt mit der Grenze zwischen **4a** und **6aa** zusammen (vgl. S. 366!). In Fig. 3 (bezüglich der Topographie sei auf Textfig. 107, S. 414, hingewiesen) geht ein Einschnitt durch den oralen Teil desjenigen Blutgefäßes, welches ein leicht erregbares Gebiet für Zehenbewegungen gegen ein orales, schwer erregbares für

Schwanzbewegungen abgrenzt. Auch hier ist die Grenze identisch mit denjenigen zwischen **4a** und **6aa** (vgl. S. 366!). In Fig. 4 trennt der Einschnitt ein kaudales Gebiet, von dem wir Kniebeugung bereits bei RA = 140 erzielten, von einem solchen ab, welches diese Bewegung erst bei RA = 120 ergab. Die Einschnittsstelle deckt sich hier ebenfalls mit der Trennungslinie zwischen **4a** und **6aa** (vgl. S. 366!). Aus der Textfig. 108 ersieht man die Lage dieses Schnittes.

In bezug auf einzelne Abschnitte dieses leicht erregbaren Territoriums für tonische Spezialbewegungen haben wir uns dann noch davon überzeugen können, daß eine operative Unterbrechung<sup>1)</sup> seiner Projektionsfaserung — mag diese Unterbrechung durch den Schnitt „L“, „M<sup>1</sup>“ + „M<sup>2</sup>“, „M<sup>1</sup>“ oder „M<sup>2</sup>“ in den Figg. 119 u. 122 (S. 424 u. 432) erfolgen — seine elektrische Erregbarkeit aufhebt, während andere Faserunterbrechungen dieses nicht tun. Es handelt sich also um ein Territorium, welches den durch den elektrischen Reiz ausgelösten neurodynamischen Prozeß direkt zentrifugal weiterleitet.

Bei sehr starken Strömen gesellen sich zu den Spezialbewegungen auch solche der Adversion. Ihr Zustandekommen ist bisher nicht näher von uns geprüft worden.

Für die einzelnen Abschnitte dieses Territoriums ist bei Anwendung schwacher Ströme eine bestimmte, auf einen kleinen Körperabschnitt, z. B. den Daumen, beschränkte **Primärbewegung** charakteristisch. Dieselbe bleibt erhalten, wenn der betreffende Abschnitt von seiner gesamten Umgebung isoliert wird. Für das Zustandekommen einer Primärbewegung ist also nur ein engbegrenztes Rindengebiet notwendig.

Bekanntlich hat Bielschowsky bei der schon oben S. 357f. erwähnten Erkrankung der **III.** und bei Intaktsein der **V.** und **VI.** Schicht ein Erhaltensein der zentrifugalen Bahnen festgestellt. Wir dürfen also annehmen, daß am Zustandekommen der Primärbewegung die **V.** und **VI.** Schicht oder Teile dieser beteiligt sind. Es sprechen dabei gewisse Tatsachen dafür, daß sich der elektrische Reiz bereits in den äußeren Schichten in einen neurodynamischen umsetzt und der elektrische Reiz als solcher nicht direkt auf die **V.** und **VI.** Schicht einwirkt. Aber diese Frage haben wir bisher nicht experimentell geprüft.

Bei stärkeren Strömen wird die Primärbewegung durch sekundär hinzukommende Bewegungen kompliziert. Zur Daumenbewegung gesellt sich die der übrigen Finger und weiter eine solche der Hand und so fort. Diese **Sekundärbewegungen** hören auf, sobald man einen nur die obersten Schichten trennenden

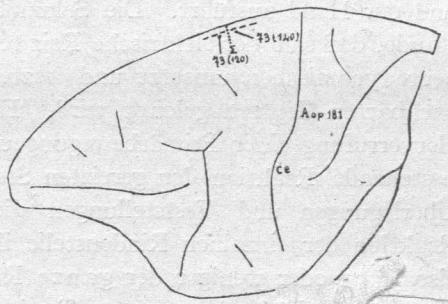


Fig. 108.

Lage des Taf. 3, Fig. 4, abgebildeten Schnittes.  
Beschreibung: S. 366, 368, 414 u. 422.

<sup>1)</sup> In den folgenden Ausführungen haben wir überall, wo nicht das direkte Gegenteil hervorgehoben ist, solche Unterbrechungen im Auge, welche durch gleichzeitig isolierende Glasplatten ausgeführt wurden.

Schnitt zwischen (vgl. den Schnitt „I<sup>1</sup>“ in den Figg. 119 u. 122, S. 424 und S. 432) der gereizten Stelle und den Zentren für Primärbewegungen der übrigen Finger und der Hand ausführt. Die Sekundärbewegungen kommen also dadurch zu stande, daß sich der elektrische Reiz teilweise in den äußeren Schichten in einen neurodynamischen umsetzt und letzterer dann in diesen Schichten zu den benachbarten Zentren geleitet wird. Fassen wir also die komplexe, aus der Hervorrufung einer Primärbewegung und derjenigen von Sekundärbewegungen bestehende Reaktion der gereizten Stelle ins Auge, so ergibt sich aus unseren Überlegungen und Feststellungen die Tatsache, daß an dieser komplexen Reaktion der einzelnen Rindenstelle ihre äußeren und ihre inneren Schichten, also mehr oder weniger der ganze Rindenquerschnitt, beteiligt sind. Das an der Oberfläche abgegrenzte Territorium erweist sich damit als ein physiologisches Rindenfeld.

Da sich dieses Feld in seiner Ausdehnung insofern nicht mit unserem früheren *Hauptfeld* deckt, als wir — wie wir gleich sehen werden — einen Teil unseres früheren *Dyscampus marginalis* in dasselbe hineinzubeziehen haben, so sind wir genötigt gewesen, für dasselbe einen neuen Namen einzuführen. Entsprechend der nur für dieses Feld für tonische Spezialbewegungen eigenen direkten zentrifugalen Reizleitung bezeichnen wir es als *Primärfeld*.

Wir haben oben (S. 365f.) gesehen, wie das Feld 4 in drei haarscharf gegenüberliegenden abgegrenzten Unterfelder zerfällt: 4a, 4b und 4c. Die Grenze zwischen

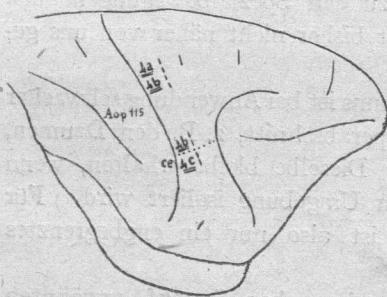


Fig. 109.

Lage der Taf. 2, Fig. 3 u. Taf. 3, Fig. 1, abgebildeten Schnitte. Beschreibung der Taf. 2, Fig. 3: S. 363, 365, 369 u. 416; Beschreibung der Taf. 3, Fig. 1: S. 366 u. 416.

diesen Feldern ergibt sich aus der Textfig. 109. Wir können nun in bezug auf diese Unterfelder als Ergebnis unserer Reizversuche hinzufügen, daß die Grenze zwischen 4a und 4b mit derjenigen zwischen den Reizgebieten für Wirbelsäule und obere Extremität und die Grenze zwischen 4b und 4c mit derjenigen zwischen dem Arm- und dem Kopfterritorium zusammenfällt. Die architektonische Weiterzerlegung der *Area gigantopyramidalis* in Unterfelder bringt also keine qualitativen, sondern somatotopische Funktionsdifferenzen zum Ausdruck. Aber auch für diese gelten haarscharfe und mit den architektonischen Grenzen identische Trennungslinien.

Entsprechend dieser architektonischen Dreigliederung von 4 teilen wir nunmehr das Primärfeld in drei Segmente ein, das in 4a gelegene *Segmentum dorsale* mit dem — wie wir gleich sehen werden — neuen *Subsegmentum caudae*, dem vergrößerten *Subsegmentum extremitatis inferioris* und dem *Subsegmentum trunci*, das sich mit 4b deckende *Segmentum extremitatis superioris* und das mit 4c identische *Segmentum capitis*.

Auf Grund unserer früheren Versuche ließen wir unser *Hauptfeld* — in schon oben (S. 404 u. 406) hervorgehobener, durchaus unbefriedigender Dissonanz mit der Architektonik — nicht auf die *Medianseite* übergreifen. Wir

verlegten speziell die absoluten Foci für *Schwanz-* und *Anus*-Bewegungen, die eventuell mit Bewegungen des hintersten Teiles der *Wirbelsäule* verbunden und öfter ohne gleichzeitige Beinbewegungen nicht auszulösen waren, auf die *Mantelkante* etwas oral von den absoluten Foci für die Zehenbewegungen. Ein entsprechendes Reizergebnis ist in Textfig. 107, S. 414 und Taf. 3, Fig. 3 wiedergegeben. Jolly und Simpson haben sich in bezug auf das Reizgebiet für Schwanz, Anus und Damm unserer Anschauung angeschlossen, wie aus den

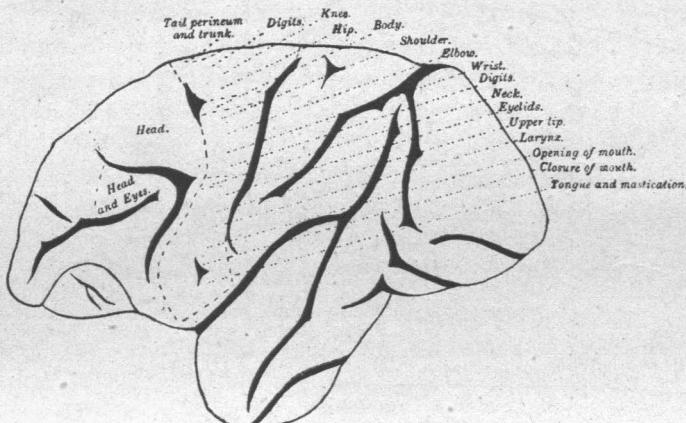


Fig. 110.

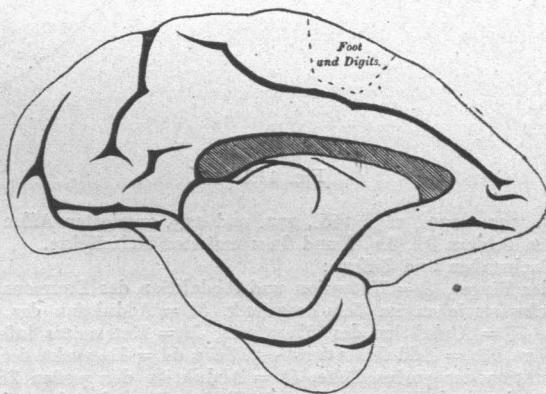


Fig. 111.

**Figuren 110 u. 111.** Reizergebnisse von Jolly und Simpson am Cercopithecinengehirn. 1907.

Textfiguren 110 u. 111 hervorgeht. Dagegen dehnen sie das Reizgebiet für Fuß und Zehen weit auf die Medianseite aus. Wirstellten dabei aber für unser damaliges Subsegmentum caudae von vornherein fest, daß seine Foci relativ unerregbar waren. Die Existenz dieser Foci und ihre relative Unerregbarkeit ist auch durch unsere neuen Versuche bestätigt worden. Wir werden später auf diese Foci als einen Bestandteil unseres *Sekundärfeldes* zurückkommen.

Jetzt haben wir uns dagegen mit der neuen Tatsache zu beschäftigen, daß wir im *Lobulus paracentralis* in der Ausdehnung der *Area gigantopyramidalis*

ein Gebiet gefunden haben, welches an Erregbarkeit demjenigen des konvexen Abschnittes von 4 gleichkommt. Wir haben in die Fig. 112 die Reizergebnisse der Medianseite von 15 Hemisphären hineingezeichnet, wie wir es 1907 für die erregbarsten Foci der Konvexität von 27 Cercopithecinen getan haben. Wir haben gleichzeitig die Grenzen der Felder 6aa, 4 und 3a in der Figur markiert und die Lagebeziehung der Reizpunkte zu diesen Feldern größten-

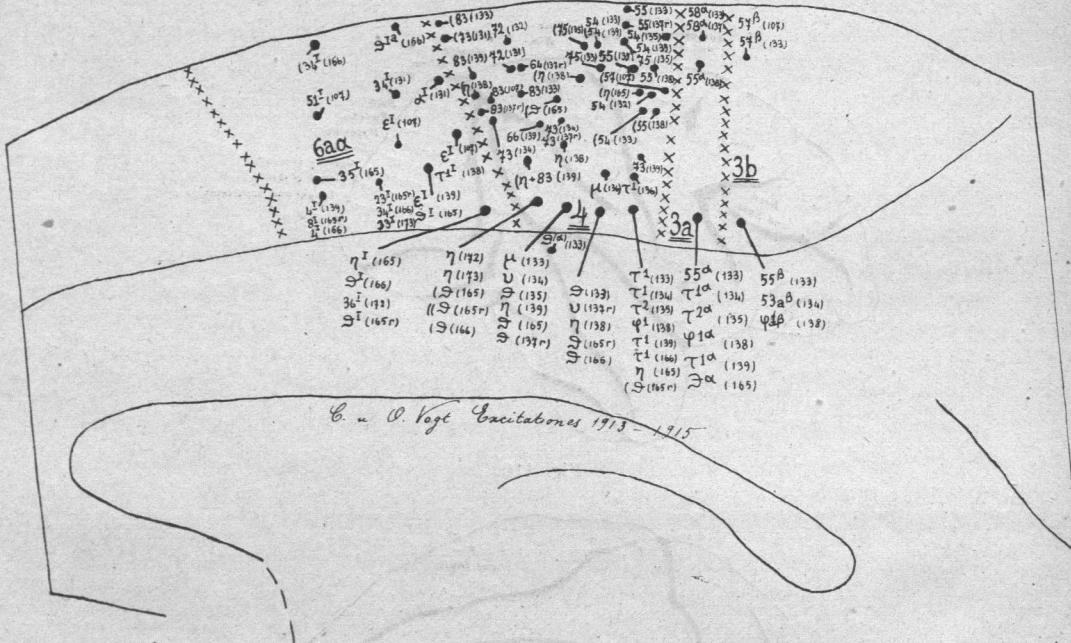


Fig. 112.

Die bei dem 107., 131.—139., 165., 166., 172. und 173. operierten Affen auf der Medianseite in den architektonischen Feldern 3b, 3a, 4 und 6aa erzielten Reizeffekte.

#### Erklärung der Buchstaben und Ziffern:

4 = Extension der Finger, 8 = Extension und Abduktion des Daumens, 23 = Streckung im Ellenbogen, 33 = Rückwärtsziehen im Schultergelenk, 34 = Adduktion der Schulter, 35 = Vorziehen des Oberarmes, 36 = Abduktion des Oberarmes, 51 = Extremitas inferior im allgemeinen, 53 = Spreizung der Zehen, 53a = Adduktion der 2.—5. Zehe, 54 = Extension der Zehen, 55 = Flexion der Zehen, 57 = Adduktion der großen Zehe, 58 = Abduktion der großen Zehe, 64 = Adduktion des Fusses, 66 = Supination und Außenrotation des Fusses, 72 = Streckung im Kniegelenk, 73 = Beugung im Kniegelenk, 75 = Außenrotation im Kniegelenk, 83 = Extension des Oberschenkels.

a = Krümmung der Wirbelsäule im allgemeinen, ε = gleichzeitig konvexe Verbiegung der Wirbelsäule, η = Krümmung des Schwanzes nach ×, δ = Schwanzhebung, μ = Schwanzziehen, τ¹ = Vorstülpen des Anus, τ² = Einziehen des Anus, ν = Bewegung der lateral gelegenen Schwanzspitze in die Medianlinie (Grundstellung), φ¹ = Vorstülpen der Perinealmuskulatur.

a oberhalb einer Ziffer oder eines Buchstabens bedeutet Erzielung der gleichen Bewegung bei der gleichen Stromstärke wie von einer anderen Stelle desselben Feldes. Wegen der anderen Zeichen vgl. die Textbeschreibung der Fig. 113, S. 419.

teils auf Schnittserien kontrolliert. Der Leser kann aus der Figur mit Hilfe der darunter befindlichen Erklärungen die genaue Art jeder einzelnen Bewegung erkennen. In der Fig. 113, S. 419, haben wir dann jede Reizstelle der vorigen Figur durch ein für das einzelne „Körpersegment“ identisches Zeichen ersetzt.

Ein oder zwei vor dem Zeichen befindliche (( sollen darauf hinweisen, daß sich im gleichen Gehirn an einer anderen Stelle des medianen Abschnittes von 4 eine erregbarere Stelle für dieselbe Bewegung befindet. I oberhalb eines Zeichens bedeutet, daß eine verminderte Erregbarkeit darauf hinwies, daß sich die Reizstelle bereits in 6a a befände. a oberhalb des Zeichens charakterisiert eine erhöhte Reizschwelle, welche auf eine Lage in 3a schließen ließ. β oberhalb des



Fig. 118.

Die gleichen Reizeffekte durch Zeichen wiedergegeben. Bezuglich der ( oder (( vor den Zeichen und I, a, β oder (α) oberhalb eines Zeichens vgl. die Textbeschreibung, bezüglich a oberhalb eines Zeichens vgl. die Erklärungen unter der vorigen Figur!

#### Erklärung der Zeichen:

☐ = Columna vertebralis (α), ☐ = gleichseitig konvexe Verbiegung der Columna vertebralis (ε),  
 + = Einziehen des Schwanzes (μ), + = Heben des Schwanzes (θ), + = Bewegung der seitlich gelegenen Schwanzspitze in die Medianlinie (Grundstellung) (ν), + = Verbiegung der Schwanzspitze nach der Gegenseite (η), \* = Anus und Perineum (ι u. φ), ● = Digitus pedis (53—55), • = Hallux (57, 58), ■ = Tarsus (64—66), ▲ = Tibia (72—75), ▼ = Femur (82, 83), ▽ = Humerus (34—36),  
 Δ = Brachium anterius (23), ◎ = Digitus (4), ○ = Pollex (8).

Zeichens bedeutet die für 3b charakteristische weitere Steigerung der Unerregbarkeit. (α) oberhalb eines Zeichens endlich soll darauf hinweisen, daß die schwerer erregbare Reizstelle sich im Brodmannschen Felde 23 (vgl. Fig.-68 auf S. 373) befindet. Aus dieser Figur ergibt sich nun zunächst genau so wie aus unserer oben erwähnten, 1907 veröffentlichten Abbildung eine unerwartet identische Lage der gleichen Reizpunkte in verschiedenen Gehirnen. Im einzelnen ist zunächst hervorzuheben, daß wir — wie es auch aus Fig. 125, S. 438, hervorgeht — unmittelbar dorsal vom Sulcus cinguli ein leicht erregbares Gebiet für Bewegungen der Schwanz-(+), sowie der Anus- und Damm-Muskulatur (\*) aufgefunden haben. Dabei befindet sich das Schwanz-

gebiet oralwärts. Während wir in den elf 1907 veröffentlichten Fällen von Schwanzbewegungen, welche wir durch Reizung unseres jetzigen Sekundärfeldes an der Mantelkante erzielten, eine durchschnittliche Reizstärke von RA = 102 und im erregbarsten Gehirn immer noch eine solche von RA = 120 nötig hatten, beträgt in elf Fällen von Reizung dieses neuen Subsegmentes die mittlere erforderliche Reizstärke nur RA = 139. Kaudal befindet sich das Reizgebiet für Anus- und Dammuskulatur. Ventralwärts erreicht dieses Subsegmentum caudae innerhalb des Sulcus cinguli seine Grenze. Ihre genaue Bestimmung muß einer späteren Zeit vorbehalten bleiben. Oralwärts (vgl. Taf. 3, Fig. 2!) und kaudalwärts fällt die Grenze haarscharf mit der von 4a zusammen. Dorsalwärts stößt dieses Subsegmentum caudae ungefähr an der Grenze zwischen ventralem und mittlerem Drittel des Lobulus paracentralis an das *Subsegmentum extremitatis inferioris*.

Dieses *Subsegmentum caudae* bildet annähernd den ventralsten Teil eines größeren Feldes, von welchem Horsley und Schaefer 1888 entsprechend der Textfigur 114 Drehung und Krümmung des kaudalen Teiles der Wirbelsäule sowie Schwanzbewegungen, Streckung im Hüft- und Beugung im Kniegelenk erzielten. Desgleichen deckt es sich mit dem ventralsten Abschnitt eines Feldes, welches Sherrington 1892 als Reizgebiet für Anus- und nicht richtig gedeutete Schwanzbewegungen beschrieben hat. Dieser Autor vermochte von dem ganzen in den Figuren 115 u. 116

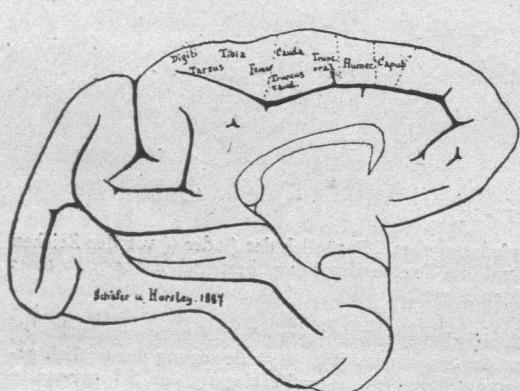
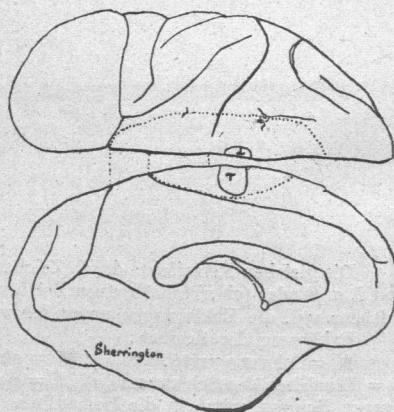


Fig. 114.



Figg. 115 und 116.

**Figur 114.** Die elektrisch erregbaren Centra der Medianseite des Cercopithecengehirns nach Schäfer und Horsley (1887).

**Figuren 115 u. 116.** Reizgebiet für Anusbewegungen im Cercopithecengehirn nach Sherrington (1892).

durch Punkte umschriebenen Gebiete Anusbewegungen auszulösen. Von dem durch eine Linie begrenzten Rindenabschnitt τ wurden höchstens von Vaginalkontraktionen begleitete Anusbewegungen hervorgerufen. Oralwärts von dieser Stelle traten Schwanzbewegungen auf, welche Sherrington aber unglücklicherweise mit dem ganz anders gelegenen „Schwanzzentrum“ Ferriers (vgl. Fig. 102 auf S. 403!) in Verbindung brachte. Dieses Anuszentrum Sherringtons umfaßt aber unser „Primär-“ und unser „Sekundärfeld“ für Anusbewegungen, wie auch noch Reizstellen für andere Bewegungen. Eine Umgrenzung des Subsegmentum caudae in unserem heutigen Sinne ist dementsprechend bisher in der Literatur nicht erfolgt.

Inbezug auf das *Subsegmentum extremitatis inferioris* haben wir zwei neue Tatsachen hervorzuheben.

Wir lassen dieses — wie wir schon eben erwähnten — nicht mehr wie 1907 an der Mantelkante endigen, sondern auf den Lobulus paracentralis übergreifen (vgl. auch Textfig. 125, S. 438!).

Eine genaue Betrachtung der Fig. 118, S. 419 und der Schemata in den Figg. 124 u. 125, S. 438, lehrt aber in bezug auf unser Subsegmentum extremitatis inferioris noch eine weitere Tatsache. Wir dehnen heute dasselbe nicht nur auf die Medianseite aus, sondern wir nehmen jetzt auch für die einzelnen Unterabteilungen oder Zonen im Gegensatz zu unseren Schemata aus den Jahren 1906 (Textfig. 101, S. 403) und 1907 und auch den Schemata von Jolly und Simpson (Figg. 110 u. 111, S. 417) eine andere Verteilung an. In allen diesen Schemata folgen die einzelnen Zonen einander in direkt ventral-dorsaler Richtung. Wir haben inzwischen das Vorliegen einer Achsendrehung festgestellt, derzufolge die Femurzone ventro-oral gelegen ist und die Zehenzone eine ganz dorso-kaudale Lage aufweist.

Dann noch eine ergänzende Bemerkung zu unserem *Subsegmentum trunci*! In Übereinstimmung mit unseren früheren, die Angaben Bechterews, Roads und Sherringtons, sowie Sherringtons bestätigenden Befunden haben wir auch bei den neuen Reizungen wieder feststellen können, daß das Beinsegment nicht unmittelbar an das Armsegment angrenzt, sondern sich zwischen den beiden ein *Subsegmentum trunci* einschaltet. Durch Freilegung der Rückenmuskulatur haben wir uns bei einem dieser Experimente davon überzeugen können, daß die Reizung des *Subsegmentum trunci* wirklich eine Kontraktion der Rückenmuskulatur hervorruft. Es ist damit wohl für alle Zeiten die Idee, daß die bei Reizung dieser Gegend auftretenden Bewegungen der Wirbelsäule durch Kontraktionen in der Hüfte- und der Schultermuskulatur zustande kämen, widerlegt.

Endlich müssen wir noch in bezug auf das *Segmentum extremitatis superioris* eine wichtige Tatsache hervorheben. Manche Armbewegungen und insbesondere diejenigen des Daumens werden mit wesentlich schwächeren Strömen von der oralen Lippe des *Sulcus centralis* als von der Oberfläche des *Gyrus centralis anterior* ausgelöst. Auf diese Tatsache werden wir bei Betrachtung der Erregungsdifferenzen zwischen *Gyrus centralis anterior (Ca)* und *Gyrus centralis posterior (Cp)* zurückzukommen haben.

## 2. Das Sekundärfeld für tonische Spezialbewegungen.

In unseren Veröffentlichungen der Jahre 1906 und 1907 haben wir darauf hingewiesen, daß sich bei den Cercopithecinen zwischen der dorsalen Hälfte des Augenfeldes (in Textfig. 101, S. 403, als *Caput* bezeichnet) und dem entsprechenden Abschnitt unseres *Hauptfeldes* (in Textfig. 101 mit *Digitii*, *Tarsus* usw. bezeichnet) ein durch sein besonderes Verhalten gegenüber elektrischen Reizen ausgezeichnetes Territorium liegt, wenn es auch bis dahin noch nicht die Aufmerksamkeit eines Untersuchers auf sich gezogen hatte. Innerhalb dieses Feldes wurden motorische Reaktionen erst bei stärkeren Reizen ausgelöst und es kamen

nur solche Bewegungen zur Beobachtung, welche bei schwächeren Strömen vom *Hauptfeld* oder auch vom *Augenfeld* ausgelöst werden konnten. Entsprechend der also auf alle Fälle vorhandenen geringeren elektrischen Erregbarkeit dieses Gebietes bezeichneten wir dasselbe im Gegensatz zu den erregbareren *Campi* als *Dyscampus praecentralis*.

Unsere neuen Untersuchungen haben uns zunächst folgendes gelehrt:

Wir haben innerhalb dieses *Dyscampus praecentralis* ein kaudales, nach unseren letztjährigen Feststellungen dem Primärfeld in dessen ganzer Ausdehnung vorgelagertes Hauptgebiet, welches bei relativ starken Strömen primär mit tonischen Spezialbewegungen, sekundär mit Einstellungsbewegungen reagiert. Es zeigt an allen Stellen, an welchen wir die Frage haben prüfen können, haarscharfe und mit denjenigen unserer architektonischen Area **6αα** identische Grenzen. Taf. 4, Fig. 1 und Taf. 3, Figg. 2—4 zeigen dieses für die kaudale Grenze (vgl. S. 366f.). In Taf. 4, Fig. 2 und Taf. 5, Fig. 1 können wir den gleichen Befund für die orale Grenze erheben. In **Taf. 4 Fig. 2** zeigt das Blutgefäß in der Mitte der Figur die Grenze zwischen dem kaudalen Gebiet, welches auf

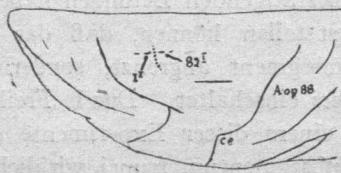


Fig. 117.

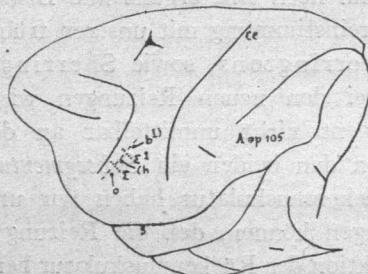


Fig. 118.

**Figur 117.** Lage des Taf. 4, Fig. 2, abgebildeten Schnittes. Beschreibung: S. 367, 371, 422 u. 425.

**Figur 118.** Lage des Taf. 5, Fig. 1, abgebildeten Schnittes. Beschreibung: S. 367, 422 u. 426.

stärkere Ströme primär mit Hüftbewegungen und dem oralen, welches unter gleichen Umständen primär mit Einstellungsbewegungen reagiert. Wir sehen gleichzeitig, daß dieses Blutgefäß die S. 367 näher beschriebene Übergangsstelle zwischen **6αα** und **6αβ** markiert. Bezüglich der Topographie dieses Schnittes vgl. Textfigur 117! In **Taf. 5, Fig. 1** ist der Einschnitt  $\Sigma^1$  an derjenigen Stelle gemacht, wo das kaudodorsale, schwerer erregbare Gebiet für tonische Bewegungen des Mundfazialis in das leicht erregbare für rhythmische Kau-, Leck- und Schluckbewegungen übergeht. Diese Grenze ist — wie wir oben S. 367 sahen — identisch mit derjenigen zwischen den architektonischen Feldern **6αα** und **6βα**. Textfigur 118 ergibt die Lage des Schnittes.

In bezug auf seine Spezialbewegungen zerfällt das Sekundärfeld ähnlich wie das Primärfeld in einzelne Segmente. Ein solches stellt auch unser früheres Segmentum caudae dar. Auf seine relativ geringe Erregbarkeit haben wir schon oben (S. 420) hingewiesen. Seine Lage in **6αα** und seine schroffe, mit der von **6αα** zusammenfallende kaudale Grenze geht aus Taf. 3, Fig. 3 (vgl. S. 366!) hervor. Aus gewissen Reizergebnissen (vgl. Textfig. 118, S. 419!) dürfen wir

annehmen, daß dieses an der Mantelkante gelegene *Sekundärfeld* für Schwanz und Anus durch ein schmales, den kaudalsten Teil von **6aa** auf der Medianseite einnehmendes Band mit dem *Primärfeld* für diese Bewegungen verbunden ist.

Darauf gerichtete Studien werden ferner wahrscheinlich erkennen lassen, daß gewisse Segmente — ähnlich wie im Primärfeld — mit bestimmten architektonischen, bisher von uns nicht abgegrenzten Unterfeldern in **6aa** zusammenfallen.

Eingehendere Untersuchungen des auf der Konvexität gelegenen Abschnittes der Bein- und Armsegmente haben uns dann weiter noch folgende Einzelheiten gezeigt:

Die Primärbewegung betrifft fast immer die großen proximalen Gelenke.

Die Bewegung hat mehr als bei Reizung des Hauptfeldes die Tendenz, nicht nur die übrigen Gelenke derselben Extremität, sondern auch die der anderen Extremität der gekreuzten Seite zu ergreifen.

Die Bewegung neigt mehr als bei Reizung des Hauptfeldes dazu, sich auch auf die gleichseitige Extremität zu erstrecken. Ja, man beobachtet gar nicht selten sogar die Reaktion zunächst in der gleichseitigen Körperhälfte.

Die vom Sekundärfeld ausgelösten Reaktionen zeigen eine längere Reaktionszeit, überdauern aber dafür auch etwas den Reiz, während vom Primärfeld ausgelöste Bewegungen schneller einsetzen, aber auch schneller bei Schluß des Reizes aufhören.

Fügt man zur Reizung einer Stelle des Primärfeldes eine solche der homosomatotopischen Stelle des Sekundärfeldes hinzu, so verstärkt dieser zweite Reiz die Wirkung des ersten. Dasselbe tritt aber auch bei Reizung einer heterosomatotopischen Stelle des Sekundärfeldes ein.

Der Abstand zwischen der Reizschwelle für einfache tonische Bewegungen und derjenigen für epileptische Anfälle ist im Sekundärfeld geringer als im Primärfeld.

Der vom Sekundärfeld ausgelöste epileptische Anfall selbst zeigt von vornherein klonische Zuckungen. Diese sind aber noch stärkere als die vom Primärfeld hervorgerufenen. Sie zeigen zugleich eine weitergehende Irradiation (z. B. 96. und 103. op. A.).

Bei stärkeren Strömen gesellt sich zur tonischen Spezialbewegung eine Einstellungsbewegung.

Ein Schnitt in der Linie „M“ der Textfig. 119, S. 424, welcher die Erregbarkeit des Primärfeldes durch Unterminierung zerstört, hebt gleichzeitig für **6aa** die Auslösbarkeit der vom Primärfeld nicht mehr erzielbaren Spezialbewegungen auf, während die Einstellungsbewegungen noch mit der früheren Reizstärke von **6aa** hervorgerufen werden können. Dieselbe Wirkung wird aber bereits durch einen Schnitt erzielt, welcher an der Grenze zwischen **4a** und **6aa** die äußeren Schichten durchtrennt, d. h. etwa in der Linie „P“ erfolgt. Bei Reizungen von **6aa** entsteht also die Spezialbewegung nicht durch direkte zentrifugale Leitung, sondern durch Übertragung des in **6aa** in eine neurodynamische Erregung umgesetzten elektrischen Reizes auf **4a** und zwar auf einem in den äußeren Rindenschichten gelegenen Wege. Andererseits macht

eine Unterminierung von **6aa**, also ein Schnitt in der Linie „O<sup>2</sup>“, die Auslösung der Einstellungsbewegung unmöglich, während die Spezialbewegung an Erregbarkeit keine Einbuße erfährt. Die Einstellungsbewegung bleibt andererseits bei Isolierung zwischen den Feldern **6aa** und **6ab** durch Einschiebung eines Deckglases in der Linie „Q<sup>1</sup>“+„Q<sup>2</sup>“+„Q<sup>3</sup>“ erhalten. Sie ist also ebenfalls eine

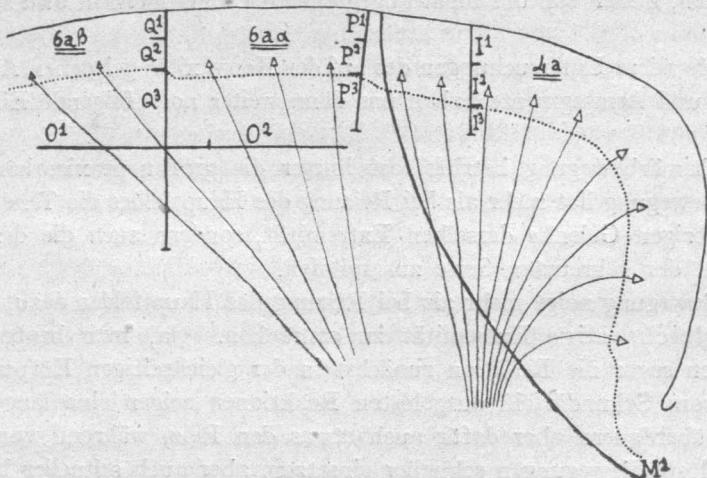


Fig. 119.

Schematischer Horizontalschnitt durch den kaudalen Abschnitt der Konvexität des Stirnhirns in seinem oberen Drittel. Wiedergabe der Projektionsfasern der Felder **4a**, **6aa** und **6ab**. Darstellung der in diesem Rindengebiet ausgeführten Operationen. „M<sup>1</sup>“ ist dabei durch „M<sup>2</sup>“ zu ersetzen.

Funktion von **6aa** und kommt durch direkte zentrifugale Leitung zustande. Da an der Spezialbewegung die oberflächlichen Rindenschichten von **6aa**, an der Einstellungsbewegung — entsprechend den oben erwähnten Feststellungen Bielschowskys — auf alle Fälle auch die tiefen Schichten beteiligt sind, beruht die aus Spezial- und Einstellungsbewegungen zusammengesetzte komplexe Reaktion von **6aa** auf einem Zusammenwirken der äußeren und inneren Schichten. Das Territorium für sekundäre Spezialbewegungen erweist sich damit auch als ein *physiologisches Feld*.

Ein Schnitt in „P<sup>1</sup>“+„P<sup>2</sup>“+„P<sup>3</sup>“+„O<sup>2</sup>“ hob in einem unserer Experimente (103. op. A.) einen vom Sekundärfeld ausgelösten epileptischen Anfall nicht auf. Es gibt also jedenfalls eine Phase des vom Sekundärfelde ausgelösten epileptischen Anfalles, wo die epileptogene Erregung das Primärfeld ergreift.

### 3. Das Tertiärfeld für tonische Spezialbewegungen.

Den oralsten Teil unseres früheren *Dyscampus praecentralis*, den dorsal vom Sulcus arcuatus gelegenen Abschnitt unseres früheren *Augenfeldes* und das diesen beiden Gebieten entsprechende Teilstück des *Gyrus marginalis*, d. h. die orale Partie unseres früheren *Dyscampus marginalis*, vereinigen wir heute zum *Tertiärfeld für tonische Spezialbewegungen*.

Die Primärbewegungen dieses Gebietes sind Einstellungsbewegungen; das haben wir auch für die Medianseite dieses Feldes feststellen können. Die weiteren Untersuchungsergebnisse beziehen sich jedoch nur auf den konvexen Abschnitt desselben. Im kaudalsten Teil erfordern die Einstellungsbewegungen stärkere Ströme, im oralen Hauptteil schwache. Wir haben von dieser Gegend gelegentlich einen auf Einstellungsbewegungen beschränkten epileptischen Anfall ausgelöst (157. op. A.). Steigert man nun aber die Stromstärke, so gesellen sich zu den Einstellungsbewegungen tonische Spezialbewegungen der Extremitäten. Diese können — wenigstens in den kaudalen Abschnitten — zeitweise als Primärbewegungen auftreten. Sie erforderten in einzelnen Fällen (180. op. A.) so geringe Stromstärken, daß an eine Irradiation des elektrischen Stromes auf das Sekundärfeld nicht gedacht werden kann. Sie bleiben bei Unterminierung des Feldes auslösbar, während die Einstellungsbewegungen durch diese Operation aufgehoben werden (100. op. A.). Es geht daraus hervor, daß auch hier die äußeren und inneren Schichten an der komplexen Reaktion dieses Rindenterritoriums teilnehmen. Also auch für dieses Territorium scheint uns der Charakter eines physiologischen Feldes in dem zurzeit möglichen Grade nachgewiesen.

Für dieses Tertiärfeld haben unsere Untersuchungen ebenfalls eine genaue Identität mit einem unserer Felder, der Area  $6\alpha\beta$ , aufgedeckt. Ein Beispiel des Zusammenfalls zwischen der Grenze des Sekundär- und des Tertiärfeldes mit derjenigen zwischen  $6\alpha\alpha$  und  $6\alpha\beta$  haben wir in Taf. 4, Fig. 2, vor uns und S. 422 näher gewürdig. Wir wollen jetzt das analoge Verhalten der oralen Grenze an einem Beispiel zeigen. Die in Textfigur 120 mit VI bezeichnete Stelle ergab Gesichtswendung nach rechts bei RA = 140. Nach vorn von dem durch Punkte markierten Blutgefäß erzielte man diese Reaktion erst bei

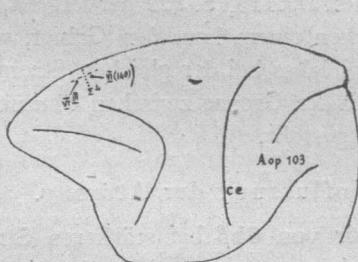


Fig. 120.

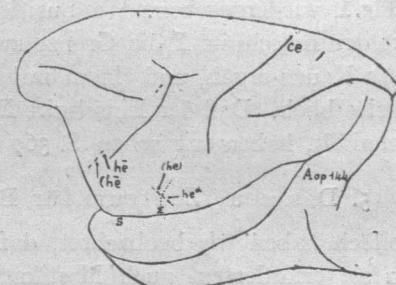


Fig. 121.

**Figur 120.** Lage des Taf. 5, Fig. 2, abgebildeten Schnittes. Beschreibung: S. 367, 371, 425 f. u. 429.

**Figur 121.** Lage der Taf. 2, Fig. 2 u. 4, sowie Taf. 5, Fig. 3, abgebildeten Schnitte. Beschreibung der Taf. 2, Fig. 2: S. 366 u. 428, der Taf. 2, Fig. 4: S. 372 u. 451, u. der Taf. 5, Fig. 3: S. 367, 426 u. 430.

einem ganz wesentlich stärkeren Strom. Diese Differenz wurde lange Zeit hindurch immer wieder kontrolliert und stets zeigte sich der schroffe Gegensatz in der Erregbarkeit. Es wurde dann später in das angehärtete Gehirn — leider in etwas oraler Richtung — ein Einstich ( $\Sigma^4$ ) gemacht. Einen mikroskopischen Schnitt dieser Gegend bringen wir in Taf. 5, Fig. 2. Wie der Einschnitt  $\Sigma^4$  hier

mit der Grenze von **6aß** und **9a** zusammenfällt, haben wir oben S. 367 geschildert.

**4.** Das direkte, leicht erregbare Feld für Mastikation, d. h. rhythmisches Kauen, Lecken, Schlucken und rhythmische Kehlkopfbewegungen.

In unserem Schema von 1906 Fig. 101 S. 403 ließen wir dieses Gebiet kaudalwärts auf Teile übergehen, die nach unseren inzwischen erfolgten anatomischen Feststellungen, wie aus Fig. 65 (S. 370) hervorgeht, zu **3a** und **3b** gehören. Erneute Untersuchungen haben uns gelehrt, daß bei dem schwächsten Strom die entsprechenden rhythmischen Bewegungen entweder ausschließlich von dem Felde **6ba** ausgelöst werden oder daß sie, wenn sie von dem angrenzenden Gebiete von **3a** bei der gleichen Reizschwelle hervorgerufen werden können, in weniger komplexer Form in Erscheinung treten und auch die für die Felder von **Cp** charakteristische leichte Ermüdbarkeit zeigen. Zerstörungen des angrenzenden Gebietes von **6aa**, **3a** und **4c** oder Isolierungen von **6ba** von diesen Rindenabschnitten verändern die Erregbarkeit von **6ba** nicht. Es handelt sich also um eine direkt zentrifugal geleitete rhythmische Bewegung.

Die kaudale Abgrenzung gegen **6aa** geht aus der oben S. 422 bereits erwähnten rechten Hälfte der Taf. 5, Fig. 1, hervor. Textfig. 121, S. 425, zeigt uns diejenige Gegend, welcher der in **Taf. 5, Fig. 3**, abgebildete Schnitt entnommen ist. Von *he\** wurde ein deutlich etwas schwächeres Lecken erzielt als von *he* aus. In das die beiden Reizstellen trennende und in der Figur durch Punkte wiedergegebene Blutgefäß wurde der Schnitt  $\Sigma$  gemacht. Wir haben oben, S. 367, genauer erörtert, wie dieser Schnitt mit der haarscharfen Grenze zwischen **3a** und **6ba** zusammenfällt. Die orale Grenze des Mastikationsfeldes ist in **Taf. 5, Fig. 1**, wiedergegeben. Wie aus der Textfig. 118, S. 422 hervorgeht, dokumentiert der Einschnitt  $\Sigma$  die Grenze zwischen einem kaudalen Gebiet, welches deutliches Kauen ergab, und einem oralen, welches bei der gleichen Stromstärke reaktionslos blieb. Daß der Einschnitt  $\Sigma$  mit der Grenze zwischen **6ba** und **6bß** zusammenfällt, haben wir schon S. 367 festgestellt.

### 5. Das neue Zentrum für Beeinflussung der Atmung.

Vielfach haben wir beobachtet, daß wir von **6bß** bei stärkeren Strömen, als **6ba** sie erforderten, auch Mastikationsbewegungen erzielen konnten, und zwar beanspruchte die an **6ba** angrenzende Hälfte von **6bß** deutlich geringere Reize als die oroventrale Hälfte dieses Elementarfeldes. Dann haben wir aber bei dem 147. op. Affen zum ersten Male eine Reaktion beobachtet, die wir vielleicht bis dahin in einzelnen Fällen übersehen haben: nämlich bei schwächen Strömen eine Verflachung der Atmung, bei stärkeren Strömen einen Stillstand derselben. Der Stillstand der Atmung trat in verschiedenen Stellungen ein. Erfolgte er in Inspirationsstellung, so verband er sich mit Glottisschluß; erfolgte er in Exspirationsstellung, so war er von einer offenen Glottis begleitet. In einer Reihe von Fällen trat die Beeinflussung der Atmung als erster Effekt ein, in anderen Fällen war die Mastikationsbewegung eine primäre. Die Respirationsbewegung

wurde ebenso wie die Mastikation leichter von der dem Felde **6ba** benachbarten Hälfte von **6bb** erzielt. Von **6ba** wurde höchstens eine ganz schwache Beeinflussung der Atmung ausgelöst.

#### Historisches:

Es handelt sich, soweit Glottisbewegungen in Betracht kommen, wohl um dieselben Bewegungen, welche Horsley und Semon in dieser Gegend erzielt haben. Diese Forscher haben aber die von ihnen beobachteten Glottisbewegungen nicht als Teilreaktion einer Änderung der Atmung aufgefaßt. Die Beeinflußbarkeit der Respiration von dieser Gegend ist neu und ist weit entfernt von jener Stelle, wo Spencer auf der orbitalen Fläche seinen erst mit sehr starken Strömen auslösbarer Atmungsstillstand erzielte: ein Reizergebnis, das auch uns in einer ganzen Reihe von Experimenten gelungen ist.

#### 6. Das Feld für die Denervation der Mastikation.

Durch Reizung des Feldes **8y** ist es uns in einer großen Reihe von Fällen gelungen, entweder spontan entstandene oder durch Reizung von **6ba** mit einer anderen Elektrode ausgelöste Mastikationsbewegungen sofort zum Stillstand zu bringen. Handelte es sich um spontane Mastikationsbewegungen oder setzte man bei künstlich hervorgerufenen die Reizung von **6ba** fort, unterbrach aber die von **8y**, so setzten die Mastikationsbewegungen von neuem ein. Wir haben im einzelnen Versuch bis zu fünfmal hintereinander auf diese Weise vorübergehend die Mastikationsbewegungen zum Stillstand gebracht. **8y** erwies sich in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäßig erregbar für diese Denervation. Einmal haben wir bei einem etwas stärkeren Strom auch vom oralsten Teil von **6bb** diese Hemmung erzielt, einmal dehnte sich das Hemmungsgebiet auch auf **10a** aus, dagegen war die Hemmung von **8b** aus in allen darauf untersuchten Fällen ganz wesentlich abgeschwächt. Die Denervation erfolgte auch, wenn mit einem entsprechend stärkeren Strom die Mastikation von **6bb** ausgelöst war. In einem Fall beobachteten wir ferner ein Wiedereinsetzen der durch Reizung von **6bb** zum Stillstand gebrachten Atmung bei Reizung von **8y** mit einer zweiten Elektrode. Erst bei stärkeren Strömen verband sich mit der Denervation der Mastikation eine Adversionsbewegung. Die vom Sekundärfelde oder vom Primärfelde ausgelösten tonischen Bewegungen der an der Mastikation beteiligten Muskeln wurden von **8y** aus niemals gehemmt. Im Anfang des Experimentes war der für die Hemmung erforderliche Reiz geringer als der zur Auslösung der Mastikation benötigte. Die Erregbarkeit der Denervation ließ aber verhältnismäßig schnell nach. Spezialbewegungen haben wir von **8y** nie ausgelöst. Dagegen treten — wie schon erwähnt — bei stärkeren Strömen Adversionsbewegungen auf.

Eine Denervation einer von einer anderen Rindenstelle ausgelösten Innervation ist bisher nie beobachtet worden. Man könnte sie aber als eine einseitige Weiterdifferenzierung der von Sherrington und Hering aufgedeckten Denervation der Antagonisten bei Innervation der Agonisten durch Rindenreizungen auffassen. Ferner sind wir geneigt, gewisse Feststellungen Oddis und Fanos am Hunde mit unseren Versuchsergebnissen in Beziehung zu bringen. Oddi reizte mit der primären Elektrode die fünfte Lumbalwurzel und erregte

auf diese Weise eine Kontraktion des Gastrocnemius. Es gelang ihm nun durch Reizung der Präfrontalregion, und zwar vor allem der kontralateralen, mit einer zweiten Elektrode, eine starke Herabsetzung der Kontraktion des Gastrocnemius hervorzurufen. Fano rief durch Hautreize Bizepskontraktion oder Kniebeuge hervor. Gleichzeitige elektrische Reizung der Präfrontalregion verminderte die Stärke und die Dauer der Bizepskontraktion und verlängerte die rohe Reflexzeit. Der kontralaterale Bizeps reagierte stärker als der gleichseitige. Eine Wirkung auf das Hinterbein wurde nicht beobachtet. Leider ist in keinem Falle die genaue Stelle, welche von den Autoren in der Präfrontalregion gereizt wurde, angegeben. Ist unsere prinzipielle Identifikation dieser Ergebnisse Oddis und Fanos mit unserer Denervation der Mastikation richtig, so würde speziell aus der Versuchsanordnung Oddis ohne weiteres hervorgehen, daß die Denervation bis in den Muskel hinein eine besondere Bahn einschlägt.

Wie Textfig. 121, S. 425, zeigt, ist die **Fig. 2** der **Taf. 2** einer Stelle entnommen, in welcher die dorsale Hälfte bei etwas schwächerem Strom die Mastikation hemmte als die ventrale Hälfte es tat. Aus der Abbildung geht entsprechend den Ausführungen auf S. 366 hervor, daß nur die dorsale Hälfte der Figur dem Felde **8γ** angehört.

### 7. Die Reizreaktionen des Feldes **8β**.

Diese Gegend ergab bei schwachen Reizungen in Bestätigung unserer 1907 veröffentlichten Beobachtungen eine Bewegung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und oben. Sehr starke Reize führten gleichzeitig zu tonischen Bewegungen in der Kopfmuskulatur. Dagegen hatten wir in einem Fall (A.op. 147) den Eindruck, daß, wenn man der Reizung der Zone des Fazialis inferior des Primärfeldes eine nicht zu starke von **8β** durch eine zweite Elektrode folgen ließ, der Reizeffekt der ersten Elektrode allmählich gehemmt wurde. Es gelang aber niemals bei Fortsetzung der Reizung des Primärfeldes die nach zeitweiser Reizung von **8β** verschwundene Reaktion wieder hervorzurufen. Es ist deshalb nicht von der Hand zu weisen, daß das zweifellose zeitweilige Nachlassen des Effektes der Reizung des Primärfeldes auf Erschöpfung desselben beruhte.

### 8. Reaktion der Reizung des Feldes **8α**.

Diese Stelle erwies sich auch bei unseren neuen Versuchen, wie bei den 1907 veröffentlichten als die empfindlichste für die Erzielung einer einfachen kontralateralen Augenbewegung. Bei sehr starkem Strom konnte eine mit einer anderen Elektrode ausgelöste Bewegung der Finger und der Hand oder auch des Fazialis inferior noch verstärkt werden. Dagegen hatten wir in einem Falle (181. op. Affe) den deutlichen Eindruck, daß eine relativ schwache Reizung von **8α** eine durch eine Reizung des Primärfeldes ausgelöste Finger- und Armbewegung zum Schwinden brachte. Diese anscheinende Denervationswirkung schwächte sich aber schnell ab und verlor sich nach wenigen Versuchen ganz. In einem anderen Falle (182. op. Affe) stellten wir wenigstens fest, daß bei den gleichen Reizbedingungen von einer Stelle des Feldes **8αβ** eine

Bahnung einer durch Reizung des Primärfeldes ausgelösten Armbewegung erfolgte, während eine solche von dem der Reizstelle im Primärfeld näher gelegenen Felde **8a** nicht erzielt werden konnte. Wir müssen dann noch hervorheben, daß wir bei dem 147. op. Affen eine ähnliche Wirkung von der Reizung von **9a** unmittelbar oral von *arc<sup>1</sup>* erzielten, aber auch hier die Schwierigkeit hatten, zu entscheiden, ob eine spontane Ermüdung oder eine wirkliche Hemmung vorlag. Wir kamen auch bei dem 147. op. Affen sowohl für die eventuelle Denervation der oberen Extremität, wie für die oben erwähnte des *Facialis inferior* zu dem Resultat, daß die Hemmungswirkung nach wenigen Versuchen auf alle Fälle nachläßt, daß aber, wenn eine Hemmung überhaupt vorliegt, diese für einige Zeit die Reizung der Denervationsstelle überdauert.

Sollte sich die Existenz einer Denervationsfunktion in **8β** und **8α** als richtig erweisen, so würde daraus hervorgehen, daß auch das Denervationsgebiet eine somatotopische Gliederung darbietet.

#### 9. Reizergebnisse der Felder **8δ**, **9** und **10**.

Von **8δ** haben wir bei etwas stärkeren Strömen als von **8α** aus die gleiche Augenbewegung erzielt. In einzelnen Fällen zeigte sich auch eine andere Adversionsbewegung als die primäre. **9c** zeigte die gleiche Reaktion, aber erst bei einem noch wesentlich stärkeren Strom. Das unmittelbar davor gelegene Gebiet reagierte noch beträchtlich schwächer. **9a** zeigte dieselben Adversionsbewegungen wie **6αβ**, erforderte aber stärkeren Strom. **9b** zeigte eine noch höhere Reizschwelle und gleichzeitig öfter anders geartete Adversionsbewegungen als **9a**. Von **9d** konnten nur mit stärkeren Strömen als von **8β** aus Augenbewegungen ausgelöst werden. Der davor gelegene Abschnitt von **10** ergab erst bei noch stärkeren Strömen Augenbewegungen. Daß die Reizschwellendifferenz zwischen **9a** und **6αβ** unmittelbar an der architektonischen Grenze zwischen den beiden Feldern in Erscheinung tritt, geht aus der S. 367 entsprechend gewürdigten Fig. 2 der Taf. 5 hervor.

#### 10. Das schwer und nur indirekt erregbare, determinierende, mit eng begrenzten Bewegungen reagierende und mit den Feldern **3a**, **3b**, **1** und **2** identische postzentrale Feld.

Kaudalwärts ließen wir 1907 auf unser damaliges *Hauptfeld* (unser jetziges *Primärfeld*) unseren *Acampus postcentralis* folgen. Diesen definierten wir als ein Rindenterritorium, dessen Erregbarkeit 1. stets geringer sei als diejenige des *Hauptfeldes*, 2. mit der Entfernung vom *Hauptfeld* gleichmäßig abnehme, 3. mit einer Aufhebung der homosomatotopischen Erregbarkeit des *Hauptfeldes* aufhöre und 4. wegen ihrer Erhaltung bei partiellen, nur drei Wochen alten Rindenzerstörungen von *Ca* auf Irradiation der Elektrizität auf das *Hauptfeld* bzw. dessen Leitungen von uns zurückgeführt wurde.

Jolly und Simpson bestätigten die geringere Erregbarkeit dieses Territoriums und erklärten die von ihm ausgelösten motorischen Reaktionen ebenfalls ausschließlich durch Irradiation des elektrischen Stromes auf das Hauptfeld, da bei einer ohne Zerstörung der subkortikalen Faserung im Fundus der Furche erfolgten Einführung einer Hartgummiplatte in den Sulcus centralis die Erregbarkeit des *Gyrus centralis posterior* aufhört.

Eine spätere Arbeit Lewandowskys und Simons war nicht dazu angetan, unsere Definition zu modifizieren. Dasselbe gilt von weiteren Rothmannschen Veröffentlichungen.

Alle bisherigen Untersuchungen betrafen nur das Gebiet des eigentlichen Gyrus centralis posterior und hier sogar meist nur seine an die Zonen für Finger und Hand des Primärfeldes anstoßenden Partien.

Wir haben inzwischen das fragliche Territorium in seiner ganzen Ausdehnung, d. h. vom Sulcus cinguli bis zu dem das Feld für rhythmische Leckbewegungen kaudal begrenzenden Gebiet im Operculum mehr oder weniger eingehend auf seine Erregbarkeitsverhältnisse geprüft. Wir sind dabei zu folgenden Resultaten gekommen.

Im Parazentralläppchen und an der Mantelkante dorsal vom dorsalen Ende des Sulcus centralis, d. h. also überall da, wo das Grenzgebiet zwischen Primärfeld und *Cp*-Region an der Hirnoberfläche liegt und so Rindenreizungen ohne weiteres zugänglich ist, haben wir ausnahmslos die Erregbarkeit am kaudalen Rande des Primärfeldes oder der Area 4 plötzlich herabsinken sehen. Ebenso waren Kieferbewegungen im ventralen Teil von 4c deutlich leichter zu erzielen als in dem von ihm durch einen schmalen Zipfel von 6ba getrennten Felde 3a. Für den kaudoventral von 6ba gelegenen Abschnitt des postzentralen Gebietes erhoben wir endlich den gleichen Befund oder erzielten mit dem gleichen Strom von 6ba wenigstens eine komplexere rhythmische Bewegung als von dem benachbarten 3a. Daß dabei sowohl an der Mantelkante wie in dem an 6ba anstoßenden Gebiet die physiologische Grenze mit derjenigen zwischen 4 und 3a bzw. 6ba und 3a zusammenfällt, geht aus unseren S. 365 und S. 367 näher gewürdigten Fig. 1 der Taf. 2 und Fig. 3 der Taf. 5 klar hervor. Für jenes Gebiet nun, wo das Grenzgebiet zwischen Ca und Cp in der Zentralfurche liegt, und wir deshalb bis 1907 nur die Erregbarkeit der Culmina von Ca und Cp miteinander verglichen haben, fanden wir meist einen noch beträchtlicheren Unterschied in der Reizschwelle. Nach unserer damaligen Statistik betrug er durchschnittlich 4 cm RA. Eine Ausnahme machte in einzelnen Fällen die Finger- und speziell die Daumenzone. So erzielten wir beim 1. Affen Daumenbewegungen von Ca bei RA = 90, von Cp bei RA = 100—110 und beim 23. Affen von Ca und Cp bei RA = 160 Fingerbewegungen, die bei Auslösung von Ca nur etwas kräftiger ausfielen. Einen ähnlichen Fall haben wir nun inzwischen näher untersucht. Bei unserem 110. operierten Affen ergab Reizung des Culmens von Cp eine Daumenbewegung bei RA = 145. Von Ca erhielten wir mit demselben Strom nun zwar eine etwas stärkere Daumenbewegung. Diese aber war schon bei RA = 150 nicht mehr auslösbar. Also auch hier haben wir eine ungewöhnlich geringe Differenz zwischen der Erregbarkeit der beiden Culmina vor uns. Wir drängten jetzt die beiden Lippen des Sulcus centralis auseinander und fanden dann eine wesentlich erregbarere Stelle für Daumenbewegung in der oralen Lippe von ce. Dieser Befund ist ein konstanter. Wir stellten im speziellen die Differenz zwischen Culmen von Ca und oraler Lippe von ce in bezug auf Fingerbewegungen in sieben anderen Reizungen auf durchschnittlich 2,4 cm RA fest. Dabei haben wir uns in einzelnen Fällen davon überzeugt, daß die Erregbarkeit zwar auch

in der kaudalen Lippe von *ce* gegenüber dem Culmen von *Cp* zunimmt, aber doch eine deutliche Differenz zugunsten der oralen Lippe bestehen bleibt. So ergaben in der linken Hemisphäre unseres 121. operierten Affen das Culmen von *Ca* bei RA = 80, die orale Lippe von *ce* bei RA = 110, die kaudale Lippe von *ce* bei RA = 70 und das Culmen von *Cp* bei RA = 50, in der rechten Hemisphäre die entsprechenden Stellen bei Ra = 85, 140, 100, 70—65 Daumenbewegungen.

Dabei zeigen dann aber auch noch gewisse Durchschneidungsversuche — wie wir weiter unten sehen werden —, daß — wenigstens im Fingergebiet — die durch den elektrischen Reiz im Culmen von *Cp* hervorgerufene neurodynamische Erregung gerade auf den Lippen- und nicht den Culmenanteil des Primärfeldes einwirkt. Diese Tatsache macht nun wiederum die Erscheinung verständlich, daß die von den Culmina von *Ca* und *Cp* ausgelösten Reaktionen nicht immer identisch sind.

Neben der geringeren Erregbarkeit haben wir dann aber noch weitere Differenzen zwischen der Reaktionsart des Primärfeldes und derjenigen des postzentralen Territoriums gefunden. 1. Büßt das letztere sehr schnell einen Teil seiner Erregbarkeit ein. Das gilt auch für jenen operkulären Teil (vgl. Textfig. 124, S. 438), von welchem man rhythmische Bewegungen erzielt. Es trifft ferner auch für epileptogene Reize zu. 2. Zeigt die motorische Reaktion des postzentralen Territoriums eine längere Reaktionszeit. 3. Ist die von *Cp* hervorgerufene Bewegung öfter von einem leichten Tremor oder klonischen Zuckungen begleitet. Wohl nur als einen speziellen Ausdruck dieser Tatsachen hat die Erscheinung zu gelten, daß die Schwelle zwischen Reizen, die zu keinem epileptischen Anfall, d. h. den Reiz überdauernden klonischen Zuckungen führen, und solchen, die es tun, sehr viel geringer ist als im Primärfeld (91., 99. und 120. operierter Affe). 4. Neigen die durch Reizung von *Cp* entstandenen Bewegungen viel weniger zu Irradiationen als die vom Primärfeld erzielten. 5. Ist der von *Cp* ausgelöste epileptische Anfall ein anderer. Er ist a) ebenfalls ein weniger irradierter und er zeigt b) erst nach einem feinschlägigen Anfangsstadium in einer zweiten Periode ebenso grobe klonische Zuckungen, wie sie der vom Primärfeld ausgelöste sofort darbietet. Und 6. äußerst sich der spezifische Charakter der in *Cp* durch den elektrischen Reiz hervorgerufenen Erregung darin, daß bei zwei gleichzeitigen leicht unterschwelligen Reizen heterosomatotopischer Stellen des Primärfeldes und des Gyrus centralis posterior die aus der Summation dieser beiden Reize hervorgehende Reaktion der Reizstelle von *Cp* entspricht. Es hat also *Cp* in diesen Fällen einen determinierenden Einfluß auf die Gestaltung des Reizerfolges. Dieser Einfluß kommt auch darin zum Ausdruck, daß eine vom Primärfeld ausgelöste Reaktion durch eine gleichzeitige unterschellige Reizung einer heterosomatotopischen Stelle in *Cp* im Sinne dieser modifiziert werden kann.

Wir kommen jetzt zur Schilderung der Veränderung der Erregbarkeit des postzentralen Rindengebietes im Anschluß an unmittelbar vorher ausgeführte operative Eingriffe. Um daraus die richtigen physiologischen Schlüsse ziehen zu können, müssen wir uns zunächst über den Verlauf der verschiedenen Faserarten von *Cp* Klarheit verschaffen. Sekundäre Degenerationen haben uns dar-

über folgendes gelehrt. Wie es die Textfigur 122 schematisch wiedergibt, verlaufen die Projektionsfasern von *Cp* in dem axialen Gebiet seiner Markleiste (seines Album gyrale), und zwar nicht in einer direkt frontal, sondern einer medio-kaudalen Richtung. Infolgedessen wird eine von *Ca* ausgehende Unterminierung in der Linie „*M*<sup>1</sup>“ + „*M*<sup>2</sup>“ auch über „*M*<sup>2</sup>“ hinaus so lange die Projektionsfaserung von *Cp* intakt lassen, als sie nicht bis zum axialen Teil

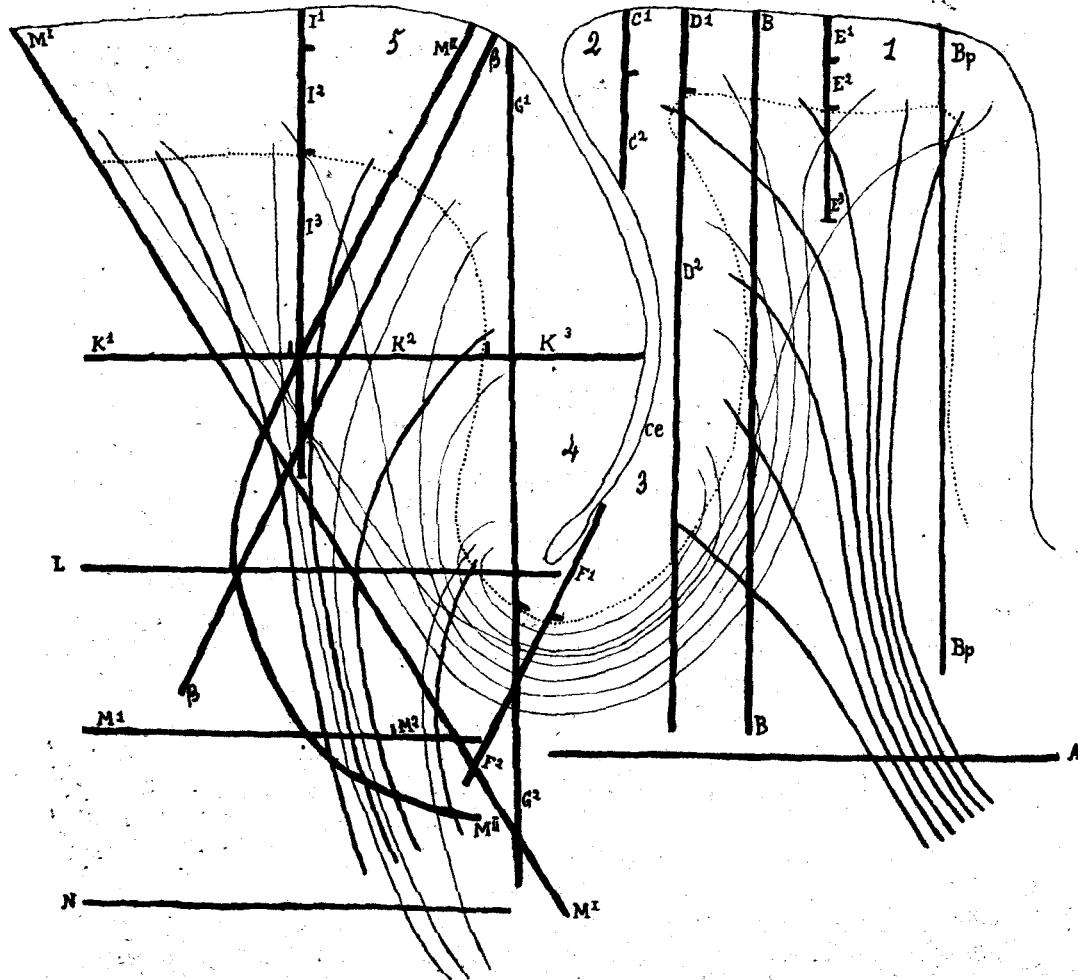


Fig. 122.

Horizontalschnitt durch *Cp* und den kaudalen Teil von *Ca* im Niveau des Fingergebiete. Es ist der Verlauf der durch dicke Linien wiedergegebenen Projektionsfasern von *Cp* und *Ca*, der U-Fasern zwischen *Cp* und *Ca* und der durch dünne Linien repräsentierten Balkenfasern von *Ca* schematisch dargestellt. Außerdem sind alle Formen unserer operativen Eingriffe in dieses Gebiet angegeben. Die Linie „*H*“ ist fälschlicherweise mit „*B*“ bezeichnet.

der Markleiste von *Cp* vordringt. Ebenso wird ein Schnitt, der vom Fundus von *ce* etwa in der Linie von „*F*<sup>1</sup>“ + „*F*<sup>2</sup>“ ins Mark eindringt, die Projektionsfaserung von *Cp* nicht treffen. Die *Cp* und *Ca* verbindenden extragrisealen

Assoziationsfasern verlaufen im oralen Teil des Album gyrale von *Cp*. Auch die zum kaudalen Teil von *Cp* in Beziehung stehenden Assoziationsfasern streben sofort dahin. Ihre Gesamtheit bildet unter dem Fundus des Sulcus centralis ein dickes subkortikales Bündel sogenannter U-Fasern. Ein Teil der U-Fasern dringt bald in die Rinde der oralen Lippe von *ce* ein, andere ziehen zur Rinde des Culmen. Diese letzteren kreuzen sich dabei mit den Projektionsfasern und den mit diesen zunächst vermengten Balkenfasern von *Ca*, die ihrerseits dem axialen Teil des Album gyrale von *Ca* zustreben.

In bezug auf *Spezialbewegungen* ändert eine Durchschneidung der Projektionsfaserung von *Cp* in der Linie „A“ die elektrische Erregbarkeit der Reizstellen „1“ und „2“ nicht. Ebensowenig modifizieren die Schnitte „C<sup>1</sup>“, „D<sup>1</sup>“ und „E<sup>1</sup>“+„E<sup>2</sup>“ die Ansprechbarkeit von „1“. Der Schnitt „E<sup>1</sup>“+„E<sup>2</sup>“+„E<sup>3</sup>“ macht „1“ dagegen unerregbar, während „2“ sich unverändert gegenüber dem elektrischen Reiz verhält. Isolierungen in den Linien „K<sup>1</sup>“+„K<sup>2</sup>“+„K<sup>3</sup>“, „H“ und „M<sup>1</sup>“ ändern die Erregbarkeit von „1“ und „2“ nicht, während durch diese Operation die Erregbarkeit der Reizstelle „5“, nicht aber die von „4“ im Primärfeld aufgehoben wird. Die Faserunterbrechung in der Linie „F<sup>1</sup>“+„F<sup>2</sup>“ hebt die Erregbarkeit von „1“ und „2“ auf, bei Erhaltenbleiben derjenigen von „5“. Eine Faserunterbrechung in „L“ und „M<sup>1</sup>“+„M<sup>2</sup>“ zerstört dagegen die Erregbarkeit von *Cp* und *Ca*. „2“ reagiert noch bei sehr starken Strömen nach Abtrennung vom übrigen *Cp* durch ein Deckglas in der Linie „C<sup>1</sup>“+„C<sup>2</sup>“.

Dagegen werden die bei starken Strömen von *Cp* auslösbarer *Einstellungs bewegungen* weder durch den Schnitt „B“, noch durch den „Bp“, wohl aber durch den Schnitt „A“ aufgehoben (171. und 185. op. Affe).

Aus diesen Versuchen geht folgendes hervor:

Den von *Cp* ausgelösten *Spezialbewegungen* liegt keine direkte zentrifugale Reizleitung von *Cp* zugrunde. Der Strom wird in *Cp* in neurodynamische Erregung umgesetzt und — wenigstens von der Reizstelle „1“ — durch extragriseale Assoziationsfasern nach *Ca* und zwar vorzugsweise nach dem ventralen Teil der oralen Lippe von *ce* geleitet, um dann hier in zentrifugale Bahnen gebracht zu werden. Bei sehr starken Strömen gesellt sich dazu eine direkte Erregung von *Ca* durch Irradiation des elektrischen Stromes.

Dagegen entstehen die *Einstellungs bewegungen* durch direkte zentrifugale Reizleitung von *Cp* aus. Dieselbe wird vielleicht von jener schwachen Pyramidenfaserung ganz oder teilweise gebildet, welche wir 1906 für *Cp* nachgewiesen haben.

Wenn nun aber die durch Reizung von *Cp* mit nicht zu starken Strömen hervorgerufenen Reaktionen nicht auf physikalischer Irradiation der Elektrizität auf *Ca* beruhen, sondern auf einer Funktion der gereizten Stellen, so gewinnen die Reaktionen der einzelnen Stellen eine lokalisatorische Bedeutung. Wir gelangen so auf reizphysiologischem Wege zu einer somatotopischen Gliederung von *Cp*. Die Einzelheiten ergeben sich aus den Textfigg. 124 u. 125, S. 438.

Auf der einen Seite haben wir im *Cp*-Gebiet die gleiche Reihenfolge der Zonen wie im Primärfeld, auf der andern Seite aber zeigen die einzelnen

Unterabschnitte durchaus nicht — wie das in der Textfig. 108, S. 403, wiedergegebene Beevor-Horsleysche Schema vermuten lassen könnte — eine identische Ausdehnung mit derjenigen der homosomatotopischen Gebiete des Primärfeldes. Auf der Konvexität ist speziell die ungewöhnliche Größe des Handgebietes (Pollex + Digi + Carpus) hervorzuheben. Es ist interessant, daß bereits Ferrier 1874 diese Tatsache erkannt hatte (vgl. Textfig. 102, S. 403!), aber insofern falsch deutete, als er dieses postzentrale Handgebiet als das Primärfeld für Handbewegungen auffaßte. Aus der Textfig. 125, S. 438, geht ferner für die Medianseite eine außergewöhnlich große Ausdehnung des Zehengebietes hervor.

Zwischen den oral-kaudal aufeinander folgenden Feldern 3a, 3b, 1 und 2 haben wir bisher nur quantitative Differenzen der Erregbarkeit gefunden: und auch diese nicht einmal von sehr präziser Form. Hier eröffnet sich uns noch ein wichtiges Gebiet für weitere Untersuchungen.

Wir haben endlich noch einige Operationen zu erwähnen, welche die Beeinflussung von *Cp* ausgelöster epileptischer Anfälle betreffen. Eine in die Linien „M“ oder „G<sup>1</sup>“ + „G<sup>2</sup>“ eingeführte Glasplatte macht die Auslösung jedes epileptischen Anfalles von *Cp* unmöglich (z. B. 130. op. Affe). Der von *Cp* ausgelöste epileptische Anfall kommt also auch nur durch Reizübertragung auf *Ca* zustande. Es ist uns dann weiter gelungen, einen durch Reizung von „I“ ausgelösten epileptischen Anfall durch einen sehr bald nach Beginn des Anfalles ausgeführten Schnitt „F<sup>1</sup>“ zu kupieren (96. op. Affe). Andererseits gelingt diese Kupierung bei etwas späterer Ausführung der Operation nicht. Es scheint uns aus diesen drei Feststellungen folgendes hervorzugehen. Die Existenz eines epileptischen Anfalles läßt auf das Vorhandensein einer den Reiz überdauernden *epileptogenen Erregung* schließen. Diese Erregung unterhält aber nicht nur durch direkt oder indirekt zustande kommende *zentrifugale Ableitung* neurodynamischer Energie den epileptischen Anfall, sondern breitet sich gleichzeitig als solche weiter in der Hirnrinde aus, wie es ja schon aus den Experimenten Bubnoffs und Heidenhains hervorging. Der nun speziell von *Cp* ausgelöste epileptische Anfall wird zunächst von einer epileptogenen Erregung unterhalten, die auf *Cp* beschränkt ist, deren peripherer Abfluß aber seinen Weg über *Ca* nimmt. In einer zweiten Periode ist diese Erregung selbst dann auf *Ca* übergegangen. Ob diese beiden Perioden in einer bestimmten Beziehung zu der Tremor- und der Klonusphase des *Cp*-Krampfes stehen und in welcher, müssen erst weitere Untersuchungen aufklären. Ferner ist hervorzuheben, daß nicht nur der Schnitt „F<sup>1</sup>“, sondern auch irgendwo in der Rinde von *Cp* oral von „I“ ausgeführte Rindenschnitte, auch wenn sie die VI. Schicht intakt lassen, die weitere Auslösung epileptischer Anfälle von „I“ unmöglich machen. Die Ableitung der bei Reizung von *Cp* zunächst auf *Cp* beschränkten epileptogenen Erregung nach *Ca*, wie die Weiterausdehnung dieser Erregung auf *Ca* müssen also beide *intrakortikal* vor sich gehen. Da eine Verletzung der I. Schicht andererseits die weitere Auslösung epileptischer Anfälle nicht verhindert, kann diese als Träger der beiden Fortleitungsprozesse nicht in Betracht kommen.

11. Das schwer und nur indirekt erregbare, mit komplexen Bewegungen der Hand und bald sich anschließenden sekundären Adversionsbewegungen reagierende, in **7b** gelegene Feld.<sup>1)</sup>

In **7b** haben wir ein weiteres schwer erregbares Feld für Handbewegungen aufgefunden. Auch Beevor und Horsley (vgl. Textfig. 103, S. 403!) haben hier derartige Bewegungen erzielt, ohne ihren Charakter genauer erkannt zu haben. Die von **7b** erzielten Reaktionen sind von vornherein komplexer als die von **1** und **2** ausgelösten. Dabei zeigen sie diesen komplexeren Charakter, eventuell bei der gleichen Stromstärke, bei welcher man zirkumskriptere Bewegungen von **2** auslöst. Der elektrische Reiz muß sich also in **7b** in neurodynamische Energie umsetzen. Außerdem erfordert die von **7b** erzielte Reaktion eine längere Reaktionszeit als die von **2** ausgelöste. Endlich treten bei wesentlich geringerer Stromstärke Adversionsbewegungen hinzu als dieses für **2** der Fall ist. Wir haben uns auf Schnittserien davon überzeugt, daß die orale und die kaudale Grenze dieses physiologischen Gebietes mit demjenigen von **7b** zusammenfallen.

12. Das schwer und nur indirekt erregbare, gleich oder fast sofort mit gemeinsamen Bewegungen von Bein und Arm reagierende Feld in **5a**.

Die wenigen Reizungen von **5a** zeigten dieses Gebiet sehr unerregbar. Bei starken Strömen erzielten wir aber fast immer als Primärbewegung sofort eine Gesamtbewegung in Bein und Arm. Textfig. 107, S. 414, bezieht sich auf einen dieser Reizungsversuche. Während wir unmittelbar vor einem mit A bezeichneten Blutgefäß eine Abduktion der großen Zehe und eine solche der übrigen bei RA = 90 erzielten, ergab das Gebiet caudal von A diese Bewegung erst bei RA = 50 und schon bei RA = 40 einen Krampf in Bein und Arm. Daß hier im Gegensatz zu anderen Fällen zunächst die Zehen isoliert reagierten, führen wir auf die durch vorhergehende Reizungen gesteigerte Erregbarkeit des Zehengebietes zurück. Dabei muß aber noch hervorgehoben werden, daß nach unseren Protokollen auch sonst öfter die Gesamtbewegung von Bein und Arm mit einer Zehenbewegung begann. Hinter einem neuen größeren Blutgefäß B ergab dann die Reizung der Stelle **IIb** bei RA = 70 eine starke Bewegung der Bulbi nach unten. Die **Figg. 3 u. 4** der **Taf. 1** geben Schnitte aus diesem Reizgebiet wieder. In der Fig. 3 erkennen wir, wie unmittelbar kaudal von dem Blutgefäß A entsprechend den Ausführungen der S. 366 das Feld **2** in **5a** übergeht. Die Fig. 4 läßt erkennen, daß das Blutgefäß, welches das Reizgebiet **IIb** oral begrenzt, mit der auf S. 366 näher beschriebenen scharfen Grenze zwischen **5a** und **5b** zusammenfällt.

<sup>1)</sup> Ein Eingehen auf die Literatur der sub 11—16 behandelten Reizgebiete behalten wir uns für die ausführliche Darstellung unserer Reizversuche vor.

**13. Das primär mit schwer erregbaren Adversionsbewegungen und sekundär mit gemeinsamen Bewegungen von Bein und Arm reagierende Feld in 5b.**

In den 6 Fällen, in welchen wir dieses Gebiet gereizt haben, erzielten wir ausnahmslos als Primärbewegung mittelschwer erregbare Augenbewegungen und zwar 4mal gerade nach unten, 1mal nach unten und kontralateralwärts und 1mal kontralateralwärts. Darunter befinden sich Fälle, wo das angrenzende Gebiet der Felder 7a und 18 Mauss' (vgl. darüber Textfig. 69, S. 375!) erst bei etwas stärkeren Strömen mit Augenbewegungen reagierte. Außerdem waren die betreffenden Bulbibewegungen nicht nach unten gerichtet. Der auf 5b applizierte Reiz muß sich also schon in 5b in neurodynamische Energie umsetzen. An Sekundärbewegungen traten meist Gesamtbewegungen in Bein und Arm auf. Diese konnten durch eine Zehenbewegung eingeleitet werden.

**14. Das schwer erregbare Augenfeld in 7a.**

Das ganze Gebiet von 7a ergab Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite. Diese waren immer schwerer auslösbar als von 19a aus. Waren die Augen geschlossen, so konnte sich mit der Augenbewegung eine Augenöffnung verbinden. Ebenso haben wir Pupillenerweiterungen konstatiert. Dagegen haben wir in keinem Fall Ohrbewegungen beobachtet, auch nicht bei wesentlich stärkeren Strömen. Extremitätenbewegungen treten — wenn wir von dem unmittelbar an 7b anstoßenden Gebiet von 7a absehen — nur bei sehr starken Strömen sekundär hinzu. Die Augenbewegungen müssen durch Umsatz des elektrischen Reizes in einen neurodynamischen innerhalb des Feldes von 7a erfolgen. Denn sonst wäre der von uns beobachtete schroffe Gegensatz zwischen der Reaktion von 7b und 7a an der Grenze der beiden Felder und die Tatsache, daß der mittlere Teil von 7a ebenso erregbar ist wie sein dorsal von t<sup>1</sup> unmittelbar an 19a anstoßender Grenzabschnitt unerklärbar. Dorsal von t<sup>1</sup> nimmt in einer bestimmten Linie die Erregbarkeit der Augenbewegung plötzlich stark zu. Diese Linie fällt nach unseren mikroskopischen Untersuchungen mit derjenigen zwischen 7a und 19a zusammen. Eine Abtrennung des Feldes 7a vom Frontalhirn durch einen tiefen Schnitt in Cp beeinflußt die Erregbarkeit von 7a nicht.

**15. Das leicht erregbare Augenfeld in 19a.**

Im Gegensatz zu 7a ließen sich von 19a Augenbewegungen mit wesentlich geringeren Reizen auslösen. Im dorsalen und im ventralen Teil handelte es sich um Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite, im mittleren Teil um solche nach unten. Mit der Augenbewegung nach der entgegengesetzten Seite verband sich sekundär eine identisch gerichtete Gesichtswendung. Ging die Augen nach unten, so folgten ihnen stets die Augenlider. In der Gegend von 19b ließ die Erregbarkeit nach. Gleichzeitig trat die Gesichtswendung eventuell als Primärbewegung auf. Wir haben aber nicht die genauen Grenzen dieses weniger erregbaren Gebietes für Adversionsbewegungen studiert. Die Reak-

tionen von **19a** werden durch eine Abtrennung vom Frontallappen durch einen tiefen Stich in *Cp* nicht beeinflußt. Man kann also, auch ohne die Unterminierung ausgeführt zu haben, erklären, daß den leicht erregbaren Augenbewegungen des Feldes **19a** eine direkte zentrifugale Leitung zugrunde liegt.

### 16. Das Ohrfeld in **22a**.

Wir haben die kaudaleren Partien des Culmen des Gyrus temporalis superior in **13** Hemisphären gereizt. In 5 Fällen haben wir neben Augenbewegungen solche des Ohres erzielt, in 8 Fällen nur die ersten. Wir müssen aber dazu bemerken, daß wir zumeist vorher **19a** gereizt hatten. Dabei war die Erregbarkeit von **22a** immer geringer als die von **19a**. Nur in einem einzigen Fall hat die Reizung der Umgebung eine Ohrbewegung ergeben: und zwar die von **19b** (90. 1. op. Affe). Mochte es sich nun um eine Ohr- und Augenbewegung handeln oder nur um eine Augenbewegung, immer nahm ihre Erregbarkeit oralwärts etappenmäßig ab. Die Abnahme der Erregbarkeit einer reinen Augenbewegung geht deutlich aus Textfigur 123 hervor. Im kaudalsten Teil (*t II*) erzielten

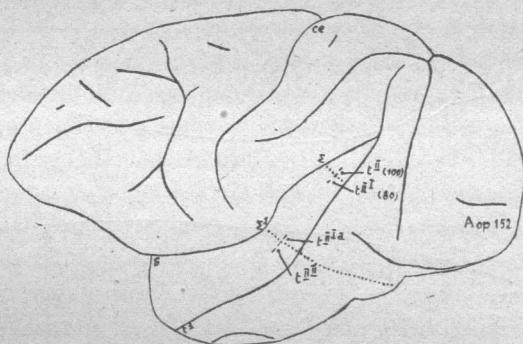


Fig. 123.

Lage der Taf. I, Figg. 1 u. 2, abgebildeten Schnitte. Beschreibung: S. 366 u. 437.

wir eine starke kontralaterale Augenbewegung nach r bei RA = 100. Oral von einem Blutgefäß, in dessen orale Grenze wir später den Einschnitt  $\Sigma$  machten, begann ein Gebiet, welches diese Bewegung in ausgeprägtem Grade erst bei RA = 80 ergab. Diese Erregbarkeit erhielt sich bis zu einem Blutgefäß, in welches wir später den Einschnitt  $\Sigma^1$  gemacht haben. Oral von diesem Blutgefäß erzielten wir bei RA = 80 konstant nur eine ganz schwache Augenbewegung. Aus **Taf. 1 Figg. 1 u. 2** erkennen wir entsprechend den auf S. 366 gemachten Ausführungen, daß der Schnitt  $\Sigma$  die Grenze zwischen **22aa** und **22ab** und  $\Sigma^1$  diejenige zwischen **22ab** und **22ay** bildet. Da, wo eine Ohrbewegung zur Beobachtung kam, konnte sie stets von **22aa** ausgelöst werden. Gelegentlich war dieses auch noch von **22ab** möglich, nie aber von **22ay**.

Wir haben damit unsere neuen Reizergebnisse soweit dargestellt, als sie geeignet sind, auf die im 1. Kapitel präzisierten Fragen eine Antwort zu geben.

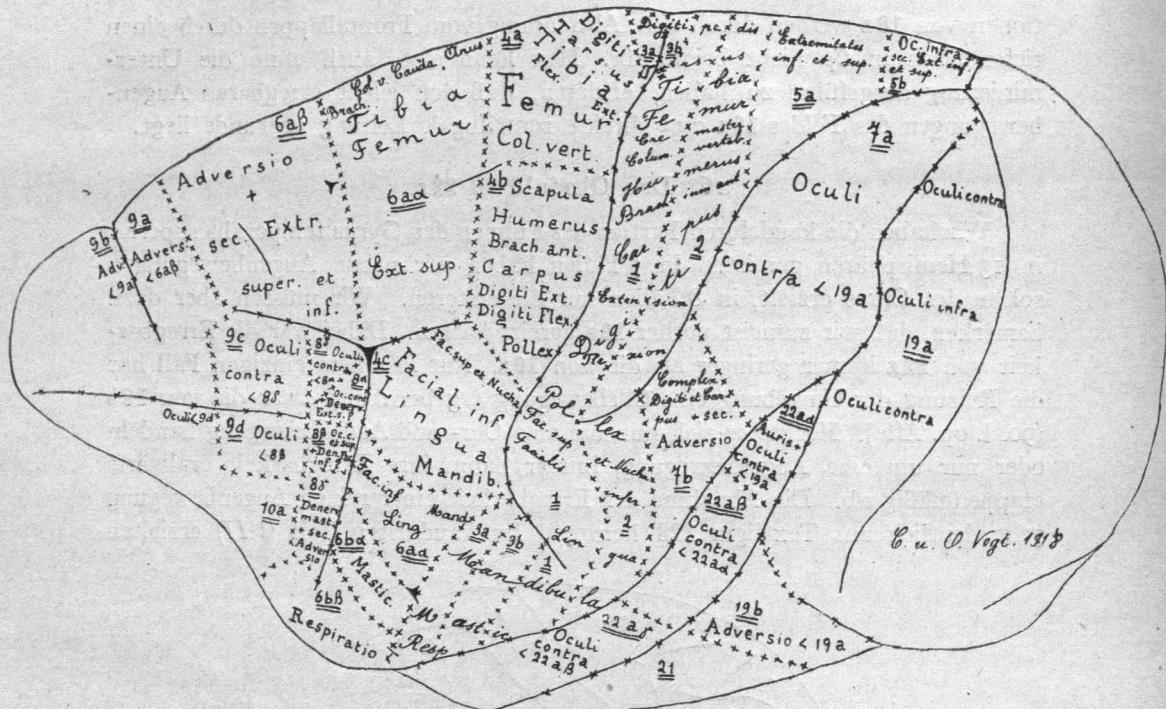


Fig. 124.



Fig. 125.

**Figuren 124 u. 125.** Schema der Ergebnisse unserer Rindenreizungen am Cercopithecinen-  
gehirn während der Jahre 1907—1918. Die erzielten Bewegungen der Adversion, diejenigen des Primär-,  
des Tertiär-, des Mastikations- und des Atmungsfeldes sowie die Denervationsreaktionen sind in ge-  
wöhnlicher Druckschrift wiedergegeben. Die indirekten Spezialbewegungen des Parietallappens

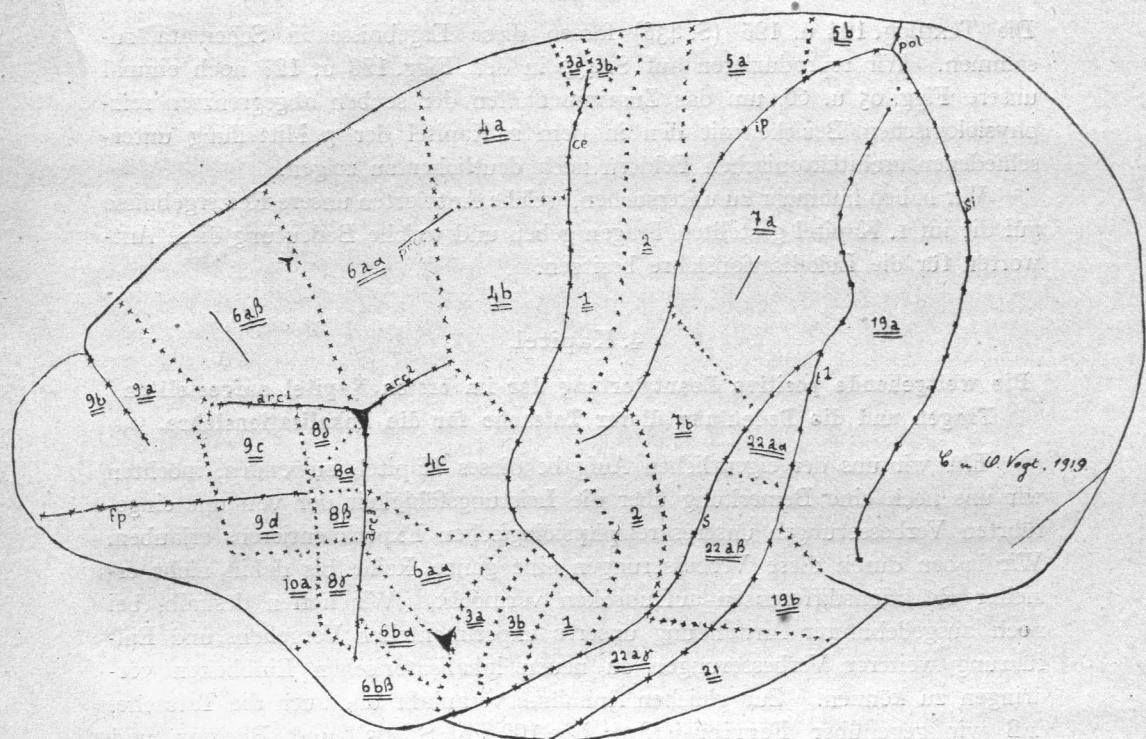


Fig. 126.

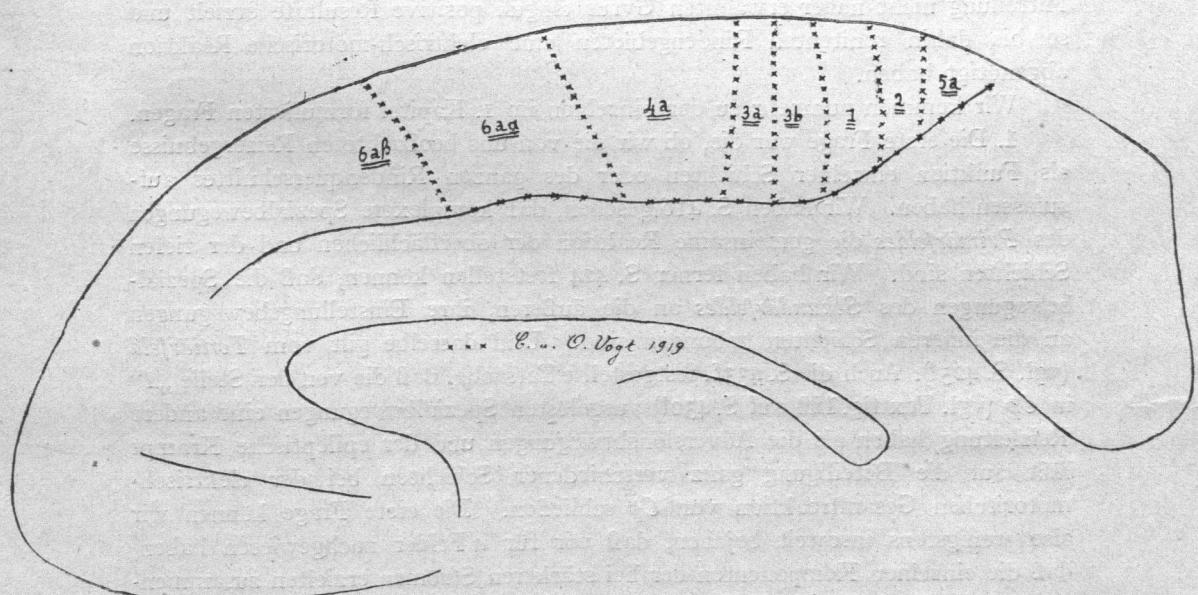


Fig. 127.

sind in lateinischer Handschrift dargestellt. Für die Bewegungen des Sekundärfeldes ist die Rundschrift in Anwendung gekommen.

**Figuren 126 u. 127.** Vorläufige cytoarchitektonische Felderung der von den Verfassern gezeigten Rindentäle des Cercopithecinengehirns. 1919. Wiederholung der Figg. 65 u. 66. Beschreibung: S. 370 ff.

Die Textfigg. 124 u. 125 (S. 438) fassen diese Ergebnisse in Schemata zusammen. Wir reproduzieren auf S. 439 in den Figg. 126 u. 127 noch einmal unsere Figg. 65 u. 66, um das Zusammenfallen der soeben abgegrenzten reizphysiologischen Bezirke mit den in dem 2. Kapitel der 3. Mitteilung unterschiedenen architektonischen Feldern noch deutlicher zu zeigen.

Wir haben nunmehr zu untersuchen, welche Antworten unsere Reizergebnisse auf die im 1. Kapitel gestellten Fragen geben und welche Bedeutung diese Antworten für die Lokalisationslehre besitzen.

#### 4. Kapitel.

##### **Die weitgehende positive Beantwortung der im ersten Kapitel aufgestellten Fragen und die Bedeutung dieser Tatsache für die Lokalisationslehre.**

Ehe wir uns der eigentlichen Aufgabe dieses Kapitels zuwenden, möchten wir uns noch eine Bemerkung über die Leistungsfähigkeit der von uns eingeführten Verbesserungen unseres reizphysiologischen Experimentierens erlauben. Wir haben durch diese Verbesserungen eine ganze Reihe bis dahin nicht erzielter Reaktionsdifferenzen aufzudecken vermocht. Wir hoffen deshalb, bei noch ausgedehnterer Anwendung unseres experimentellen Vorgehens und Einführung weiterer Verbesserungen zu neuen lokalisatorischen Einblicken vordringen zu können. Zur gleichen Annahme veranlaßt uns auch die Tatsache, daß wir gegenüber Ferrier (1874; Fig. 102 auf S. 403) und Beevor und Horsley (1890; Fig. 108 auf S. 403) weiter frontalwärts und in dem in dieser Mitteilung nicht näher erwähnten Gyrus cinguli positive Resultate erzielt und so bis dahin renitenten Rindengebieten eine elektrisch-motorische Reaktion abgenötigt haben.

Wir kommen nunmehr zu den einzelnen im 1. Kapitel formulierten Fragen.

1. Die erste Frage war die, ob wir die von uns beobachteten Reizergebnisse als Funktion einzelner Schichten oder des ganzen Rindenquerschnittes aufzufassen haben. Wir haben S. 416 gesehen, daß komplexere Spezialbewegungen des *Primärfeldes* die gemeinsame Reaktion der oberflächlichen und der tiefen Schichten sind. Wir haben ferner S. 424 feststellen können, daß die Spezialbewegungen des *Sekundärfeldes* an die äußeren, ihre Einstellungsbewegungen an die inneren Schichten gebunden sind. Und dasselbe gilt vom *Tertiärfeld* (vgl. S. 425!). Auch die S. 433f. festgestellte Tatsache, daß die von der Stelle „1“ in *Cp* (vgl. Textfig. 122 auf S. 432!) ausgelösten Spezialbewegungen eine andere Reizleitung haben als die Adversionsbewegungen und der epileptische Krampf läßt auf die Beteiligung ganz verschiedener Schichten bei der elektrisch-motorischen Gesamtreaktion von *Cp* schließen. Die erste Frage können wir also wenigstens insoweit bejahen, daß wir für 4 Felder nachgewiesen haben, daß die einzelnen Komponenten der bei stärkeren Strömen erzielten zusammenge setzteren Reaktionen als Funktionen ungleicher Schichten aufzufassen sind. Wenn wir auch in keinem Falle die Teilnahme aller Rindenschichten an den komplexen Reizergebnissen nachweisen konnten, so erweist sich doch der Rindenquerschnitt in solchem Umfange als beteiligt, daß wir vorläufig allen Grund

haben, die areale Rindengliederung als den architektonischen Ausdruck für das Bestehen einer physiologischen Rindenfelderung anzusehen.

Dieser immerhin schon ziemlich weitgehende Beweis der Existenz einer physiologischen Rindenfelderung ist von grundlegender Bedeutung. „Als man vor reichlich einem Menschenalter erkannte,“ so führte O. Vogt 1912 in einem jener Vorträge aus, welche als Vorläufer dieser Mitteilung aufzufassen sind, „daß gewisse Funktionen an bestimmte Cortexterritorien gebunden sind, da hat man eigentlich allgemein als selbstverständlich angenommen, daß der ganze Rindenquerschnitt des jedesmaligen Territoriums zu dieser Funktion in Beziehung stände. Nur Herr Kraepelin hat nachdrücklich hervorgehoben, daß diese Annahme keine zwingende sei, daß die Erfahrungstatsachen, welche der Lokalisationslehre zugrunde lägen, in keiner Weise entschieden, ob die zu lokalisierende Funktion eine Leistung des ganzen Rindenquerschnittes oder bloß einzelner Schichten darstelle.“ Auch unser verehrter Kollege Nissl hat eine ähnliche Kritik getübt. Für die Entscheidung dieser Streitfrage wurde die Tatsache der Existenz einer architektonischen Rindenfelderung von großer Bedeutung. „Nachdem wir uns davon überzeugt haben,“ führte O. Vogt 1912 — und wir haben uns oben (S. 398) am Schluß der vorigen Mitteilung ähnlich ausgesprochen — weiter aus, „daß in den für die einzelnen architektonischen Areae charakteristischen Kombinationen von Besonderheiten die übrigen Modifikationen nicht einfach die grobmechanische Folge einer einzigen Eigentümlichkeit darstellen, muß sich uns die Ansicht aufdrängen, daß die Rindenfelder bedingenden Kombinationen von Modifikationen auf Anpassungen der verschiedenen Schichten an gemeinsame Funktionen beruhen. Der ganze Rindenquerschnitt muß in der Ausdehnung einer solchen Kombination eine gemeinsame Leistung auszuführen haben. Die architektonischen Rindenfelder müssen eine Art von Elementarorganen darstellen.“ Diese Auffassung fand noch eine Unterstützung durch das Golgische Bild des Rindenquerschnittes. Denn aus diesem geht zweifellos hervor, daß an einer Stelle die übereinander gelagerten Schichten in engeren Leitungsbeziehungen zueinander stehen als verschiedene Stellen derselben Schicht. Unsere neuen, an den oben erwähnten vier verschiedenen Rindenfeldern festgestellten Reizbefunde — an deren weiterer Vertiefung verhindert zu sein uns ganz besonders schmerzlich war, zumal sie uns technisch nicht allzu schwierig erscheint — machen Hand in Hand mit den angegebenen anatomischen Feststellungen es sehr wahrscheinlich, daß innerhalb der einzelnen Rindenfelder ein besonders intimes Zusammenarbeiten aller Schichten stattfindet, und daß daraus — bei aller funktionellen Selbständigkeit der einzelnen Schichten — Leistungen resultieren, welche als Gesamtfunktion des ganzen Rindenquerschnittes aufzufassen sind und damit die Existenz einer sich architektonisch in der arealen Gliederung äußernden physiologischen Rindenfelderung beweisen.

Gibt es aber neben einer *laminären* eine *areale* Lokalisation, so muß sich uns die Frage aufdrängen, ob eine der beiden Lokalisationen zurzeit mehr gefördert zu werden verdient. Wir halten die Klärung beider Lokalisationsarten

für gleich wichtig. In solchen Fällen hat die Leistungsfähigkeit unserer augenblicklichen Forschungswege ein entscheidendes Wort zu sprechen. Ausgedehnte Erkrankungen einzelner Schichten gelten bisher als Seltenheiten. Umfangreiche experimentelle Verletzungen bestimmter Laminae stoßen ebenfalls auf größte technische Schwierigkeiten. Die richtige Deutung zirkumskripter Schichtenverletzungen hat aber eine Kenntnis der Gesamtfunktion der betreffenden Rindenstelle zur Voraussetzung. Vergegenwärtigen wir uns daneben dann noch die Tatsache, daß areale Erkrankungen täglich zu haben und experimentelle Einwirkung auf einzelne Felder technisch leicht durchführbar sind, so erscheint uns aus unserem Nachweis des Existierens einer arealen Lokalisation ihre Vertiefung als das Gebot der Stunde.

2. Die zweite der von uns aufgestellten Fragen war die, ob jedes unserer zahlreichen Rindenfelder eine besondere Reizreaktion zeigt. Wenn wir von den Parietalfeldern **3a**, **3b**, **1** und **2** absehen, so können wir diese Frage ohne weiteres bejahen. Ein Blick auf die Textfigg. 124 u. 125 (S. 438) zeigt uns für jedes der von uns unterschiedenen Felder eine eigenartige elektrisch-motorische Reaktion. Wir haben nun zwar im Vorstehenden wiederholt angedeutet, daß wir die architektonische Felderung noch weiter hätten detaillieren können, daß wir das aber unterlassen haben, weil unsere physiologische Felderung hinter einer weitergehenden arealen Gliederung zurückgeblieben wäre. Wir hegen aber nach unseren ganzen Erfahrungen keinen Zweifel daran, daß neue Reizversuche auch noch zu einer weitergehenden physiologischen Felderung führen werden, wenn auch vielfach nur noch Differenzierter somatotopischer Art in Betracht kommen. Man darf nie vergessen, daß unsere Untersuchungen ein gewaltsames Ende gefunden haben. Man beachte ferner, daß unsere Gliederung von **6a** in **6aα** und **6aβ**, wie unsere Zerlegung von **8** und von **22** auf unmittelbare reizphysiologische Hinweise erfolgt ist. Wenn wir dagegen für die Felder **3a**, **3b**, **1** und **2** nur quantitative und nicht sehr scharfe Unterschiede fanden, so haben wir aber auch hier keinen Grund, für die Zukunft zu verzweifeln. Wir haben erstens für dieses Gebiet die quantitativen Begrenzungen nicht eingehend genug geprüft, vor allem aber nicht nach qualitativen Unterschieden bei komplexen Reaktionen und bei Durch- und Umschneidungen hinreichend gesucht. Im übrigen treten die elektrisch-motorischen Differenzen bei vorwiegend sensorischen Rindengebieten naturgemäß weniger hervor. Wir halten uns deshalb bereits auf Grund unserer bisherigen Befunde für berechtigt, jedem Einzelfeld unserer weitgehenden arealen Gliederung eine Sonderfunktion zuzusprechen und in künftigen neuen Abgrenzungen architektonischer Felder Hinweise auf neue physiologische Sonderfunktionen zu erblicken.

Dieses Ergebnis ist von grundlegender physiologischer Bedeutung.

a) Man muß sich vergegenwärtigen, daß noch vor verhältnismäßig wenigen Jahren bekannte Hirnanatomen die Ansicht vertraten, fast die ganze Hirnrinde sei gleichartig gebaut. In diesem Sinne äußerten sich z. B. v. Koelliker 1896 und v. Monakow noch später. Solange man diese Auffassung als richtig ansah, war es durchaus logisch, die funktionellen Differenzen der seelischen Vorgänge vor allem auf ungleichen Bau der peripheren Sinnesorgane und

Besonderheiten der subkortikalen Leitungsbahnen der wenigen damals unterschiedenen Rindenfelder zurückzuführen. Diese Auffassung wäre bei der feinen Nuanzierung unserer psychischen Prozesse auch dann noch berechtigt gewesen, wenn wir für jedes des Dutzends der von der Hirnlokalisationslehre des vorigen Jahrhunderts unterschiedenen Rindenterritorien des Menschen einen besonderen Bau nachgewiesen hätten. Heute haben wir aber das Recht 200 Sonderfunktionen beim Menschen anzunehmen und jede derselben in ein Rindenfeld zu lokalisieren, welches aus einer großen Zahl von Schichten in einer ihm eigenen Art zusammengesetzt ist. Da scheint es uns geboten zu sein, die architektonischen Rindendifferenzen als die Hauptursache unseres so äußerst komplizierten Seelenlebens anzusprechen. Man vergegenwärtige sich nur einmal, wie unendlich viele psychische Variationen durch das verschiedenartigste Zusammenspiel von 200 funktionell verschiedenen Rindenstellen zustande kommen können, welche weitgehende Grundlage für individuelle Variationen des Seelenlebens durch eine ungleiche Ausbildung dieser 200 Zentren und eine differente Gestaltung ihres Zusammenarbeitens gegeben ist und welche Fülle verschiedener klinischer Bilder durch ungleiche Kombinationen der geschädigten Felder und der einzelnen erkrankten Schichten in diesen möglich wird, und man wird sehr bald mit uns die architektonischen Rindendifferenzen als die Hauptursache der Kompliziertheit unseres Seelenlebens und seiner individuellen Variationen anerkennen!

b) Dazu kommt eine weitere bedeutungsvolle Schlussfolgerung. Wenn es wahr ist, daß die wenigen bisher lokalisierten komplexen Funktionen in eine große Zahl von Partialfunktionen aufzulösen sind und jede dieser Partialfunktionen an ein besonders gebautes Rindenfeld geknüpft ist, so müssen wir seine besondere Struktur als Träger der speziellen Partialfunktion ansehen. Ist das aber richtig, dann kann die Funktion eines zerstörten oder unausgebildeten Einzelfeldes nie und nimmer von einem anderen Einzelfelde wenigstens der gleichen Hemisphäre übernommen werden. Ein vikarierendes Eintreten anderer Rindenfelder, welches in der Literatur eine so große Rolle spielt, ist bei dieser Sachlage ausgeschlossen. Der Defekt kann höchstens durch eine kompensierende Überleistung anderer Hirnteile mehr oder weniger ausgeglichen werden. Wir werden auf diesen Punkt unter 3 zurückkommen.

c) Wer in der Idee lange gelebt hat, daß wir im menschlichen Gehirn 1 Dutzend differenter Zentren vor uns hätten (und in diese Zahl sind die sogenannten stummen, d. h. die in ihrer Leistung unerkannten Rindengebiete, mit eingerechnet), der mag über die wirklichen Kompliziertheiten der kortikalen Lokalisationslehre zunächst erschreckt sein. Hat man aber einmal sich an den Gedanken gewöhnt, daß das Lokalisationsproblem wesentlich komplizierter ist als gewisse Autoren vor einem Menschenalter annahmen, dann wird man im Gegenteil die neuen Feststellungen als einen großen Fortschritt auf dem Wege der Vertiefung der Hirnlokalisationslehre begrüßen. Und zwar aus drei Gründen:

a) In der ersten Mitteilung haben wir darauf aufmerksam gemacht, in wieviel Partialfunktionen die Psychologie der letzten Jahrzehnte das Munksche

„Körpergefühl“ zerlegt hat. Wir haben ferner darauf hingewiesen, wie uns die Klinik partielle Ausfallserscheinungen fortlaufend aufdeckt, deren Lokalisation uns bisher unbekannt ist. Nun haben wir auf einmal 200 Felder mit Sonderfunktionen auszustatten. Zum ersten Male wird der entsprechend den Ausführungen unserer ersten Mitteilung für den Ausbau der Hirnphysiologie so verderbliche Rückstand der Hirnanatomie überwunden und übernimmt diese in der Lokalisationslehre die Führung und weist uns darauf hin, welche Gebiete für Sonderfunktionen in Betracht kommen. Und diese architektonische Aufdeckung der Lage und der Grenzen der physiologischen Bezirke erhält noch dadurch seine besondere Bedeutung, daß — wie wir im 3. Kapitel der 3. Mitteilung sahen — die Furchen „keine sicheren Grenzlinien für irgendwelche physiologischen Bezirke“ darstellen, und die *gyrale Gliederung* des Großhirns deshalb endlich aufhören muß als Grundlage für die Begrenzung physiologischer Felder zu dienen und daß ferner die *myelogenetische Gliederung* wegen der weitgehenden Inkongruenz mit der in ihrer grundlegenden physiologischen Bedeutung erkannten architektonischen Felderung und des Mangels ihr eigener lokalisatorischer Hinweise nur noch eine historische Bedeutung hat. Wir werden noch auf diesen Punkt unter 5 zurückkommen.

*β)* Aber der Fortschritt besteht nicht nur darin, daß uns die Architektonik derartige physiologische Hinweise gewährt. Entsprechend den Ausführungen unserer 1. Mitteilung (S. 282) wird das Experimentieren an der Hirnrinde zum Zwecke des tieferen Eindringens in das Zustandekommen ihrer Leistungen um so erfolgreicher sein, je genauer wir die Spezialfunktionen der betreffenden Hirnrindenstelle kennen. Zur Würdigung der großen Fortschritte, die unser heutiges Wissen gegen frühere Zeiten bedeutet, möge man das Areal in unserer Fig. 124 (S. 438) mit dem Beevor-Horsleyschen in Fig. 108 (S. 403) vergleichen und sich dabei klar machen, welche Fehlerquellen wir vermeiden, wenn wir nicht entsprechend dem Beevor-Horsleyschen Schema das ganze Gebiet als qualitativ gleichwertig ansehen und dementsprechend wechselnde Stellen desselben für die gleiche Versuchsreihe wählen, sondern konform unseren Feststellungen innerhalb dieses Gebietes ein *Sekundärfeld*, ein *Primärfeld*, ein *Cp-Feld* und ein *Subparietalfeld* unterscheiden und wenigstens noch vier weitere qualitative Zerlegungen des *Cp-Feldes* in Aussicht stellen können. Eine Fülle von Abweichungen, welche wir bei einer solchen Versuchsreihe unter Zugrundelegung des Beevor-Horsleyschen Schemas konstatiert hätten, wäre fälschlicherweise den veränderten Versuchsbedingungen zugeschrieben statt der Benutzung qualitativ ungleicher Rindenpartien, wenn die betreffende Untersuchung nicht überhaupt wegen ihrer widersprechenden Ergebnisse aufgegeben worden wäre.

*γ)* Die auf Zerlegung der bisher lokalisierten komplexen Funktionen in Partialleistungen gerichtete Forschung wird auch in Krankheitsfällen zu einer viel umschriebeneren topischen Diagnostik führen. Wir haben schon in der 1. Mitteilung auf die Bedeutung dieser Tatsache für den Chirurgen und pathologischen Anatomen hingewiesen. Der Chirurg wird die Stelle seines Eingriffs besser präzisieren können und dem pathologischen Anatomen

wird das bei den Hirnerkrankungen oft so schwierige Aufsuchen der pathologischen Veränderung wesentlich erleichtert werden, wenn er durch eine vertiefte Lokalisationslehre weiß, wo er den Krankheitsprozeß zu suchen hat. Unter der stets zugenommenen Zahl striärer Erkrankungen, über die wir zurzeit verfügen, würden wir manche nicht erkannt oder nicht als solche anzusprechen gewagt haben, wenn wir nicht inzwischen in der Symptomatologie der Schädigungen des Striatums gentigende Fortschritte gemacht hätten. Und dabei wird das erfolgreicher Arbeiten des Chirurgen und des pathologischen Anatomen wieder zur Förderung der Lokalisationslehre beitragen. Ferner können wir schon heute, wo wir doch erst anfangen aus unseren Studien Nutzen für die menschliche Lokalisationslehre zu ziehen, wahrnehmen, wie bereits dieser erste Beginn einer Verfeinerung der menschlichen Lokalisationslehre uns ermöglicht, auf dem in der 1. Mitteilung (S. 282) vorausgesagten Wege aus Fällen mit großen und multiplen Herden neue Erkenntnisse zu gewinnen. Von dieser Einsicht werden wir aber noch ein weiteres erhoffen dürfen. Den höheren Funktionen unseres Gehirns stehen verschiedene Leitungssysteme zur Verfügung. Nur bei Schädigung mehrerer dieser Systeme durch multiple Herde wird ein Defekt der betreffenden höheren Leistung manifest oder bleibend. Eine für das ganze Verständnis aller unserer höheren Gehirnfunktionen äußerst wichtige, richtige Deutung einschlägiger Fälle hat deshalb jene Verfeinerung unserer Lokalisationslehre zur Voraussetzung, welche uns durch die neuen architektonischen Erkenntnisse angebahnt zu sein scheint. Wir werden in einer der nächsten Mitteilungen an Fällen von Astasie und Abasie diese Tatsache dem Leser zu zeigen Gelegenheit haben.

3. Unsere Reizversuche haben klar ergeben, daß auch die physiologischen Felder nicht nur die gleichen ungebrochenen Grenz-, sondern auch die haarscharfen Trennungslinien der architektonischen Felder aufweisen.

Hat die Tatsache, daß die Grenzen der physiologischen Felder auf der Hirnoberfläche in ungebrochenen Linien verlaufen, eine große praktische Bedeutung für alle diejenigen, welche ein bestimmtes Rindenfeld speziellen Untersuchungen unterwerfen wollen oder chirurgisch zu behandeln haben, so sind die haarscharfen Trennungslinien zwischen benachbarten physiologisch-architektonischen Rindenfeldern von großer theoretischer Bedeutung. „Es gab“, erklärte O. Vogt 1912 in dem schon oben zitierten Vortrag, „bekanntlich eine Zeit, in welcher eine ganze Schule jede „landkartenartige“ Spezialisation der Funktionen in der Hirnrinde auf das leidenschaftlichste bekämpfte. Dieser Streit hat mit einem Sieg der „Lokalisten“ geendigt. Aber innerhalb der siegreichen Lokalisten blieben die ursprünglichen Gegensätze zwischen „Nicht-lokalisten“ und „Lokalisten“ in gemildeter Form bestehen.“ Es gab Autoren, welche, wie Munk, eine scharf begrenzte Lokalisation der einzelnen Funktionen annahmen, neben solchen, welche dieselbe bestritten. Aber keiner hat an derart scharfe Trennungslinien dieser Funktionen gedacht, wie sie aus unseren Untersuchungen und den Abbildungen unserer Tafeln hervorgehen.

Die Existenz dieser haarscharfen Trennungslinien spricht dabei durchaus für die unter 2b behandelte Schlußfolgerung, daß die spezielle Struktur des

Einzelfeldes der Träger der Sonderfunktion sei. Bei dieser Unterstützung unseres obigen Schlusses möchten wir nunmehr auf seine Bedeutung etwas näher eingehen.

Sehen wir einerseits in der spezifischen Struktur der Areae die anatomische Grundlage für ihre Sonderfunktionen und vergegenwärtigen wir uns andererseits, daß unser Hirnleben an ein äußerst intimes Zusammenarbeiten der verschiedenen Sonderfelder gebunden ist, so ergibt sich ohne weiteres, daß bei einer Schädigung einzelner Felder auch über die Tage des Shoks, Ödems usw. hinaus zunächst eine Gesamtstörung vorhanden sein muß, welche sich aus der Funktionsuntüchtigkeit der wirklich geschädigten Felder und dem Ungewohntheit der übrigen Felder, isoliert zu arbeiten, zusammensetzt. Diesen letzteren Faktor hat C. Vogt als *Dislokation* benannt. Diese Dislokation wird nun um so schwächer sein und um so mehr verschwinden, je mehr sich die intakt gebliebenen Felder 1. an selbständiges Arbeiten gewöhnen und 2. durch Hinzulernen eine kompensatorische Überleistung allmählich zu vollbringen vermögen. Das zweite Moment führt bei fötalen Herden sogar zu einer Neuronenvermehrung in den kompensierenden Systemen (unsere „*anatomische Plastizität*“). Das jugendliche Gehirn bringt es infolge „*funktioneller Plastizität*“ wenigstens zu einer bemerkenswerten kompensatorischen Überleistung, wenn dieselbe auch — zum mindesten zurzeit — keinen erkennbaren anatomischen Ausdruck findet. Im senil-invaliden Gehirn fallen dagegen beide Momente mehr oder weniger fort. In diesen Tatsachen sehen wir die allgemein bekannten großen Unterschiede des Krankheitsbildes begründet, welche dieselbe Herderkrankung je nach dem Alter des Patienten hervorruft.

Wir haben nun in früheren Arbeiten die engen Beziehungen zwischen dieser unserer physiologisch-architektonisch begründeten Dislokationslehre und der v. Monakow'schen Diaschisislehre hervorgehoben. Eine solche Beziehung existiert aber nicht mehr mit der heutigen Diaschisislehre des Züricher Forschers. Die folgenden Ausführungen mögen dieses beweisen.

v. Monakow lenkte im Jahre 1902 die Aufmerksamkeit auf eine bis dahin in der Diskussion vernachlässigte Ursache für die transitorischen Erscheinungen nach einer lokalisierten zerebralen Substanzverletzung: auf die durch Vernichtung eines Teiles der beteiligten Neurone bedingte, vorübergehende Desorganisation des ganzen einer bestimmten Funktion dienenden Neuronenkomplexes. Neben anatomisch-pathologischen Komplikationen, Zirkulationsstörungen, Shok- (Loeb), Reiz- (Goltz) und Intoxikationswirkungen schreibt Verfasser diesem Faktor eine ganz besondere Rolle zu. „Von mehreren für eine gemeinsame Funktion eingeübten und stets gleichzeitig kooperierenden Neuronengliedern (Neuronenkomplexverband) können nach akutem Ausfall schon einer Komponente die Arbeitsgenossen der letzteren nur unter modifizierten Bedingungen und selten sofort nach der eingetretenen Betriebsstörung ihre Tätigkeit wieder aufnehmen.“ Auch sie werden funktionsuntüchtig und bleiben es, bis sie „unter Einfluß von anderen Verbindungen und auf Grundlage von neuen Erregungskombinationen zu neuer Tätigkeit geweckt werden. Diese neue Tätigkeit wird“ fährt v. Monakow fort „selbstverständlich unter der Voraussetzung, daß eine wesentliche Arbeitskomponente ausgefallen ist, dauernd eine lückenhafte bleiben, die Funktion als solche wird aber, wenn auch in verstümmelter Form, noch aufrecht erhalten bleiben können. Eine solche akute mit dem Shok zweifellos verwandte (aber keineswegs identische) Erscheinung, die einen lokalen Kampf um die Aufrecht-

erhaltung der Funktion darstellt; bezeichne ich als Diaschisis (Trennung in einzelne Teile durch Ausschaltung eines dirigierenden Verbindungsgliedes)“ (S. 569).

Diese Ausführungen v. Monakows verdienen nach zwei Seiten unser eingehendstes Interesse. v. Monakow hatte noch wenige Jahre zuvor die Existenz fasersystematisch scharf begrenzter Rindenfelder und Thalamuskerne bestritten. Er hatte neben der Hauptverbindung eines Cortexabschnittes mit einem bestimmten Thalamuskern noch Nebenverbindungen mit anderen Thalamuskernen angenommen und darin die anatomische Grundlage für einen Teil der Restitution nach Großhirninsulten gesehen. Jetzt nahm er plötzlich mit einem Substanzverlust die Dauerzerstörung einer physiologischen Komponente an. Er wurde Lokalist strengster Observanz und ließ bei dem Schwund der transitorischen Folgeerscheinungen die Substitution ebenso wohl durch ein bis dahin funktionsloses Ersatzmaterial, wie durch bereits anderweitig tätige, nun aber die zerstörte Funktion vikarierend mit übernehmende Neurone nur eine geringe oder gar keine Rolle spielen. v. Monakow zog dann aber weiter die aus einer so strengen Lokalisation sich notwendigerweise ergebende Konsequenz: das Auftreten einer sich dem durch den Insult direkt geschaffenen Funktionsverlust zugesellenden Funktionsstörung durch Desorganisation der Tätigkeit derjenigen Neurone, die an ein Zusammenarbeiten mit den durch den Insult zerstörten gewöhnt waren. v. Monakow blieb nun aber nicht bei dieser Annahme stehen, sondern er supponierte weiterhin noch eine shokartige Hemmung der desorganisierten Neurone, ohne dabei den Faktor der reinen Desorganisation und den der shokartigen Hemmung klar voneinander zu sondern.

In der zweiten Auflage seiner Gehirnpathologie (1905) vertritt v. Monakow noch denselben Standpunkt. Aber schon im folgenden Jahre (Neurol. Centralbl.) ist die Diaschisis für v. Monakow vornehmlich eine passive Hemmung gewisser Neuronenkomplexe, die sich von Faserbruchstellen elektiv ausbreiten soll.

1909 schwindet dann der Begriff der Desorganisation vollständig aus der v. Monakowschen Diaschisisdefinition. „Unter Diaschisis“ — schreibt er — „verstehe ich eine meist durch akute Herdläsion ausgelöste, shokartige Funktionshemmung in primär nicht lädierten, vom Herd fern liegenden, aber mit diesem anatomisch verbundenen Hirnstellen“ (S. 170). Er fügt dann noch hinzu, daß sich diese Diaschisiswirkung bis zu einem Dauersymptome protrahieren kann (S. 175).

1911 endlich betrachtet v. Monakow die Diaschisis direkt als eine besondere Art des Shoks, und dabei speziell als „eine durch brutalen örtlichen Insult des Nervensystems oder durch psychische Erschütterung bewirkte temporäre, in der Regel plötzliche Funktionseinstellung innerhalb eines größeren zentralen Erregungskreises, ohne daß die ihre Funktion einstellenden Elemente histologisch geschädigt werden“ (S. 191). Der Diaschisisshok kann also nunmehr nicht nur von Faserbruchstellen ausgehen, sondern emotiver Natur sein.

1914 entwickelt v. Monakow dieselben Anschauungen.

Wir sehen so, daß v. Monakow im Laufe der Jahre den Faktor der Desorganisation aus seinem Diaschisisbegriff vollständig ausmerzt. Dafür vereinigt er hysterische und von organischen Faserbrüchen ausgehende Hemmungen zu einem Begriff. Wir selbst halten dieses Vorgehen für höchst unglücklich. Wir halten an dem Faktor der Desorganisation fest. Wir sehen ferner in der begrifflichen Vermengung dieses Faktors mit Hemmungsmomenten keine geeignete Grundlage für die Klärung der organischen Zerstörungen des Zentralnervensystems begleitenden Sekundärerscheinungen. Und dasselbe gilt für ein Zusammenfassen emotiver und organischer Hemmungen. Endlich betrachten wir jene angeblich vom Faserbruch ausgehende „passive Hemmung“ als durch

keine Tatsache erwiesen. Wenigstens müssen wir ihre Existenz bei unseren Reizungsversuchen auf das entschiedenste bestreiten. Die Exstirpation der halben Hemisphäre hat die elektrische Erregbarkeit des restierenden Rinden-gebietes oft nicht im geringsten beeinflußt. Ebenso zeigte eine bestimmte Rindenstelle nach Durchschneidung fast aller ihrer Assoziationsfasern und sämtlicher Balkenfasern nicht die geringste Veränderung in ihrer elektrischen Erregbarkeit. Wir sind dementsprechend der Ansicht, daß es einerseits durchaus notwendig war, aus dem ursprünglichen Diaschisisbegriff v. Monakows das her-nach von ihm gänzlich ausgeschaltete Moment der Desorganisation (Dislokation) zu retten, und daß andererseits der heutige Diaschisisbegriff v. Monakows als ein unglücklicher, ja als ein schädlicher bekämpft werden muß. Denn da-durch, daß dieser eine tatsächlich vorkommende emotive Hemmung und eine wahrscheinlich gar nicht existierende Faserbruchstörung umfassende Kautschuk-begriff für alle Unstimmigkeiten in den klinisch-lokalisatorischen Befunden eine bequeme Erklärung gibt, unterstützt er die Denkfaulheit und hindert das allein zur wirklichen Klärung führende tiefere Schürfen.

**4.** Da, wo wir zunächst nur Teile eines unserer annähernd gleichartig gebauten Rindenfelder reizphysiologisch untersucht hatten und später andere Abschnitte zu prüfen Gelegenheit fanden, hat sich immer eine qualitative Identität der Reizresultate ergeben. Speziell ist uns die Feststellung gelungen, daß die medianen Abschnitte der *Cp*-Felder und die von **4**, **6αα** und **6αβ** die Reaktionsarten ihrer auf der Konvexität gelegenen Teile zeigen. Wir dürfen also an einer Stelle eines architektonischen Feldes erhobene Befunde in weitem Maße für das ganze Feld verallgemeinern. Die aus unseren Versuchen hervorgehende Be-rechtigung, bei demselben Tier aus gleicher Architektonik auf wesensgleiche Funktionen zu schließen, würde natürlich noch eine viel größere wissenschaftliche Bedeutung haben, wenn solche Schlüsse auch für die vergleichende Archi-tektonik und hier speziell zwischen Affen und Menschen sich als gültig erwiesen. Wir werden uns mit dieser Frage in der nächsten Mitteilung eingehend zu be-schäftigen haben.

**5.** Wir haben uns oben weiter gefragt, ob bei der ungleichen Verwandtschaft benachbarter architektonischer Rindenfelder ein Parallelismus zwischen der Stärke der architektonischen Differenzen und derjenigen der reizphysiologischen Reaktionen besteht. Wenn die areale Gliederung funktionelle Diffe-renzen zum Ausdruck bringt, so ist es a priori selbstverständlich, daß die Stärke der physiologischen Verschiedenheiten auch ihren architektonischen Ausdruck haben muß. Es brauchte aber das physiologisch-spezifische des einzelnen Rinden-feldes nicht gerade die augenfälligste architektonische Besonderheit zu bilden. Stellt das Fehlen oder Vorhandensein der *IV*. Schicht, stellt die Breite einer Schicht, ihre Zelldichtigkeit, die Größe ihrer Zellen usw. etwas physiologisch beson-ders Wichtiges dar? Wir können hier nun aber zu unserer Freude er-klären, daß die architektonische Forschung unseres Institutes von Anfang an zu einer Klassifizierung der einzelnen Felder geführt hat, welche überall da, wo sie einer Kritik ihrer Begründung standhält (das gilt z. B. nicht von der Brodmann-Mausschen Zusammenfassung der oralen und der kaudalen Hälfte

des *Gyrus cinguli*), auch mit der reizphysiologischen zusammenfällt. Die Textfiguren 128 u. 129 bringen die architektonische Klassifizierung der

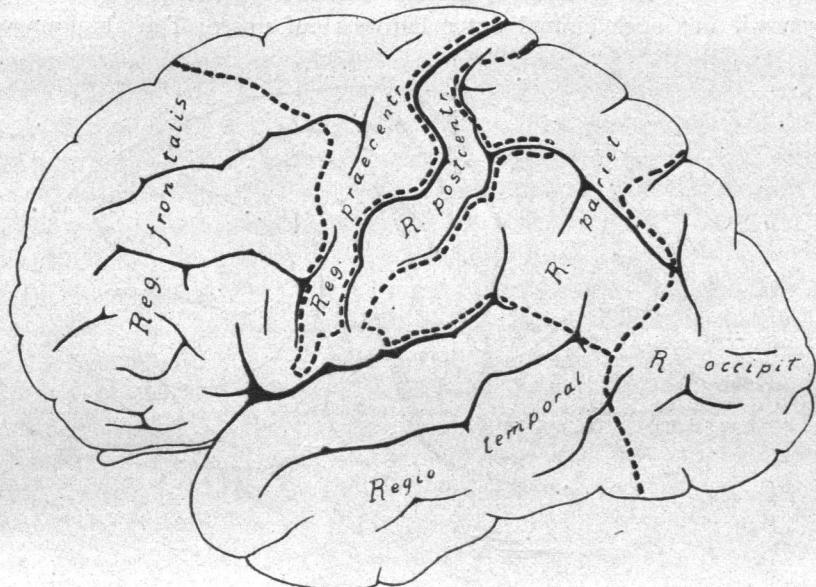


Fig. 128.

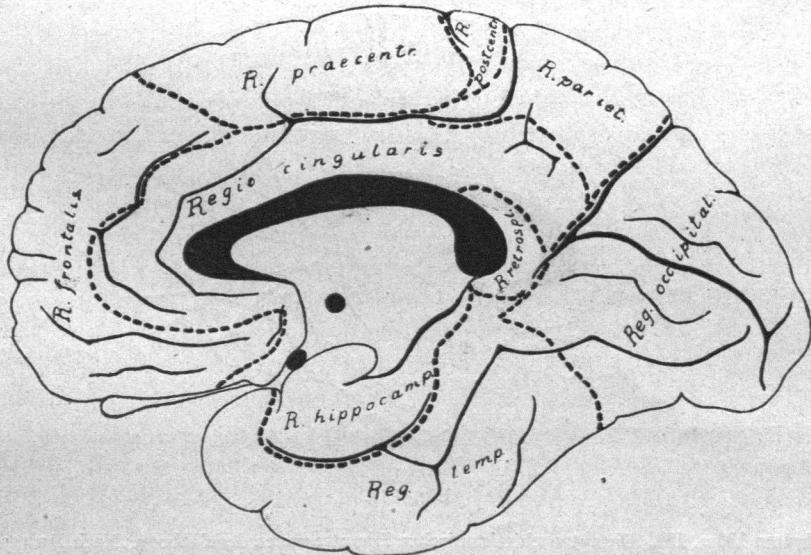


Fig. 129.

**Figuren 128 u. 129.** Die cytoarchitektonischen Hauptregionen des Menschen. Die *Regio olfactoria* ist nicht eingezeichnet. Nach Brodmann, 1909.

menschlichen Großhirnrinde von Brodmann aus dem Jahre 1909 und die Textfigg. 180 u. 181 auf S. 450 die des Gibbons von Mauss aus dem Jahre 1911.

Für die uns hier speziell interessierenden Rindengebiete: *Cp*, *Ca* und den Fuß der *Stirnwindingen* haben wir uns auf Grund eigener architektonischer Untersuchungen dieser Klassifikation im wesentlichen angeschlossen. Vergegenwärtigen wir uns noch einmal unter Hinweis auf unsere Tafelabbildungen die

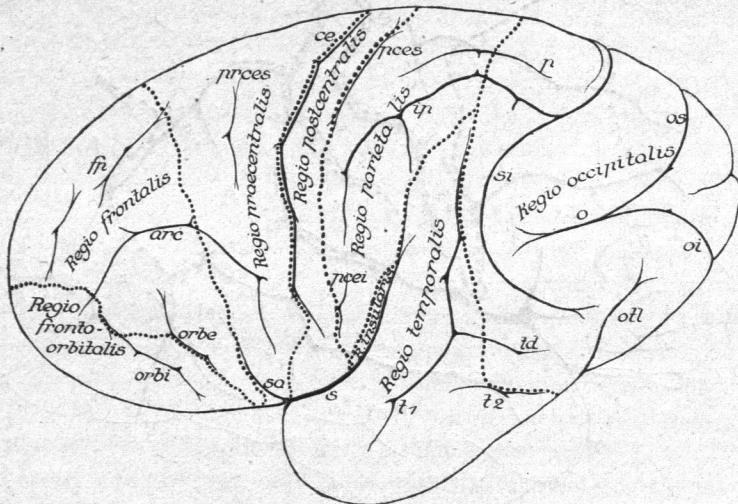


Fig. 130.

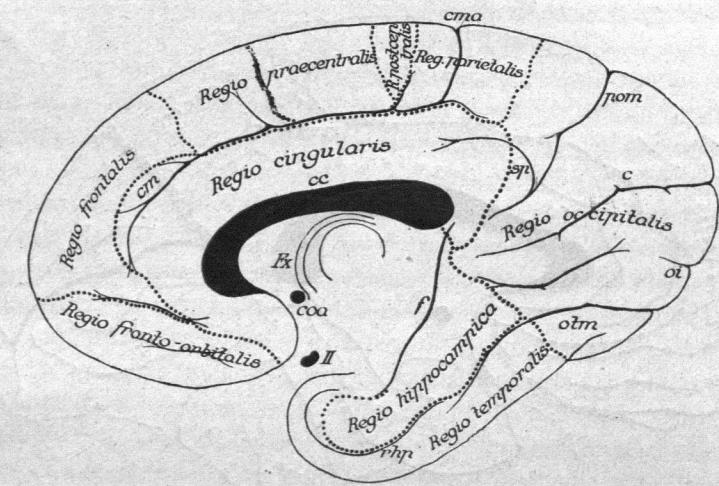


Fig. 131.

**Figuren 130 u. 131.** Die cytoarchitektonischen Hauptregionen des Gibbons. Nach Mauss, 1911.

charakteristischen Merkmale dieser Gebiete. Nehmen wir als Typus der *Cp*-Felder das in Taf. I, Fig. 3 abgebildete Feld 2! Es ist schmal und zellreich. Es hat eine sehr deutlich entwickelte Zellreihe IV; V und VI sind schmal; V ist durch ihre Zellarmut deutlich abgehoben; VIa ist sehr zellreich; die schmale VIb scharf vom Album gyrale abgesetzt. Vergleichen wir hiermit als Re-

präsentanten der Brodmann-Mausschen *präzentralen* Region das Feld **4a** in Taf. 4, Fig. 1! Es handelt sich um eine wesentlich breitere und zellärmer Rinde. Es fehlt die *Körnerschicht*. Die sehr viel breitere *V* ist in ganzer Ausdehnung relativ zellreich, *VIa* dagegen relativ zellarm, so daß der ganze Rindenquerschnitt kaum eine Schichtung zeigt. Die Grenze zwischen Rinde und Mark ist unscharf. Das Vorhandensein besonders großer Zellen in *Vy* ist nur charakteristisch für **4**, während in den übrigen Merkmalen das ganze Gebiet von **6** der Architektonik von **4** nahekommt. Als Repräsentant der *frontalen* Region mag dann das in Taf. 2, Fig. 4 abgebildete Feld **8a** dienen. Hier folgt auf eine relativ schmale *II + III* eine deutliche *Körnerschicht*. Die schmale *V* ist sehr zellreich. Ihr schließt sich eine sehr breite und unscharf gegen das Mark abgesetzte *VI* an. Das Vorhandensein einer *IV* und einer relativ breiten *VI*. Schicht ist für alle Typen der *Regio frontalis* charakteristisch. Ein Vergleich mit unserer Fig. 124 (S. 438) lehrt nun ohne weiteres, daß die Brodmann-Maussche Unterscheidung einer *postzentralen*, einer *präzentralen* und einer *frontalen* Region durchaus mit den reizphysiologischen Ergebnissen übereinstimmt. Die Architektonik forderte eine grundlegende physiologische Differenz zwischen der bis dahin zu einer funktionellen Einheit zusammengefaßten vorderen und hinteren Zentralwindung, d. h. der Area **4** und den *Cp*-Feldern. Sie ist in vollstem Maße erbracht worden. Wir wollen in diesem Moment bloß daran erinnern, daß die hintere Zentralwindung nur auf indirektem, das Feld **4** auf direktem Wege Spezialbewegungen bei Reizung ergeben. Unsere Reizresultate lehren ferner, daß die die Mauss-Brodmannsche Regio *präcentralis* bildenden Felder **4** und **6** direkt oder indirekt Spezialbewegungen ergeben, während die Regio *frontalis* solche nicht zeitigt oder gar denergierend wirkt. Mit dieser Feststellung ist auch im speziellen das unbefriedigende Ergebnis unserer früheren Veröffentlichungen, denen zufolge **6aβ** und **8** zu sehr ähnlichen Reaktionen führten, beseitigt worden, indem es uns gelang, die spezifischen Differenzen dieser beiden Gebiete teils durch Anwendung stärkerer Ströme, teils durch gleichzeitige Reizung mit zwei Elektroden aufzudecken. Mit Hilfe dieser komplizierteren Versuchsanordnungen gelang es uns ferner, die nach unseren früheren Reizergebnissen anscheinend große physiologische Differenz zwischen **6aa** und **6aβ** entsprechend dem nahe verwandten Bau dieser beiden Gebiete beträchtlich zu reduzieren. Beide Gebiete haben einen bahnenden Einfluß auf die tonischen Bewegungen des Feldes **4** und beide ergeben gleichzeitig Adversionsbewegungen. Der heute nur noch aufrecht zu erhaltende Unterschied ist der, daß im Felde **6aa** die Adversionsbewegungen schwerer ansprechbar sind als die indirekt ausgelösten Spezialbewegungen, während für das Feld **6aβ** das Gegenteil gilt. Andererseits haben wir bei der **6a** und den *Cp*-Feldern gemeinsamen Eigenschaft, nur durch Vermittlung von **4** zu Spezialbewegungen zu führen, entsprechend der großen Verschiedenheit ihres Baues eine genügende Differenz in der Art dieser Vermittlung, wie die folgende Zusammenstellung der in den S. 422f. und S. 431ff. näher ausgeführten Ergebnisse zeigt:

## Reizphysiologische Differenzen zwischen 6a und *Cp*-Feldern.

### 6a:

1. Die Übertragung der neurodynamischen Energie auf 4 erfolgt intrakortikal.
2. Bei gleichzeitiger Reizung von 4 und 6a wirkt die Reizung von 6a in gewissen Grenzen bahnend auf jede beliebige Reizstelle von 4a.
3. Die ausgelösten motorischen Effekte sind sehr komplexe.
4. In dem Extremitätenteil sind die großen proximalen Gelenke vorherrschend vertreten.
5. Unter Umständen wird die gleichseitige Extremität zuerst erregt.
6. Der epileptische Anfall zeigt von vornherein klonische Zuckungen und diese in weitgehendster Irradiation.

### *Cp*-Felder:

Diese Übertragung erfolgt durch subkortikale Assoziationsfasern.

Bei gleichzeitiger Reizung von 4 und *Cp* wirkt die Reizstelle von *Cp* determinierend.

Die ausgelösten motorischen Effekte sind auf engumschriebene Körperteile beschränkt.

Die Finger- und Handregion nimmt ein besonders umfangreiches Gebiet ein; in etwas geringerem Maße gilt dasselbe für das Zehengebiet.

Es wird immer die gekreuzte Extremität zuerst erregt.

Der epileptische Anfall zerfällt in eine tremorartige Primärphase und eine sekundäre klonische. Die Neigung zur Irradiation des epileptischen Anfalles ist eine sehr begrenzte.

Dieser Parallelismus zwischen funktioneller und architektonischer Verwandtschaft hat eine große heuristische Bedeutung. Wir haben oben unter 2a (S. 442) darauf hingewiesen, wie die Rindenarchitektonik uns über die Zahl, die Gestalt und die Lage der physiologisch differenten Rindenfelder schon heute unterrichten kann. Der eben festgestellte Parallelismus kann uns nun neue Hinweise gewähren und zwar zunächst in bezug auf die Zahl der zu unterscheidenden *Felderkomplexe* und damit voneinander zu trennenden *Komplexfunktionen*. Er kann uns ferner darüber aufklären, zu welchem Komplex von Feldern ein fragliches gehört und an welcher Komplexfunktion es deshalb teilnimmt. Er vermag uns endlich auf das Minimum der zu unterscheidenden Partialleistungen hinzuweisen. So sehen wir, wie durch den Parallelismus zwischen architektonischer und physiologischer Verwandtschaft die Führerrolle der Architektonik in der Lokalisationslehre noch wesentlich gesteigert wird.

6. Die letzte Frage ist die, ob der öfter vorkommenden arealen Gradation eine funktionelle parallel geht. Wir wiesen oben (S. 371) darauf hin, daß 6aa architektonisch eine Mittelstellung zwischen 4 und 6ab einnimmt. 4 reagiert mit direkten Spezial- und erst bei sehr starken Strömen mit Adversionsbewegungen, 6aa mit primären indirekten Spezial- und schon leichter erregbaren Adversionsbewegungen, 6ab mit leichter erregbaren Adversions- und nur schwer erregbaren Spezialbewegungen. Im Gyrus temporalis superior sehen wir kaudal-

oralwärts parallel der Dickenzunahme von *III* und der Abnahme von *IV* die Adversionsbewegungen schwerer erregbar werden. Wir konstatieren vorläufig diese Tatsachen, ohne entscheiden zu wollen, ob hinter ihnen ein wichtigeres lokalisatorisches Gesetz verborgen ist.

### Anhang.

Im folgenden möchten wir kurz einige Arbeiten Minkowskis über die Physiologie der *Area striata* bei den Karnivoren resumieren, da sie den einzigen Versuch darstellen, der seit unserer Veröffentlichung 1907 von anderer Seite zur Prüfung der physiologischen Bedeutung der architektonischen Rindenfelderung unternommen ist. Die mit unserer Auffassung übereinstimmenden Resultate verdienen um so mehr Beachtung, als die Minkowskischen Arbeiten unter Leitung Rothmanns und v. Monakows unternommen sind, d. h. zweier Männer, die sich alle Mühe gegeben haben, die wissenschaftliche Bedeutung der architektonischen Rindenforschung zu verringern.

Schon 1898 hatte O. Vogt auf Grund der Myelogenie das Gebiet der Fissura calcarina des Menschen, die spätere *Area striata*, mit dem kaudalen Teil des *Gyrus marginalis* des Katzengehirns homologisiert. C. Vogt hat dann im Jahre 1900 eine ausführlichere Darstellung der Verhältnisse der Katze und auch des Hundes gegeben. Wir verweisen auf die Figg. 6, 7, 12, 13, 17, 18 und 19 ihrer Arbeit. Sie sind in den Figg. 6, 7, 11, 12, 16, 17 und 18 der 1. Lieferung des I. Bandes unserer „Neurobiologische Arbeiten“ 1902 wieder reproduziert und ausführlich beschrieben. Die Abbildungen vom Katzengehirn sind hier in unseren Textfigg. 89—94 (S. 391ff.) wiedergegeben und auf S. 392 kurz beschrieben. Unserer Homologisierung lag neben der relativ frühzeitigen Markreifung dieses Abschnittes des *Gyrus marginalis* die Tatsache zugrunde, daß wir markhaltige Fasern unmittelbar aus dem *Corpus geniculatum laterale* in diesen frühreifen Cortexabschnitt verfolgen konnten. Das lateral anstoßende Rindengebiet des *Gyrus suprasylvius* der erwachsenen Katze enthält entsprechend seiner späteren Markreifung weniger und nur dünnere Markfasern, so daß wir schon 1902 zu der Ansicht kamen, daß eine starke physiologische Differenz zwischen dem kaudalen Teil des *Gyrus marginalis* und dem angrenzenden Gebiete des *Gyrus suprasylvius* bestehen müsse. 1904 stellte dann Brodmann auf Grund der vergleichenden Cytoarchitektonik die Grenze seiner *Area striata* bei der Katze fest und hob hervor, daß sie nicht mit der *Sehsphäre* Munks zu identifizieren sei. Die erst später von ihm veröffentlichten Abbildungen der Lage der *Area striata* bei der Katze sind in unseren Figg. 96 u. 97 (S. 395) wiedergegeben. In diese *Area striata* Brodmanns ist unser *frühmarkreiches Feld* des *Gyrus marginalis* einbezogen. 1905 hat Campbell den identischen Befund zum ersten Male mit Abbildungen belegt. Seine Abbildungen vom Hunde sind in unseren Figg. 132—134 (S. 454) reproduziert. 1906 führte dann Brodmann weiter aus: „Die Grenzen unserer *Area striata* decken sich somit nirgends mit denen der (in unseren Figg. 135 u. 136 auf S. 454 reproduzierten) Munkschen *Sehsphäre*, seiner Stelle **A**. Abgesehen davon, daß die Area auch auf der Medianfläche ein umfangreiches Gebiet umschließt, bleibt sie auf der Konvexitätsfläche ganz auf den dorsal und kaudal vom *Sulcus lateralis* gelegenen Abschnitt beschränkt, während das Munksche Feld zum größten und gerade in dem wichtigsten Teile **A<sub>1</sub>** nach vorne-unten, d. h. ventral und oral von dieser Furche gelegen ist.“ Weiterhin verweist Brodmann „auf die Eigenart der morphologischen Verhältnisse des Okzipitallappens der Karnivoren; diese legen geradezu den Verdacht nahe, daß bei operativen Eingriffen an der Konvexität leicht unbeabsichtigte Mitverletzungen medialer Windungsabschnitte entstehen können und unter Umständen entstehen müssen. Wenn man z. B. an einer Stelle der Konvexität, die dem *Gyrus suprasylvius* in der Fig. 151 der Katzenserie entspricht (zwischen *ss* und *l*), und die ganz außerhalb unserer *Area striata* gelegen ist, einschneidet, so ist es bei der eigentümlichen kammartigen Schmalheit der Mar-

ginalwindung fast unausbleiblich, daß die dicht darunter gelegene Rinde der Medialfläche, d. h. die mediale *Area striata* oder zum mindesten deren Projektionsfaserung, was ja im Effekt dasselbe ist, mit lädiert wird. Ausfallserscheinungen, welche danach

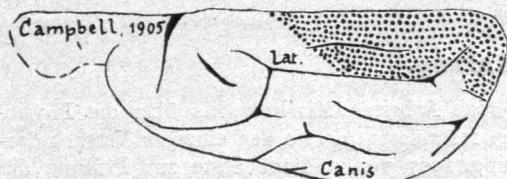


Fig. 132.

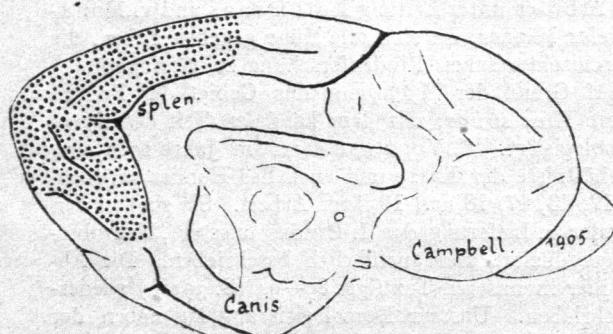


Fig. 133.

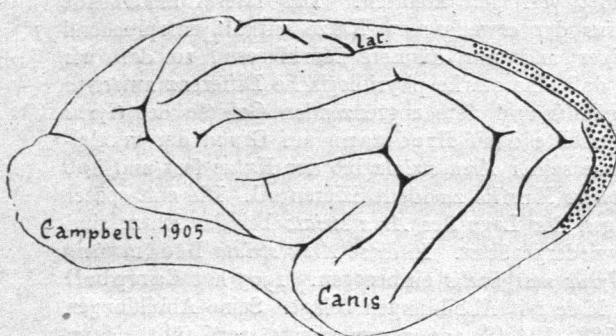


Fig. 134.

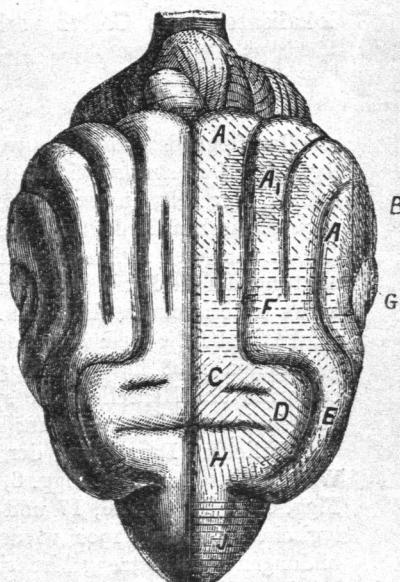


Fig. 135.

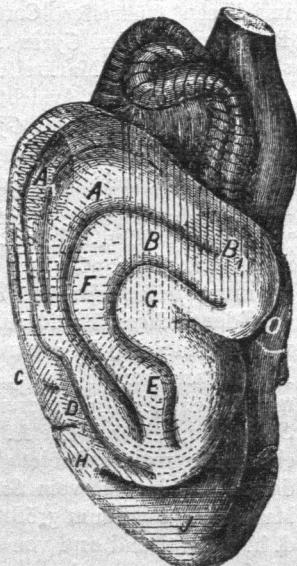


Fig. 136.

**Figuren 132—134.** *Area striata* vom Hunde. Nach Campbell, 1905.

**Figuren 135 u. 136.** Munk's physiologische Rinden-gliederung des Hundegehirns. *A* = Sehsphäre, *A<sub>1</sub>* = Stelle des deutlichsten Sehens.

eintreten, können also ebenso wohl auf die laterale wie mediale Fläche bezogen werden und beim Fehlen einer genauen anatomischen Kontrolle wird man Gefahr laufen, irrite lokalisoratorische Schlüsse aus solchen Befunden zu ziehen.“ Bei einem dieses Themas behandelnden Vortrag Brodmanns in einer Berliner Privatgesellschaft wies

O. Vogt dann noch darauf hin, daß vollständige Exstirpationen des *Gyrus suprasylvius* der Karnivoren ohne Schädigung der Projektionsfaserung des *Gyrus marginalis* ganz unmöglich seien, da diese im Niveau des *Gyrus suprasylvius* teilweise direkt das Album proprium dieses Gyrus an seiner Basis durchsetzt. Wir verweisen speziell auf die Figg. 6 u. 7 der Taf. 25 des 1. Bandes unserer „Neurobiologische Arbeiten“.

Angeregt durch einen Teil dieser architektonischen Feststellungen, hat nun Minkowski eine Nachprüfung der Munkschen Lehre beim Hunde vorgenommen. Er fand, daß eine Zerstörung der Munkschen Stelle A<sub>1</sub> keine oder nur vorübergehende Sehstörung hervorrief, wenn die Projektionsfaserung zum *Gyrus marginalis* nicht mit verletzt war. Er stellte ferner fest, daß eine einseitige Zerstörung der *Area striata*, wie sie Campbell bei dem Hunde umschrieben hatte, Hemianopsie und eine doppelseitige Blindheit zur Folge hatte. Minkowski hat diese Frage aber nicht nur mit der Ausfallmethode, sondern auch mit der Reiz- und der fasersystematischen Methode untersucht. In Bestätigung von Munk und Obregia erhielt er bei elektrischer Reizung der Konvexität des Okzipitallappens besonders in der inneren Hälfte des *Gyrus suprasylvius* assoziierte Augenbewegungen. Er stellte somit eine reizphysiologische Differenz zwischen der *Area striata* und dem anstoßenden *Okzipitalfeld* fest. Zugleich fand Minkowski bei erwachsenen Hunden mit Hilfe der Marchi-Methode, daß eine Exstirpation der *Area striata* eine wesentlich geringere Faserdegeneration, insbesondere im oberflächlichen Mark des vorderen Vierhügels, nach sich zieht, als die des *Gyrus suprasylvius*.

1913 hat dann Minkowski Untersuchungen veröffentlicht, denen zufolge eine isolierte Entrindung der *Area striata* bei einer jugendlichen Katze zu der größtmöglichen Degeneration des Corpus geniculatum laterale führt, während eine entsprechende Zerstörung des *Gyrus suprasylvius* das Corpus geniculatum laterale intakt läßt. Selbst wenn v. Monakow recht haben sollte und die Ausräumung einer ganzen Hemisphäre eine etwas stärkere Degeneration des Corpus geniculatum laterale herbeiführt als die isolierte Zerstörung der *Area striata*, so ist doch auf alle Fälle durch die Feststellungen Minkowskis die Existenz einer weiteren grundlegenden fasersystematischen Differenz zwischen der *Area striata* und dem anstoßenden Teil des *Gyrus suprasylvius* nachgewiesen.

So hat also Minkowski mit allen drei uns zur Verfügung stehenden Methoden festgestellt, daß die *Area striata* in ihrer Funktion wesentlich von dem angrenzenden, architektonisch ganz anders gebauten *Gyrus suprasylvius* verschieden ist und damit unseren im Vorstehenden entwickelten Anschauungen eine willkommene Stütze gegeben.

### Schlußbemerkungen.

Damit sind wir nun an das Ende dessen gelangt, was wir über die physiologische Bedeutung der architektonischen Rindenfelderung auf Grund der Minkowskischen Befunde und unserer neuen Rindenreizungen am Cercopithecengehirn zu sagen in der Lage sind.

Es bleibt uns nun nur noch übrig zu erörtern, welche allgemein wissenschaftliche Bedeutung der architektonischen Rindenfelderung aus unseren ganzen bisherigen Feststellungen abgeleitet werden kann.

1. Der Cortex cerebri zeigt entsprechend unseren früheren Ausführungen einen *laminären* und einen *arealen* Zerfall. Es kann unter diesen Umständen die Frage auftauchen, ob wir einer Darstellung der Rindenarchitektonik die Schichtung oder die Felderung zugrunde zu legen haben. Man könnte daran denken die einzelnen Hauptschichten der Reihe nach vorzunehmen und die

topischen Modifikationen jeder Lamina im Zusammenhang zu schildern. Dazu müssen wir nun zunächst bemerken, daß die Homologisierung der Hauptschichten des Isocortex mit denjenigen des Allocortex auf vorläufig nicht zu überwindende Schwierigkeiten stößt. Es müßte deshalb schon die Architektonik des Allocortex aus einer solchen Darstellung ausscheiden. Es würde uns ferner aber auch jedes Mittel zur genauen Lokalisierung derjenigen Rindenstelle fehlen, an welcher eine Schicht eine bestimmte Modifikation eingeht, da die topographische Orientierung nach den Furchen — wie wir oben gesehen haben — eine ganz unzuverlässige ist. Die einzige sichere Topographie wird uns durch die architektonische Felderung an die Hand gegeben. Selbst also da, wo eine bestimmte Funktion oder der Ausgang resp. das Ende eines Fasersystems in die gleiche Schicht mehrerer benachbarter Felder zu verlegen ist, erfolgt die klarste und zuverlässigste topische Charakterisierung dieses physiologisch oder fasersystematisch nach gewissen Richtungen hin ein einheitliches Organ bildenden Abschnittes einer Schicht durch diejenigen architektonischen Felder, über welche sie sich erstreckt. So erscheint es als dringend geboten, die Rindenfelderung in den Mittelpunkt der architektonischen Beschreibung zu bringen.

**2. Wir sind ursprünglich von fasersystematischen Studien ausgegangen.** Diese erforderten eine Definition des elementaren Fasersystems und wir fanden diese in der „Gesamtheit aller derjenigen Nervenfasern, welche ein nervöses Zentrum zu einem anderen entsendet“. Diese Begriffsbestimmung setzte die Kenntnis der nervösen Zentra voraus. Dieselben waren uns aber damals unbekannt. Wir suchten nach ihnen und wir glauben heute — soweit das Großhirn und die subkortikalen Großhirnanteile in Betracht kommen — sie in den architektonischen Rindenfeldern und den architektonischen Kernen der subkortikalen grauen Massen gefunden zu haben.

Unsere architektonischen Rindenfelder zeigen teils qualitative, teils nur somatotopische Differenzen. Unsere ganzen Kenntnisse vom Grau des Zentralnervensystems weisen überall auf eine Zerlegung in somatotopische Bezirke hin. Das gilt nicht nur vom Großhirn und vom Rückenmark, sondern auch vom Cerebellum, Thalamus und Striatum. Soweit somatotopische Differenzen in der Architektonik der Hirnrinde auftreten, dürfen sie deshalb ohne weiteres als die von uns gesuchten fasersystematischen Zentren angesehen werden. Aber auch da, wo architektonische Areae qualitativ verschieden sind, sind *a priori* — eventuell nur quantitative — Differenzen in ihren extragrisealen Leitungsverbindungen anzunehmen, so daß wir auch in derartigen Areae besondere fasersystematische Zentren erblicken müssen, wenn wir hier vielleicht auch zunächst Felderkomplexe zum Ausgangspunkt für fasersystematische Studien machen werden.

Diese Schlüsse sind nun durch unsere bisherigen Erfahrungen vollständig bestätigt worden.

In bezug auf subkortikale architektonische Befunde erinnern wir daran, daß es uns gelungen ist für zwei benachbarte architektonische Kerne des Tha-

lamus (*va* und *va<sup>1</sup>*) nicht nur eine lineare Begrenzung, sondern auch eine fasersystematische grundlegende Differenz aufzudecken, indem *va* von uns als Endstation von Schleifen-, *va<sup>1</sup>* als solche von Bindearmfasern erkannt wurde.

v. Monakow hat später diese Feststellung als Ergebnis seiner Studien hingestellt und wir sehen uns deshalb gezwungen, auf die Geschichte dieser Entdeckung zurückzukommen. Es war gewiß ein großer — und wir glauben von uns in unseren früheren Arbeiten hinreichend gewürdigter — hirnanatomischer Fortschritt, als v. Monakow 1895 auf Grund der Faserverbindungen des Thalamus mit dem Großhirn und gewisser histologischer Befunde im Thalamus über die Forelsche lamelläre Zerlegung des Zwischenhirns zu einer weitergehenden, wenn auch sehr unscharf umgrenzten übergang.<sup>1)</sup> In dieser Arbeit unterschied v. Monakow (S. 25) im kaudal-ventralen Abschnitt des Forelschen lateralen Kerns einen kaudalsten *Vent c* und einen oralen *Vent a*. In diesem letzteren ließ er — ohne eine Trennung zu machen — kaudal „zahlreiche und der Hauptsache nach aus der Schleifenschicht stammende Faserfaszikel“ und oral Haubenfasern endigen. Wir fanden dann im Anfang dieses Jahrhunderts an Kindergehirnen, daß man den lateralen Teil von *Vent c* und den kaudalen Teil von *Vent a* zu einem kaudalwärts und oralwärts scharf abgegrenzten Kern zusammenfassen konnte. Er erwies sich als durch besonders dicke Fasern charakterisiert. Und diese waren nichts anders als die Schleifenfasern. Nach vorn schloß sich daran eine orale Hälfte von *Vent a* an, die durch mittelstarke Fasern scharf gegenüber dem kaudalen Teil charakterisiert war. Diese Fasern entstammten der Haube. Wir benannten den ersten Kern *va*, den zweiten *va<sup>1</sup>*. Wir haben diesen Befund etwa im Jahre 1902 persönlich v. Monakow bei seinem Besuch unseres Institutes und dann 1903 auf der Jenenser Psychiaterversammlung demonstriert. Wir haben entsprechende Abbildungen 1906 veröffentlicht und C. Vogt hat dann 1909 diesen Befund unter einer genaueren myeloarchitektonischen Charakterisierung der beiden Kerne durch operative Ergebnisse am Affen bestätigt. Es hat dann noch Friedemann 1911 in unserem Institut die myeloarchitektonischen Befunde C. Vogts cytoarchitektonisch gestützt und dabei die gleiche Stellung zu der Monakowschen Gliederung eingenommen. v. Monakow erklärt nun 1914 unseren *va* identisch mit seinem *Vent c*, den er als „jene Kernpartie“ bezeichnet, in welcher er „die Hinterstrangsschleife von jeher endigen ließ“. Also v. Monakow macht sich nachträglich unsere Gliederung zu eigen, bezeichnet unseren *va* als seinen *Vent c* und erklärt die von uns umschriebene Endigung der Schleifenfaserung als von ihm stammend.

Was nun die Prüfung der architektonischen Rindenfelder auf ihren fasersystematischen Wert anbelangt, so sei zunächst auf die schon oben erwähnte Minkowskische Aufdeckung der fasersystematischen Sonderstellung der *Area striata* hingewiesen. Sodann möchten wir noch kurz die ausgesprochenen fasersystematischen Differenzen zwischen der *Area gigantopyramidalis* und den *Cp*-Feldern hervorheben. 1901 stellten Sherrington und Grünbaum für den Anthropoiden fest, daß auch kleine Zerstörungen des Gyrus centralis anterior eine ausgesprochene Degeneration in der Pyramidenregion des Rückenmarks hervorrufen, während auch größere Rindenexstirpationen in der hinteren Zentralwindung keine deutliche Degeneration im Rückenmark

<sup>1)</sup> Es muß dabei allerdings hervorgehoben werden, daß das Verdienst, dem Thalamus eine moderne und zwar speziell cytoarchitektonische Gliederung gegeben zu haben, Nissl zukommt. Leider bezog sich diese Gliederung nur auf den Thalamus des Kaninchens. Vor allem hat aber Nissl seine damaligen Feststellungen so unzureichend veröffentlicht, daß sie für die Wissenschaft verloren gegangen wären, wenn dieser ausgezeichnete Forscher seine Studien in den letzten Jahren nicht wieder aufgenommen hätte.

nach sich ziehen. 1906 teilte O. Vogt<sup>1)</sup> aus unseren gemeinsamen Studien mit, daß eine Zerstörung der Area gigantopyramidalis eine sehr starke und grobschollige, dagegen eine Zerstörung des Gyrus centralis posterior eine sehr geringfügige und feinschollige Degeneration der Pyramidenbahn innerhalb des Hirnfußes und der Pyramide selbst hervorruft. Ferner führt eine Zerstörung der Area gigantopyramidalis zu einer absteigenden Degeneration bis in denjenigen oben erwähnten Thalamuskern (*va*<sup>1</sup>), welcher die Endstätte von Haubenfasern darstellt, während eine Zerstörung der hinteren Zentralwindung eine absteigende Degeneration in das thalamische Endigungsgebiet der Schleifenfaserung (*va*) nach sich zieht. Es waren damit prinzipielle fasersystematische Differenzen zwischen der Area gigantopyramidalis und den Feldern des Gyrus centralis posterior festgestellt. Wir können diese Befunde noch dahin ergänzen, daß eine Zerstörung von *Ca* eine viel stärkere Degeneration von Balkenfasern zur Folge hat als eine von *Cp*, daß dagegen bei der erstgenannten Operation nur eine geringe und feinschollige, bei der zweiten eine wesentlich stärkere und grobschollige Degeneration in jenen U-Fasern auftritt, welche *Ca* und *Cp* miteinander verbinden.

Wir könnten diesen Nachweis, daß wir in den architektonischen Rindenfeldern die gesuchten fasersystematischen Zentren zu sehen haben, noch weiter fortsetzen. In den fernereren Mitteilungen wird noch manche dafür sprechende Tatsache zu erörtern sein. Es kam uns hier aber nur darauf an, eine prinzipielle empirische Stütze für unseren theoretischen Schluß zu bringen, daß unsere architektonischen Areae und Nuclei die von uns gesuchten fasersystematischen Zentren darstellen.

Die durch diese Erkenntnis auch für die Fasersystematik notwendig gewordene architektonische Felder- und Kernzerlegung des Zentralnervensystems hat zu einer langen Suspendierung unserer Faserstudien geführt. Aber wir hoffen, daß diese Unterbrechung uns ermöglicht hat, dem Ausbau der Lehre von den extragrisealen Fasersystemen die unerlässliche Basis einer naturgemäßen Zentengliederung geliefert zu haben.

**3.** Und dasselbe gilt für eine unsern heutigen wissenschaftlichen Ansprüchen genügende Bearbeitung von Herderkrankungen. Die ganze bisherige Literatur der Herderkrankungen stützt sich auf die gyrale Gliederung. Die Tatsache der weitgehenden Divergenz zwischen gyraler und arealer Gliederung scheint uns da, wo gleiche Dislokationsbedingungen vorliegen, den Hauptgrund für die Unstimmigkeit der klinischen Bilder bei topographisch anscheinend gleichartigen Herden zu bilden. Es galt deshalb die ganze Bearbeitung der Herderkrankungen auf eine neue Basis zu stellen, ihr eine Beschreibung der vom Krankheitsprozeß geschädigten architektonischen Elementarorgane zugrunde zu legen. Wir haben mehr als ein halbes Menschenalter gebraucht, um diese Basis

<sup>1)</sup> Diese Befunde sind nicht erst — wie v. Monakow behauptet — von C. Vogt 1909 veröffentlicht. Auch ist nicht die betreffende Arbeit C. Vogts — wie v. Monakow besonders hervorhebt — nach der Thalamusarbeit von E. Sachs erschienen. Wir legen persönlich auf solchen Prioritätsstreit keinen Wert. Aber es ist ja nicht das erste Mal, daß die Art des Referierens der Arbeiten anderer von Seiten v. Monakows Gegenstand öffentlicher Beschwerde geworden ist.

zu schaffen. Wir haben die Geduld unserer klinischen Mitarbeiter durch Verzögerung der Bearbeitung der uns von ihnen anvertrauten Gehirne mit Herderkrankungen auf eine harte Probe gestellt. Aber wir hoffen unsern Kollegen als Entgelt eine Darstellung des pathologischen Befundes nunmehr liefern zu können, die wirklich als Grundlage für eine wissenschaftliche Erklärung der klinischen Symptomenkomplexe dienen kann.

### Literatur.

- Bielschowsky, Über Hemiplegie bei intakter Pyramidenbahn. Dieses Journ., 22, 1918.
- Bolton, The exact histological localisation of the visual area of the human cerebral cortex. Philos. Transact. 193, 1900.
- Brodmann, Beiträge zur histologischen Lokalisation der Großhirnrinde. 1.—7. Mitteilung. Dieses Journal, 1903/08.
- Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde. Leipzig 1909. Mit eingehendem Literaturverzeichnis.
- Neue Ergebnisse über die vergleichende histologische Lokalisation der Großhirnrinde mit besonderer Berücksichtigung des Stirnhirns. Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft. 1912.
- Neue Forschungsergebnisse der Großhirnanatomie. Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. 1913.
- Physiologie des Gehirns. Neue deutsche Chirurgie. Stuttgart 1914. Mit eingehendem Literaturverzeichnis.
- Bubonoff und Heidenhain, Über Erregungs- und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen Hirnzentren. Pflügers Archiv, 26, 1881/82.
- Campbell, Histological studies on the localisation of cerebral function. Cambridge 1905.
- Flechsig, Gehirn und Seele. Leipzig 1894.
- Einige Bemerkungen über die Untersuchungsmethode der Großhirnrinde. Arch. f. Anatomie u. Physiologie, Anatom. Abt., 1905.
- Bemerkungen über die Hörsphäre des menschlichen Gehirns. Neurolog. Centralbl. 27, 1908.
- Flores, Die Myeloarchitektonik und die Myelogenie des Cortex cerebri beim Igel. Dieses Journal, 17, 1910/11.
- Hammarberg, Studien über Klinik und Pathologie der Idiotie. Upsala 1895.
- Jolly and Simpson, The functions of the rolandic cortex in monkeys. Proc. of the R. Soc. of Edinburgh 1907.
- Kappers, Cerebral localisation and the significance of sulci. XVII. Internat. Kongress für Medizin. London 1913.
- Kölpin, Zur pathologischen Anatomie der Huntingtonschen Chorea. Dieses Journal, 12, 1909.
- Külpe, Über die Beziehungen zwischen den körperlichen und seelischen Vorgängen. Zeitschr. f. Hypnotism., VII, 1898.
- Mauss, Die faserrarchitektonische Gliederung der Großhirnrinde bei niederen Affen. Dieses Journ., 14, 1908.
- Die faserrarchitektonische Gliederung des Cortex cerebri der anthropomorphen Affen. Dieses Journal, 18, 1912.
- Meynert, Bau der Großhirnrinde. Leipzig 1868.
- Minkowski, Zur Physiologie der kortikalen Sehsphäre. Neurolog. Centralbl., 29, 1910.
- Zur Physiologie der Sehsphäre. Archiv f. d. ges. Physiol., 141, 1911.
- Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen der Großhirnrinde und der Netzhaut zu den primären optischen Zentren usw. Wiesbaden 1913.
- v. Monakow, Experimentelle und pathologisch-anatomische Untersuchungen über die Häubenregion usw. Archiv f. Psychiatrie, 27, 1895.

- v. Monakow, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Großhirn. Ergebnisse der Physiologie. Wiesbaden 1902.
- Gehirnpathologie. 1. Aufl., 1897; 2. Aufl., 1905.
- Aphasie und Diaschisis. Neurolog. Centralbl., 25, 1906.
- Neue Gesichtspunkte in der Frage nach der Lokalisation im Großhirn. Zeitschr. f. Psychologie, 54, 1909.
- Lokalisation der Hirnfunktionen. Dieses Journal, 17, 1911.
- Die Lokalisation im Großhirn. Wiesbaden 1914.
- Munk, Über die Funktion der Großhirnrinde. Berlin 1890.
- Nissl, Korbinian Brodmann. Zeitschr. f. d. ges. Neurologie und Psychologie, 45, 1919. Erst bei der Korrektur benutzt.
- Preda und O. Vogt, La myéloarchitecture de l'écorce du cerveau chez les Lémuriens. Soc. de Biologie. Paris 1912. (Die Arbeit ist ohne Wissen O. Vogts veröffentlicht. Preda hat deshalb allein die Verantwortung für die betreffenden Ausführungen zu übernehmen.)
- Ramón y Cajal, Studien über die Hirnrinde des Menschen. Deutsch von Bresler. Leipzig 1900/03.
- Textura del Sistema nervioso. Tomo II, 1904.
- Histologie du Système nerveux. Tome II, 1911.
- Schaffer, Neue Beiträge zur Mikromorphologie und anatomischen Charakterisierung der infantil-amaurotischen Idiotie. Zeitschr. f. d. ges. Neurologie und Psychiatrie, 46, 1919. Erst bei der Korrektur benutzt.
- Schlapp, Der Zellenbau der Großhirnrinde des Affen Macacus Cynomolgus. Archiv f. Psychiatrie, 30, 1898.
- Smith, E. A new topographical survey of the human cerebral cortex. Journ. of Anatomy and Physiology, 41, 1907.
- Vogt, C. Etude sur la myélinisation des hémisphères cérébraux. Paris 1900.
- La myéloarchitecture du thalamus du cercopithèque. Dieses Journal, 12, 1909.
- Quelques considérations à propos du syndrôme du corps strié. Dieses Journal, 18, 1911.
- Vogt, C. und O. L'anatomie du cerveau et la psychologie. Zeitschr. f. Hypnotism., X, 1902.
- Zur Erforschung der Hirnfaserung. Neuro-Biologische Arbeiten. 1. Serie, 1. Bd., 1. Lieferung. Jena 1902.
- Die Markreifung des Kindergehirns während der ersten vier Lebensmonate. 1. Mitteilung. Neuro-Biologische Arbeiten. 1. Serie, 1. Bd., 2. Lieferung. Jena 1904.
- Zur Kenntnis der elektrisch erregbaren Hirnrindengebiete bei den Säugetieren. Dieses Journal, 8, 1907. Mit eingehendem Literaturverzeichnis. (Die in diesem Verzeichnis enthaltenen Arbeiten über Rindenreizungen sind in der gegenwärtigen Aufstellung nicht wieder zitiert.)
- Nouvelle contribution à l'étude de la myéloarchitecture de l'écorce cérébrale. XX. Congrès des médecins aliénistes et neurologistes de France. Bruxelles 1911. (Enthält eine Reihe sinnentstellender Druckfehler.)
- Erster Versuch einer pathologisch-anatomischen Einteilung striärer Motilitätsstörungen. Dieses Journal, 24, 1918.
- Vogt, O. Zur Kenntnis des Wesens und der psychologischen Bedeutung des Hypnotismus. Zeitschr. f. Hypnotism., III, 1895. (Enthält die erste öffentliche Kritik der Flechsig'schen Assoziationszentrenlehre.)
- Flechsig's Assoziationszentrenlehre, ihre Anhänger und ihre Gegner. Zeitschr. f. Hypnotism., V, 1897.
- Sur la myélinisation de l'hémisphère cérébral du chat. Soc. de Biologie de Paris 1898.
- Zur Projektionsfaserung des Großhirns. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, 56, 1899.
- Zur Kritik der sogenannten Entwicklungsgeschichtlichen anatomischen Methode. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, 57, 1900.
- Zur Hirnfaserlehre. Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, 58, 1900.
- Valeur de l'étude de la myélinisation pour l'anatomie et la physiologie du cerveau. Journ. de physiologie et de pathologie gén. Paris 1900.
- Sur les différentes méthodes, qui peuvent servir à l'établissement de l'homologie des différentes régions de l'écorce cérébrale. XIII. Congrès international de Médecine, 1900.

- Vogt, O. Flechsig's Assoziationszentrenlehre im Lichte vergleichend anatomischer Forschung. Centralbl. f. Psychiatrie, 1900.
- Valeur de l'hypnotisme comme moyen d'investigation psychologique. II. Congrès international de l'hypnotisme. Paris (1900) 1902.
- Zur anatomischen Gliederung des Cortex cerebri. Dieses Journal, 2, 1903.
- Über strukturelle Hirnzentren. Verhandl. d. anatom. Gesellschaft, 1906.
- Der Wert der myelogenetischen Felder der Großhirnrinde. Anatom. Anzeiger, 29, 1906.
- Die myeloarchitektonische Felderung des menschlichen Stirnhirns. Dieses Journal, 15, 1910.
- Quelques considérations générales sur la myéloarchitecture du lobe frontal. Revue Neurol., 1910.
- La nouvelle division myéloarchitecturale de l'écorce cérébrale et ses rapports avec la physiologie et la psychologie. Dieses Journal, 7, 1911.
- Die Myeloarchitektonik des Isocortex parietalis. Dieses Journal, 18, 1911.
- Neue allgemeine Feststellungen der Rindenarchitektonik und ihre physiologische Bedeutung. V. Kongreß für experimentelle Psychologie. Berlin 1912.
- L'architecture et les localisations corticales. Revue neurologique, 1913.