

XXX.

Experimenteller Beitrag zur electrischen Reizung der Hirnrinde.

Von

Dr. C. Fürstner,

erstem Assistenzarzt an der Irrenabtheilung der Königl. Charité.

~~~~~

Die bekannten und berühmten Experimente von Fritsch und Hitzig haben eine Streitfrage aufgeworfen, deren Entscheidung von der allergrößten physiologischen Bedeutung erscheint. Es ist streitig, ob die Fritsch-Hitzig'schen Rindencentren physiologisch vorgebildete motorische Centren, oder ob die motorischen Erfolge bei electrischer Reizung der Rinde von Erregung tiefer gelegener Theile herzuleiten sind. Ich will hier nicht prüfen, wie weit der Schluss, den Fritsch und Hitzig aus ihren Experimenten gezogen haben, dass die Centren vielleicht Endstationen der hypothetischen Bahn für den Muskelsinn darstellen, und wie weit die Annahme Ferrier's, dass die Rindencentren Centren der willkürlichen Bewegung darstellen, berechtigt ist. Jedenfalls war die Schlussfolgerung Ferrier's, der nur Reizversuche anstellte, nicht genügend basirt; trotzdem dreht sich die Streitfrage vorzüglich um die von ihm zuerst ausdrücklich und deutlich aufgestellte Behauptung, dass die Rindencentren Centren der willkürlichen Bewegung sind.

Um dieser Frage auf experimentellem Wege näher zu treten, stellten mein vor Kurzem verstorbener College Samt und ich im vergangenen Sommer eine Reihe von Versuchen an, für die uns Herr Prof. Westphal auf das bereitwilligste das Material zur Verfügung stellte. Das lange Krankenlager und der Tod meines Arbeitsgenossen haben leider die Fortsetzung und den Abschluss der geplanten Untersuchungen verhindert; wenn ich dieselben trotzdem unvollendet, wie sie sind, der

Oeffentlichkeit übergebe, geschieht dies in der Hoffnung, dass ich in der Lage sein werde, die intendirte Arbeit fortzusetzen.

Von vornherein war uns klar, dass Reizversuche allein niemals die Frage entscheiden könnten. Denn auf der einen Seite war gegen die Annahme, dass die Rindencentren physiologisch vorgebildete Centren seien, der Einwand möglich, den am schärfsten Hermann ausgesprochen hat, dass die motorischen Erfolge von tiefer gelegenen Partien hergeleitet werden können; auf der anderen Seite ist aber auch die zweite Annahme, dass die motorischen Effecte tiefer gelegenen Partien zuzuschreiben seien, nicht einwurfsfrei. Diese zweite Annahme stützt sich hauptsächlich auf die von Burdon-Sanderson, Duret-Carville und Hermann gefundene Thatsache, dass auch nach Ausschaltung der Rindencentren, durch Aetzung oder Schnitt, die electrische Reizung der durch die Exstirpation künstlich geschaffenen Angriffspunkte ganz gleiche Erfolge gebe, wie die frühere Rindenreizung. Gegen dieses Argument zu Gunsten der zweiten Annahme lässt sich aber, wie dies auch schon von Hermann selbst geschehen ist, einwenden, dass nach der Exstirpation der electrische Reiz motorische Fasern treffe, die von den gestörten Centren ausgingen. Dieser unzweifelhaft stichhaltige Einwurf wird durch Reizversuche nicht widerlegt, es können nur Lähmungsversuche für die Entscheidung der Frage verwerthet werden. Sind dieselben auch schon in geringerem Massstabe von Fritsch-Hitzig und neuerdings von Carville-Duret angestellt worden, so fehlt es doch noch an systematisch durchgeführten grösseren Versuchsreihen.

Die erste Erwägung, die sich uns darbot, war folgende: Stellen die Fritsch-Hitzig'schen Rindencentren physiologisch vorgebildete Centren dar, so müssen nach ihrer Ausschaltung Bewegungsstörungen eintreten, und zwar müssen letztere den Exstirpationen unmittelbar folgen. Ferner müssen Reiz- und Lähmungsversuche congruent sein, d. h. nach Ausschaltung des Centrum, das gereizt die Vorderextremität innervirt, müssen Bewegungsstörungen in der Vorderextremität entstehen, entsprechende Folgen muss die Zerstörung der Centren für den Facialis, die Hinterextremität, nach sich ziehen. Endlich müsste noch durch Controlversuche constatirt werden, dass Ausschaltung der auf electrischen Reiz nicht motorisch reagirenden Rindenregionen, keine Bewegungsstörung zur Folge hätte. Sodann bot sich zweitens folgende Erwägung dar: Aus den bisher bekannten Lähmungsversuchen von Fritsch-Hitzig, Carville-Duret, Hermann, und auch aus den Nothnagel'schen Versuchen am Kaninchenhirn geht hervor, dass

die nach Exstirpation von Rindenpartien auftretenden Bewegungsstörungen sich ziemlich rasch wieder verlieren. Es ist demnach anzunehmen, dass entweder andere Hirnstellen vicariirend die Function der ausgeschalteten übernommen haben (Nothnagel, Carville-Duret), oder es ist daran zu denken (Hermann), dass die Bewegungsstörungen von einer Mitbeteiligung tiefer gelegener Theile herrühren, die durch die Nähe der Verletzung und eine von ihr ausgehende pathologische Veränderung vorübergehend in ihrer Function gestört gewesen sind. In ersterem Falle läge dann weiter bei der Voraussetzung, dass in der Rinde vorgebildete physiologische Centren existiren, die Annahme sehr nahe, dass nunmehr an anderen Rindenstellen vicariirende motorische Centren sich entwickelt hätten. Es würde also zu untersuchen sein, ob zu einem Zeitpunkt, wo eine nach Exstirpation eines Rindencentrums auftretende Bewegungsstörung wieder vollständig ausgeglichen ist, nunmehr durch Reizung anderer Rindenstellen das vicariirende Centrum nachzuweisen ist, sei es an der Rinde derselben Hemisphäre, sei es an einer symmetrischen Stelle der anderen Hemisphäre. Sehr verlockend in dieser Beziehung erschienen Versuche an jungen Thieren. Gelang es letzteren auf der einen Seite die ganze auf electricischen Reiz motorisch reagirende Region zu exstirpiren, und sie dann so lange am Leben zu erhalten, bis die Bewegungsstörungen wieder verschwunden waren, so war, ergab sich bei electricischer Reizung nunmehr ein anderer Rindenbezirk der gleichen oder entgegengesetzten Seite als vicariirend motorisch, die physiologische Bedeutung der Rindencentren um vieles wahrscheinlicher gemacht.\*)

Zur genauen Orientirung über die Rinde begann unsere Arbeit mit Reizversuchen, und da uns dieselben einige von anderen Autoren bisher nicht erwähnte Details gaben, so studirten wir dieselben in grösserer Ausführlichkeit. Wir machten im Ganzen 20 Vivisectionen, 15 an Kaninchen, 5 an Hunden, und zwar wurden bei jedem Thiere nacheinander beide Hemisphären blosgelegt. Vorwiegend aus äusseren Gründen benutzten wir den Inductionsstrom, und zwar einen Apparat von Hirschmann, wie er in „von Ziemssen, Electricität in der Medicin. Erste Hälfte. 4. Auflage. 1872. pag. 175.“ abgebildet ist. Wir begannen die Reizungen bei ad maximum entfernten Spiralen und

\*) Erst nachdem diese Arbeit zum Druck eingereicht war, ist mir die ausführliche Arbeit von Soltmann „Functionen des Grosshirns der Neugeborenen“ (Jahrbuch für Kinderheilkunde. N. F. IX.) zu Gesicht gekommen, in der die hier aufgeworfene Frage auf experimentellem Wege bereits in bejahendem Sinne beantwortet ist.“

herausgezogenem Drahtkern, und bewirkten die Verstärkung des Stroms durch allmähliche Einschiebung des mit einer Scala versehenen Drahtkernes, und weiter durch Näherung der Spiralen. Die Narcose wurde durch subcutane Application von Morphium oder Chloral, in einzelnen Fällen von beiden combinirt, in 3 Hundeexperimenten durch Chloroform erzielt. Bei weitem am sichersten an Wirkung, am wenigsten gefährlich für das Leben der Thiere und das Gelingen der Experimente, erwiesen sich die subcutanen Morphiuminjectionen, während das Chloral zunächst den Thieren heftigen Schmerz verursachte und eine sehr schwankende Dosirung nöthig machte, weshalb wir von einer directen Einspritzung in die Venen, wie sie von Carville und Duret mit Erfolg bei ihren Versuchen geübt worden ist, von vornherein Abstand nahmen. Was das Chloroform anbetrifft, so mussten auch wir, gleich den übrigen Autoren, uns von der geringen Toleranz der Hunde gegen dasselbe überzeugen; zwei Thiere blieben uns nach den ersten Inhalationen todt, zwei andere hätte fast dasselbe Schicksal ereilt, wenn es uns nicht gelungen wäre, noch durch relativ lange Zeit, 10 Minuten bis  $\frac{1}{4}$  Stunde, fortgesetzte äussere Reize die Thiere zum Leben zurückzubringen, um dann während des ganzen Versuchs eine sehr günstige, vor Allem nicht zu tiefe Narcose, welche, wie dies von anderer Seite hervorgehoben, die Experimente wesentlich beeinträchtigt, zu haben. Vor Beginn des Experiments und nach Bloslegung des Gehirnes massen wir die Temperatur im After, und es zeigte sich, dass ein Sinken der Temperatur um 4 Grad und mehr, ohne dass der Blutverlust ein irgend wie erheblicher gewesen wäre, die Regel ist. Dieser Abfall der Temperatur ist jedoch nur ein vorübergehender, nach einiger Zeit war die ursprüngliche Höhe meist wieder erreicht, zuweilen sogar überschritten. Es dürfte sich daher empfehlen, um durch diese Temperaturschwankungen entstehende Fehlerquellen bei der Reizung zu vermeiden, nach Abtragung des Schädeldaches und der Dura mater eine kleine Pause zu machen.

Das Kaninchen ist von den übrigen Autoren, ausser Ferrier, der zwei vollständig durchgeführte Versuche am Kaninchenhirn mittheilt, als Versuchsthier nicht benutzt worden, obwohl das Bloslegen des Gehirns wegen der viel geringeren Masse bedeckender Weichtheile, wegen der leichteren Fragilität des Schädeldaches, wegen des unbedeutenderen Blutverlustes, viel weniger Schwierigkeiten und Zeitverlust mit sich bringt, als dies bei Hunden der Fall zu sein pflegt. Abgesehen von der höheren Organisation des Hundegehirns, die eine grössere Vollständigkeit der Reizeffekte in Aussicht stellte, ist der Hauptgrund für die geringere

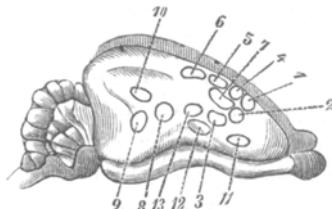
experimentelle Brauchbarkeit des Kaninchenhirns in dem Mangel ausgebildeter Windungen zu suchen, der eine präzise Localisation der einzelnen Centren erschwert. Als weiteres störendes Moment liesse sich noch, wie dies von Ferrier geschehen, die grössere Weichheit und die Neigung des Kaninchenhirns, mit gröberen organischen Veränderungen auf die Application der Electroden zu reagiren, anführen. Diesen letzteren Umstand können wir jedoch nach unseren Erfahrungen nicht zu hoch anschlagen; allerdings muss man beim Aufsetzen der Electroden noch vorsichtiger zu Werke gehen, als beim Hundegehirn, will man nicht kleine Extravasate in die Hirnrinde erzeugen; wenn aber nach mehrfacher Application der Electroden die Hirnsubstanz „in eine Art von Fungus haematodes“ verwandelt ist, so sind eben die angewandten Ströme zu stark gewesen, und dann erhält man, wie wir uns überzeugt haben, nicht nur punktförmige Hämorrhagien in der Rinden-, sondern auch weiter verbreitet in der weissen Substanz bis zu den Ventrikeln heran, und zwar beim Kaninchen wie beim Hunde. Ohne Zweifel hat Ferrier ganz ebenso wie bei anderen Versuchstieren auch beim Kaninchen sich zu starker Ströme bedient, wie dies einerseits aus seinen Angaben über die Lage und Ausdehnung der Centren, andererseits auch aus dem Umstände hervorgeht, dass, während er in seinen beiden Experimenten durch epileptische Anfälle gestört wurde, wir bei Versuchen an 30 Hemisphären nur 4 Mal Krämpfe beobachteten. Hitzig hat mit vollem Rechte den Vorwurf erhoben, dass Ferrier, wenn er von vornherein bei Benutzung eines Zinkkohlenelementes die secundäre Spirale der primären bis auf 8 Ctm. nähere, von der Anwendung der Stromstärke des Zuckungsminimum gänzlich Abstand nehme.

Die Resultate Ferrier's für das Kaninchenhirn waren folgende:

Im I. Experiment (siehe Ferrier, Experiment 8, rechte Hemisphäre) ergab Reizung des Punktes

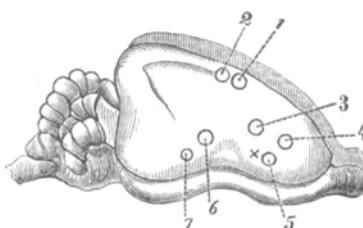
1. bei S<sub>10</sub> kein Resultat, bei S<sub>8</sub> Zucken der linken Oberlippe, Drehung des Kopfes nach links.
2. Ziehen des Mundes nach links. Fressbewegung links. Bei längerer Application Kopfdrehung nach links.
3. Dasselbe.
4. Heben der linken Schulter, Strecken der Zehen.
5. Retraction und Adduction der linken Pfote, Streckung der Zehen.
6. Epileptischer Anfall, nach demselben keine sicheren Resultate.

7. Fressbewegung mit der linken Oberlippe und mahlende Bewegungen mit den Kiefern (as if the animal were eating vigorously), Kopfdrehung nach links.
8. Augenschluss.
9. Dasselbe.
10. Nichts Sicherer.
11. Beissbewegungen mit den Lippen. Oeffnen und Schliessen des Mundes.
12. Aehnliche Bewegungen der Lippen und Kiefern.
13. Nichts Sicherer.



Im II. Experiment (siehe Ferrier, Experiment 9, linke Hemisphäre) ergab Reizung bei

1. Heben der rechten Lippe, Fressbewegung.
- 2 und 3. Retraction der rechten Lippe, Fressbewegungen.
4. Heben der rechten Schulter, Strecken der Zehen der rechten Pfote.
5. Retraction, Adduction und Flexion der rechten Pfote.
6. Flexion und Vorwärtsbewegung der rechten Hinterpfote.
7. Fressbewegung.
8. (Fig. 9) Augenschluss.
10. Wendung des Kopfes nach links.
12. Oeffnen des Mundes (doppelseitige Action).
13. Ohrbewegung.

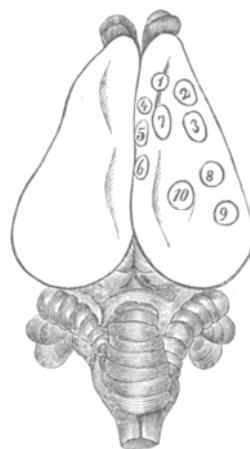


Uebereinstimmende Erfolge zeigten sich also in beiden Experimenten bei Reizung der Punkte

1. und zwar einseitiges Zucken der Lippen, combinirt mit Fressbewegung.
- 2 und 3. im Wesentlichen dasselbe.
4. Heben der Schulter, Strecken der Zehen.
5. Retraction und Adduction der Pfote, Streckung der Zehen.
7. Fressbewegung, Betheiligung der Kiefer.
- 8 und 9. Augenschluss.
- 11 und 12. Fressbewegung.

Ausserdem wurde in Experiment I bei Reizung von 1, 2, 3 noch Drehung des Kopfes, bei 6, 10, 13 nichts Sichereres; in Experiment II bei 10 Drehen des Kopfes, bei 13 Ohrbewegungen beobachtet.

Vergleichen wir damit nun unsere Resultate. Bei brauchbarer d. h. nicht zu tiefer Narcose konnten wir bei ganz schwachen Strömen (ad maximum entfernten Spiralen und K. 10.) beim Kaninchen regelmässig von ganz circumscripten Stellen aus folgende Bewegungen produciren: Zucken der Oberlippe (Facialis), Fressbewegung, Heben der Schulter, Strecken der Zehen, Retraction und Adduction der Vorderpfote; unregelmässiger traten Bewegung nach vorn in den Barthaaren einer Seite, Flexion der Hinterpfote ein, intensivere Ströme lösten Rotation des Kopfes, Augenschluss, Ohrbewegung aus, und zwar von scharf begrenzten Stellen. An den benutzten 30 Hemisphären begannen die Reizeffekte 18 Mal mit Facialiswirkung, 8 Mal mit Kaubewegung, 4 Mal mit Motilitätsäusserungen in der Vorderpfote. Wir haben uns bemüht, an der Hand genauer Messungen des grössten Längen- und Tiefendurchmessers der Hemisphären die Lage der einzelnen Centren an dem windunglosen Kaninchenhirn zu bestimmen und fanden bald, dass, wenn man sich am äussersten vordersten und hintersten Ende der Hemisphäre Senkrechte errichtet, und diese durch eine Fortsetzung der Scissur verbunden denkt, regelmässig das Centrum für die Vorderpfote der Mitte dieser Verbindungsline entspricht und zwar ganz oben dicht an der Scissur gelegen ist. Bei Anwendung eines Zuckungsminimum erhielten wir nur Bewegungen der Vorderpfote, an einer



circumscripten Stelle, die etwa Ferrier's Punkt 5 entspricht, und zwar Heben der Schulter und Strecken der Zehen; verrückten wir die Electrode auch nur um eine ganz minimale Distanz, so wurde Retraction und Adduction mit Strecken der Zehen beobachtet. Ferrier's Punkt 4 ergab bei Reizung mit schwachen Strömen kein Resultat. Das Centrum für die Hinterpfote liegt gleichfalls ganz oben dicht an der Scissur, und zwar etwas hinter dem der Vorderextremität, entsprechend Ferrier's Punkt 6.

Wie schon oben bemerkt, waren die Reizerfolge von dieser Stelle aus jedoch unregelmässiger und weniger scharf ausgeprägt wie bei Punkt 5, die Bewegung bestand in einer Flexion der Hinterpfote; bei Reizung der zwischen beiden Centren gelegenen Partien konnten wir einige Male gleichzeitig Bewegung in Vorder- und Hinterextremitäten erzeugen. Auf den muthmasslichen Grund für das Ausbleiben der Bewegung in den Hinterextremitäten komme ich später noch zurück. Denkt man sich nun durch Punkt 5 zu den beiden früher erwähnten Senkrechten eine Parallele, und durch den Mittelpunkt wieder eine Parallele mit der Scissur gezogen, so liegt 2 bis 3 Mm. nach vorn von dem Schneidepunkt beider das Centrum für den Facialis. Reizung dieser Stelle ergibt ganz präcis Zucken der Oberlippe; es entspricht diese Stelle etwa Ferrier's Punkt 2, und zwar ist diese Bewegung weder mit Fressen noch mit Rotation des Kopfes verbunden. Von Ferrier's Punkten 1, 3, 7 erhielten wir keinen Effect und müssen die ihnen entsprechenden Rindenpartien bei Benutzung eines Zuckungsminimums als unerregbar bezeichnen.

Mehrere Male gelang es uns bei noch sorgfältigerer Abschwächung des Stromes von dieser Stelle aus Bewegung der Barthaare nach vorn auf der entgegengesetzten Seite zu bewirken. Ich glaube, dass sich diese Erscheinung ohne Schwierigkeit erklärt, wenn man annimmt, dass entsprechend dem auf das irgend möglichste abgeschwächten Strom nur eine Action in einzelnen Muskeltheilen, wie dies schon von Hitzig an der Nackenmusculatur beobachtet worden, ausgelöst wurde, welche die Barthaare gleichsam als natürliche Fühlhebel markirten. Etwas weiter nach unten und vorn zu vom Facialiscentrum, entsprechend dem Ferrier'schen Punkt 11 liegt die Stelle, durch deren Reizung Fressbewegungen ausgelöst werden, und zwar wird, wenn man die Electroden etwas mehr nach vorn aufsetzt, nur eine Beissbewegung, ein einmaliges Oeffnen und Schliessen des Mundes erzielt, translocirt man dagegen die Electroden etwas nach hinten zu, so erfolgen mehrere

Fressbewegungen hinter einander, und zugleich werden mit den Kiefern mehr seitliche mahlende Bewegungen gemacht.

Ferrier's Punkt 12 liegt zu weit nach hinten, von ihm aus erzeugen nur das Zuckungsminimum überschreitende Stromstärken noch Fressbewegungen. Weiter nach oben und vorn von K. fanden wir das Centrum, dessen Reizung Rotation des Kopfes nach der einen Seite hervorrief, und zwar diese Bewegung isolirt; zu ihrer Erzielung brauchten wir aber immerhin schon eine Stromintensität von S11, und die 4 epileptischen Anfälle, die wir überhaupt beobachtet haben, brachen jedes Mal nach Reizung dieser Stelle aus. Ein ganz übereinstimmendes Resultat mit Ferrier ergab nur die Reizung des Punktes 8, nämlich ganz constant Schluss des Auges. Bulbusbewegungen konnten wir jedoch beim Kaninchen nicht durch Rindenreizung produciren, obschon wir auch die Möglichkeit, dass durch den Augenschluss etwaige gleichzeitige Bulbusabweichungen verdeckt würden, nicht ausser Acht liessen. Etwas nach hinten und unten von der eben erwähnten Stelle für Schluss des Auges, entsprechend dem Ferrier'schen Punkt 9, bewirkte Rindenreizung bei Strömen von S10½ Bewegung des entgegengesetzten Ohres, und zwar fast durchgehends Retraction desselben mit einer Ausgiebigkeit, wie sie vom Kaninchen gewöhnlich und willkürlich wohl kaum ausgeführt werden dürfte. Die von Ferrier mit den Zahlen 10 und 13 bezeichneten Partien fanden wir für schwache Ströme unerregbar, und müssen daher schliessen, dass die Reizeffecte, welche Ferrier bei ihrer Faradisirung erzielte, Drehung des Kopfes und Retraction des Ohres, auf Stromschleifen zurückzuführen sind. Andere wie die bisher erwähnten Bewegungen gelang es uns nicht durch Faradisirung circumscripter Stellen zu erzeugen, namentlich müssen wir die ganze hinter Punkt 9 gelegene Partie der Grosshirnhemisphären des Kaninchens für motorisch unerregbar ansehen.

In Uebereinstimmung mit anderen Autoren beobachteten auch wir beim Kaninchen nach den experimentell hervorgerufenen motorischen Effecten Nachbewegungen, und zwar besonders stark im Facialisgebiet, in geringerem Grade auch in den Extremitäten, während auf die mit relativ stärkeren Strömen hervorgebrachten Rotations- und Ohrbewegungen dieselben nicht zu folgen pflegten. Wie sehr auch diese Nachbewegungen das Aufsuchen neuer Centren stören, die Dauer des Experiments verlängern, so glauben wir doch nicht, dass dieselben zu Täuschungen führen können; es wird bei einiger Uebung nicht schwer fallen, dieselben, die, wie Hitzig beschreibt, im Gebiete des Facialis

einen deutlich zitternden Character tragen, in den Extremitäten mehr das Bild clonischer Krampfbewegungen bieten, von den einmaligen, scharf ausgeprägten, durch den electrischen Reiz ausgelösten Muskel-contractionen zu unterscheiden.

Bevor ich eine weitere Erscheinung bespreche, die uns bei den Reizversuchen am Kaninchenhirn auffiel, will ich, da sie sich auch bei den Experimenten an Hunden wiederfand, erst die Resultate letzterer referiren. Dieselben stehen, was die Lage der einzelnen Centren anbetrifft, in vollem Einklange mit den Angaben Hitzig's, wir fanden circumscripte Reizpunkte für die Rumpfmuskeln, die Vorder- und Hinterextremitäten, für beide zusammen, für den Schwanz, für Bewegung und Schutz des Auges, für die Zunge, für Kieferöffnung und Schluss und endlich für Ohrbewegungen, mussten aher auch ebenso constatiren, dass die Erfolge für die Rumpfmusculatur, den Schwanz, das Ohr durchaus nicht constant, und vor Allem zu ihrer Production sehr variable Stromstärken nöthig sind. Die von Ferrier ausserhalb der Hitzig'schen motorischen Zone angegebenen Punkte fanden wir bei schwachen Strömen unerregbar.

Fritsch und Hitzig sagen nun in ihrer ersten Arbeit: „die zwischen den von uns so bezeichneten Centren liegenden Theile der Hirnoberfläche fanden wir zwar bei der beschriebenen Reizmethode und bei Verwendung der minimalen Stromstärke unerregbar. Wenn wir indessen entweder die Entfernung der beiden Electroden von einander, oder die Stromstärke vergrösserten, so liessen sich dennoch Zuckungen hervorbringen, aber diese Muskelcontractionen ergriffen den ganzen Körper derart, dass sich nicht immer wohl unterscheiden liess, ob sie einseitig oder doppelseitig waren.“ Auch wir haben von den zwischen den eigentlichen Centren gelegenen Rindenpartien aus sehr häufig Muskelzuckungen erhalten, die jedoch auf einzelne Muskelgebiete beschränkt blieben, und deren Production auch keine Steigerung der Stromesintensität\*) nöthig machte. Hatten wir z. B. beim Hunde durch ganz allmähliche Verstärkung des Stromes die Stelle gefunden, welche bei der geringsten überhaupt noch erregenden Stromstärke eine Zuckung im Orbicularis palpebrarum hervorbrachte, und berührten etwas später mit den Electroden z. B. die nach vorn von dem Centrum gelegene

---

\*) Ich gebrauche den Ausdruck „Stromesintensität“ nicht im streng physikalischen Sinne, nach dem sie von der electrischen Kraft und dem Widerstand abhängig ist, sondern habe dabei nur den durch jedesmalige Einstellung des Apparats repräsentirten Factor im Auge.

Partie des Gyrus f., die vorher nicht reagirte, so erhielten wir jetzt auch von hier Augenschluss, etwas später bei derselben Stromstärke von noch entfernteren Bezirken Orbiculariswirkung, ja von Stellen, die, wie wir in Berücksichtigung ihrer Lage wussten, bei etwas erhöhter Stromstärke als Centren für andere Bewegungen angesehen werden mussten. Immer aber blieben diese Verbreitungsbezirke innerhalb der Grenzen der motorischen Zone und griffen niemals auf Rindenpartien über, in denen, wie z. B. im hinteren Theil der Hemisphäre, überhaupt keine Centren nachzuweisen waren. Gingend wir dann mit den Electroden auf die zuerst gefundene Stelle zurück, so zeigte sich zunächst, dass die von hier aus durch Reizung erzielten Contractionen bei weitem am stärksten waren, zugleich aber auch, dass nun nach einer Zeit lang fortgesetzter electrischer Reizung eine geringere Stromesintensität als die ursprünglich gefundene als Zuckungsminimum betrachtet werden musste. Diese Ausbreitung des gleichen Effectes bei constant bleibender Stromstärke beobachteten wir zunächst an den Centren, deren Erregung überhaupt relativ schwache Ströme erforderte, so beim Kaninchen an den Reizpunkten für den Facialis, die Vorderpfote und Fressbewegungen, beim Hunde an den Partien für den Orbicularis palpebrarum, den Facialis, Vorder- und Hinterpfote. Translocirten wir von Centren, die überhaupt nur durch relativ stärkere Ströme zu erregen waren, die Electrode in benachbarte Regionen, z. B. beim Hunde von dem Centrum für die Rumpfmusculatur nach hinten und unten zu, so wurde nicht dieselbe Bewegung erzielt, sondern die benachbarten Centren, im angezogenen Fall also das der Vorderpfote trat mit in Wirksamkeit. Schwächten wir jetzt den Strom ab, so reagirten nur die ursprünglich gefundenen Centren, die umliegenden Partien aber nicht mehr.

Vielleicht erklären sich durch dies Verhalten die inconstanten Reizeffecte, die Hitzig gelegentlich bei schwachen Strömen von Partien erhielt, die sonst bei ziemlich starker Stromesintensität reactionslos blieben. Ob dieses zunehmende Ansprechungsvermögen der Centren und der in ihrer Nähe gelegenen Hirnpartien für den electrischen Reiz auf eine Verbesserung der Leitung oder auf eine Vermehrung der Erregbarkeit zurückzuführen sei, wird kaum zu beurtheilen sein, so lange wir von der Lage der einzelnen Faserzüge, von ihren gegenseitigen Verbindungen, von der quantitativen Ausdehnung, mit der die einzelnen Bündel in die Rinde eintreten, keine klarere Anschauung gewonnen haben. Gewiss aber unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass, wenn nach mehrmaliger Reizung eines Centrums die umgeben-

den Partien reagiren, dieser Effect auf Stromschleifen zurückzuführen ist.

Nicht mehr aufgeklärt ist das verschiedene Ansprechungsvermögen der einzelnen Centren selbst. Während, wie wir sahen, bei 30 Vivationen am Kaninchen 18 Mal die Reizeffecte mit Facialiswirkung begannen, während bei unseren Hundeexperimenten, in Uebereinstimmung mit den Angaben anderer Autoren, regelmässig der Orbicularis palpebrarum zuerst reagirte, konnten Contraction anderer Muskelgruppen, so z. B. die des Hinterbeins, des Ohres beim Kaninchen, die des Rumpfes, des Schwanzes, des Ohres beim Hunde nicht constant oder nur bei Anwendung stärkerer Ströme ausgelöst werden. Hitzig hat ferner die Erfahrung gemacht, dass, während man von dem Gyrus g. und von den nach vorn gelegenen, den Gyris f., g., h. gemeinschaftlichen Partien des Hundes aus in einer Zahl von Fällen schon bei Strömen, die den Werth des Zuckungsminimum nicht erheblich überschreiten, gut localisierte Zuckungen erhält, in anderen, unter scheinbar ganz gleichen Umständen, zur Erzielung derselben Reizeffecte ausserordentlich viel grössere Stromintensitäten erforderlich sind. Es kommen aber auch Fälle vor, in denen trotz tadellos ausgeführter Operation, trotz geeigneter Narcose, sonst leicht ansprechende Centren mit starken Strömen nicht zu demonstrieren sind. So suchen Carville und Duret in ihrem 3. Experiment, obwohl die Spiralen allmäthlich bis auf 6 Ctm. genähert wurden, vergeblich nach einem Centrum für die linke Vorderextremität, und auch wir haben Gelegenheit gehabt, uns von dem Fehlen eines oder des anderen Centrum zu überzeugen. Ich finde in unseren Aufzeichnungen 4 Fälle notirt, in denen wir beim Kaninchen auch mit den stärksten Strömen von der Rinde aus die Hinterextremität nicht in Bewegung setzen konnte, noch interessanter aber dürfte folgende an einem Hunde gemachte Beobachtung sein. Bei einem gesunden, mittelgrossen Pudel hatten wir in der gewohnten Weise ohne jeden störenden Zwischenfall die linke Hemisphäre blosgelegt und hatten auch sehr bald die Stelle für den Orbicularis palpebrarum gefunden; wir verstärkten jetzt allmäthlich die Stromintensität und erhielten der Reihe nach die Centren für die Vorder- und Hinterextremität, für den Schwanz, die Rumpfmuskeln, das Ohr. Vergeblich warteten wir aber auf eine Facialiswirkung; trotzdem wir die secundäre Spire bis auf 4 Ctm. eingeschoben hatten, also einen Strom anwandten, der sonst ganz unzulässig ist, zeigte sich dieselbe nicht, weder von der sonst gefundenen Stelle, noch von anderen Rindenpartien aus; dagegen geriethen natürlich die verschiedensten anderen

Muskelgruppen in Contraction. Durch diese Erscheinung frappirt, legten wir nach einer kurzen Pause die rechte Hemisphäre frei, hatten aber auch hier denselben Misserfolg; wir konnten alle übrigen Centren demonstrieren, das für den Facialis fehlte.

Es scheinen mir nun diese oben erwähnten Beobachtungen darauf hinzu deuten, dass die Lagerung der Leitungsbahnen bei dem Zustandekommen der einzelnen Reizeffekte eine grosse Rolle spielt. Je nachdem sie für einzelne Muskelgruppen oberflächlicher oder tiefer gelegen sind, wird auch das Ansprechungsvermögen der einzelnen Centren sich verschieden verhalten, bald werden schwächere, bald stärkere Ströme zu ihrer Erregung nöthig sein. Fälle aber, in denen einzelne Centren bei Reizung der Rindenoberfläche ganz ausfallen, in denen man also bestimmte Muskelgebiete von der Oberfläche aus durch den electricischen Reiz überhaupt nicht in Contraction bringen kann, scheinen mir am einfachsten erklärt zu werden durch die Annahme, dass in ihnen ausnahmsweise die betreffenden Leitungsbahnen in einer Distanz von der Oberfläche lagen, die eine von motorischem Effect begleitete Wirksamkeit des electricischen Stromes unmöglich mache. Von vornherein scheint diese Erklärung freilich sich nicht vereinen zu lassen mit dem Ferrier gemachten Vorwurf, dass einzelne der von ihm bei Anwendung starker Ströme von der Rinde aus producirten Bewegungen auf Stromschleifen zurückzuführen seien. Bei der Anordnung der Electroden, deren Entfernung von einander eine minimale war, bei dem Widerstand der Hirnsubstanz, wird man den Effect von Stromschleifen, die in der Tiefe wohl gar bis zu den grossen Ganglien vordringen könnten, wie dies schon von Hitzig mit Recht hervorgehoben, überhaupt nur gering anschlagen können. Weiter hat ja Hitzig gezeigt, dass durch Eindringen der Electroden in die Hirnsubstanz der grossen Ganglien die Contractionen keineswegs verstärkt werden; ich erkläre mir also die Erfolge Ferrier's in der Weise, dass durch Einwirken eines starken Stromes auf die Rindenoberfläche entweder die Leitung in der Rinde hochgradig verbessert oder die Erregbarkeit vermehrt worden ist, und auf diese Weise entfernt gelegene Centra in Action gesetzt wurden. Es wird hierdurch also in keiner Weise die von mir aufgestellte Annahme berührt, dass die Leitungsbahnen für die einzelnen Muskelgruppen in der Rinde in sehr verschiedenen Entfernungen von der Oberfläche gelegen sind. Leider haben wir es unterlassen, in der angeführten Beobachtung die uns von anderen Experimenten her bekannte Stelle für den Facialis zu extirpieren, um zu

prüfen, ob sich Lähmungserscheinungen bemerkbar machen würden oder nicht.

Die Lähmungsversuche, die wir, nachdem wir uns durch diese Vivisectionen am Kaninchen- und Hundegehirn hinreichend orientirt glaubten, unternahmen, erfuhren leider durch die Krankheit meines Collegen Samt ihre Unterbrechung. Die mir zu Gebote stehende Beobachtungsreihe ist meiner Ansicht nach nicht genügend, um aus ihr sichere und abgeschlossene Resultate zu ziehen. Ich unterlasse es daher um so mehr, sie jetzt zu publiciren, als ich hoffentlich in der Lage sein werde, die Exstirpationsversuche nach den von mir in der Einleitung aufgestellten Richtungen hin fortzuführen.

---