

## XXII.

# Die Collateral-Innervation der Haut\*).

Von

Dr. **Rudolph Jacobi**,  
practischer Arzt zu Bockenheim.

## IV.

Dem Gange der Untersuchungen im ersten Abschnitte folgend, hätten wir zunächst hervorzuheben, dass viele deutsche Autoren das Erhaltenbleiben resp. die nicht durch Regeneration bedingte Wiederkehr der Function durchschnittener Nerven öfter einfach als auf einer Innervationsanomalie beruhend aufgefasst haben, „in der Weise, dass das ganze Gebiet anatomisch von einem andern Nerven versorgt“\*\*) würde; hierbei wäre natürlich das Gesetz der isolirten Leitung weiter nicht in Frage gestellt. Dass es solche einzelne Fälle giebt, in welchen die gesammten Erscheinungen durch eine „Innervationsanomalie“ bedingt sind, ist unzweifelhaft, wie wir ja auch den von E. Remak in dem Aufsatze „Zur vicariirenden Function peripherer Nerven des Menschen“\*\*\*) beschriebenen Fall von Erhaltenbleiben der Motilität vom N. ulnaris versorger Muskeln nach dessen Verletzung am Oberarm auf eine solche anomale Nervenvertheilung zurückgeführt haben; indessen sind dies sicher nur einzelne wenige Fälle, welche als Ausnahmen zu betrachten sind und gegen die übergrosse Mehrzahl der übrigen Beobachtungen, die zu der bisher bekannten Art der Nervenschlingen (-Anastomosen) in keiner irgend welcher Beziehung stehen, vollständig in den Hintergrund treten. Abgesehen von den

---

\*) Schluss aus Bd. XV. Heft 1 dieses Archivs.

\*\*) H. Kraussold, Ueber Nervendurchschneidung und Nervennaht. Volkmann'sche Samml. klinischer Vorträge No. 132. 1878. p. 13.

\*\*\*) Berl. klin. Wochenschr. 1874 l. c.

im Abschnitt I. bereits angeführten Gründen, weshalb eben die uns hier beschäftigenden Phänomene mittelst der makroskopischen Anastomosen nicht zu erklären sind, kommt noch hinzu, dass die Persistenz der Nervenfunction, wie wir aus obigem Referat über die Experimente Arloing und Tripier's aufs deutlichste ersehen, sich unabhängig zeigt von der Höhe, in welcher der betreffende Nerv durchschnitten, und dass für den Fall einer Beteiligung der Ansaformationen an unsrern Nervenphänomenen eine ungefähr gleich grosse Zahl traumatischer Paralysen beobachtet werden müsste, in welchen das paralytische Gebiet und die Stärke der Paralyse in ausgleichender Weise sich grösser darstellt, als dies die Lehren der descriptiven Anatomie verlangen, da die Verletzung, welche das eine Mal einen Nerven trifft, der einen Theil seiner Fasern bereits mittelst einer Anastomose zu einem zweiten Nerven geschickt, das andere Mal diesen zweiten und mit dessen Fasern zugleich die anastomotischen Fasern vom ersten Nerven her treffen müsste.

Diese Deductionen liegen so auf der Hand, dass die meisten Autoren von vorne herein auf den Versuch einer Erklärung unserer Nervenphänomene mittelst derartiger, der normalen descriptiven Anatomie nicht entsprechender, Anastomosenschlingen verzichten; ja selbst Kraussold setzt den vorher citirten Satz, dass sich die Persistenz der Sensibilität nach Durchschneidung eines Empfindungsnerven durch eine „Innervationsanomalie“ erklären lasse, mit den Worten fort, dass diese auch darin bestehen könne, „dass wechselseitige Vertretungen der einzelnen Nerven“<sup>\*)</sup> vorkämen.

So wären wir wie mit einem Sprunge von der sicheren Basis des Gesetzes der isolirten Leitung auf den schwankenden und unsicheren Boden der Hypothese von der „vicariirenden“ Function gelangt. Nicht jedoch als ob sich die Mehrzahl der Autoren hierüber klar wäre und dies anerkennte, wie es z. B. Erb thut, wenn er sagt: „Es ist selbst wieder zweifelhaft geworden, ob von den peripheren Endapparaten aus in den vorhandenen centripetalen Leitungsbahnen eine ganz isolirte Leitung bis zum Centralorgane stattfinde oder nicht<sup>\*\*)</sup>). Die meisten anderen Schriftsteller gehen stillschweigend über diesen Punkt hinweg, offenbar indem sie die Verhältnisse des Centralnervensystems und die Anschauungen, welche wir über die Thätigkeit des letzteren

<sup>\*)</sup> Kraussold u. s. w. l. c. p. 13. (Volkmann'sche Sammlung.)

<sup>\*\*) Erb, Krankheiten der peripheren cerebrospinalen Nerven. Ziemsen's Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie. XII. 1. 1874. p. 181.</sup>

uns nothgedrungen gebildet haben, auf die Sphäre auch des peripherischen Nervensystems übertragen. Dies zeigen z. B. die folgenden Sätze aus einer früheren, oben bereits angeführten, Arbeit Kraussold's, worin es heisst, dass die nach der Excision eines Stückes des Medianus beobachtete Persistenz der Sensibilität darin ihre Ursache gehabt, dass „durch allmäßige Gewöhnung“ andere Nervenfasern für die Function des oben genannten Nervenstammes eingetreten wären, welche, als Anastomosen aufgefasst, sich während eines bestimmten Zeitraumes „besonders zahlreich entwickelt“ hätten \*). Aehnliche Ausdrücke finden sich bei vielen Schriftstellern, unter Anderen bei Fürst, der von „allmäßigem Ersatz“ von Seiten der Anastomosen und von „Erstärkung“ derselben spricht \*\*), wobei er sich zu gleicher Zeit auf Erb beruft; in der citirten Stelle \*\*\*) ist jedoch nur von „cerebralen und spinalen“ Krankheiten die Rede: ein directer Beweis für die oben gerügte, unmotivirte Vermischung der physiologischen Verhältnisse der verschiedenen Nervensysteme. Eine gleiche Vermischung ist häufig betreffs der beiden Arten von Nervenanastomosen, der makroskopischen und der mikroskopischen, zu constatiren, und zwar geschieht dieses zum Theil so, dass zur Erklärung desselben Phänomens von ein und demselben Autor bald die eine und bald die andere Art der Anastomosenbildung herangezogen wird, während es zum anderen Theile der Unbestimmtheit der Ausdrücke wegen öfter dem subjectiven Ermessen des Lesers überlassen erscheint, welche von beiden Arten der Anastomosen er im gegebenen Falle als vom Autor gemeint anerkennen will.

Wenden wir uns daher gleich zu der Anschauung, welche die Persistenz des Empfindungsvermögens (über die motorische Sphäre sprechen wir später gesondert) durch eine mikroskopische Anastomosierung der Fasern der verschiedenen Nerven mit einander erklären zu können glaubt, wobei wir uns aus obigem Grunde nur auf einen einzigen Autor beschränken wollen, dessen Ansicht auf das Klarste aus seinen Worten erhellt. Die Kritik, die wir an die betreffenden Citate knüpfen, wird uns, wie wir gleich sehen werden, auf einen Weg führen, auf welchem wir unserem Ziele, der hoffentlich endgültigen Lösung des uns hier vorliegenden Problems aus der Physiologie

\*) Archiv für klinische Chirurgie v. L. 1877. Beitrag zur Nervenchirurgie von Kraussold. p. 457.

\*\*) Langenbeck'sches Archiv. 1880. Bd. XXV. 2. l. c. p. 277.

\*\*\*) Ziemssen's Handbuch XII. I. 1874, l. c. p. 402.

des peripheren Nervensystems, um ein Bedeutendes näher zu kommen hoffen.

A. Eulenburg nämlich sagt, nachdem er zunächst mehrere andere Möglichkeiten der Erklärung angeführt, auf welche wir noch im Verlaufe dieser Arbeit gelegentlich zurückkommen werden, Folgendes<sup>\*)</sup>): „Durch Anastomosen der peripheren Hautnervenenden könnte z. B. nach Verletzung des Nervus medianus noch der Radial- und Ulnarnerv die im Hautbezirk des ersten entstehenden Empfindungseindrücke dem Centrum zuleiten, wo sie dann natürlich in das Hautgebiet des Medianus projicirt würden, da das Bewusstsein den Sitz der empfangenen Eindrücke nur nach der primären Erregungsstelle, nicht aber nach den Leitungsbahnen der Erregung beurtheilt.“

Dies ist aber vollkommen unrichtig; denn wie die Sensationen im Kleinfinger bei Quetschung des N. ulnaris an der Ellenbogenkante, wie die Klagen über Schmerzen in den nicht mehr vorhandenen Gliedmassen eines Amputirten, endlich wie die Verlegung der Ursachen subjectiver Empfindungen in die Aussenwelt bei krankhafter Erregung der centralen Sinnesthäsien des Gehör- und Gesichtsorgans, wie zum Schlusse mit einem Worte das Gesetz von der excentrischen Projection es unumstößlich beweist, ist das Bewusstsein, ebensowenig wie nach den Leitungsbahnen, so nach der primären Erregungsstelle im Stand „den Sitz der empfangenen Eindrücke zu beurtheilen“. In den angeführten Fällen, in welchen der Reiz auf eine Stelle der Leitungsbahn und auf das Centrum direct einwirkt, verlegt das Bewusstsein die Erregungsstelle doch an die Peripherie und nach aussen, weil die Erregung der centralen Sinnesthäsien in der Norm stets und immer nur von der Peripherie und von der Aussenwelt her verursacht wird, und es verlegt die Erregungsstelle an einen ganz bestimmten Punkt der Peripherie, weil eine solchergestalt geartete Erregung des Centrums stets und immer nur durch Reizung (Berührung etc.) dieses ganz bestimmten Punktes der Peripherie hervorgebracht wird. Die Möglichkeit eines derartigen Verhaltens aber scheint nur durch das Gesetz der isolirten Leitung gewährleistet, durch welches allein es uns verständlich werden kann, dass sowohl die Berührung einer bestimmten Hautstelle, als die Reizung des dieselbe versorgenden Nervenstammes, als auch drittens die directe Erregung der mit dem Letzteren verbundenen centralen Ganglien stets blos ein und dieselbe Empfindung hervorzurufen vermögen. Es lässt sich diese

<sup>\*)</sup> Eulenburg u. s. w. p. 7.

Erscheinung genau wieder mit dem Factum in Parallelie setzen, dass eine auf einer Telegraphenstation am Apparate beobachtete Schwingung der Magnetnadel ihre Ursache haben kann durch Aufgabe einer Depesche an einer anderen Station, oder durch Störung des Leitungsdrahtes oder endlich des Apparates selber; an sich kann man aus der Schwingung nicht den Einwirkungsort der Erregung erschliessen!

In Gemässheit dieser Gesetze nun würde nach einer Durchschneidung des Medianus für den Fall, dass wirkliche Anastomosen zwischen den Endausbreitungen dieses Nerven und z. B. des Radialis factisch beständen, bei Berührung der Volarfläche der vom Medianus versorgten Finger eine Empfindung allerdings wohl entstehen können, aber diese Empfindung müsste in das Gebiet des Radialis verlegt werden, an jene Stelle, an welcher die Radialisfasern enden, mit denen die von der Berührung getroffenen Medianusendigungen anastomosirten. Ein solcher Patient müsste also bei zugebundenen Augen den Sitz des auf einen Punkt der Volarfläche ausgeübten Reizes als auf einem bestimmten Punkt der Dorsalfläche befindlich bezeichnen!

Hierbei baben wir nun bis jetzt ganz ausser Acht gelassen, dass für den Fall der Existenz von anastomotischen Communicationen der Endigungen verschiedener Nerven untereinander diese doch für die Nervenleitung stets durchgängig sein müssten, da nicht abzusehen ist, durch welches Mittel dieselben nur im Zustande der Verletzung des einen oder anderen Nerven in Function zu treten vermöchten, während sie sonst für die Nervenphysiologie als nicht vorhanden zu betrachten wären. Beständen daher solchergestalt construirte Anastomosen, so würde bei einem unverletzten Individuum keine Nervenfaser einen bestimmten Endpunkt in der Peripherie besitzen, indem dann die Nervenbahnen Schleifen darstellten, deren beide Enden im Centrum sich befinden, während an dem in der Peripherie liegenden Bogen die betreffenden mehrfachen sensiblen Endapparate gewissermassen nur Anhänge dieser Schleifen bildeten. Auf eine solche Weise würde, um bei dem vorigen Beispiel zu bleiben, in Wirklichkeit Niemand einen Unterschied zwischen einem auf die Volar- und einem auf die Dorsalfläche der Hand ausgeübten Reiz zu machen im Stande sein, so dass Volkmann\*) (Handw. d. Phys.) vollständig im Recht ist mit dem Satze: „In der Nervenphysik sind die Schlingen nicht nur etwas Räthselhaftes, sondern etwas Unbrauchbares und man möchte sagen Absurdes“.

---

\*) Citirt nach Frey, Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen. 1867. p. 367.

Nur in dem einen Falle würde das harte Urtheil dieser Worte nicht zutreffen, wenn nämlich der Bogen der Schlinge, resp. der Zwischenraum zwischen den ihm peripher angefügten Nervenendapparaten, nicht eine gewisse minimale Ausdehnungsgrenze überschreitet, was folgendermassen zusammenhangt. Der Ortssinn nämlich ist, wie bekannt, nicht derartig ausgebildet, dass die Berührung eines bestimmten Punktes vom Centrum auch genau an diesen Punkt hin verlegt wird, sondern es wird nur die Stelle, auf welcher dieser Punkt liegt, in mehr oder minder ausgedehnter Begrenzung, je nach der berührten Körpergegend, angegeben werden können. Eine solche Hautstelle, deren räumliche Grenzen bekannter Weise durch den Tasterzirkel bestimmt werden, bildet einen sogenannten Empfindungskreis, dessen Durchmesser von 1,10 Millimeter an der Zungenspitze bis zu 66,00 Millimeter am Rücken u. s. w. sich auszudehnen vermag\*). Wären diese Empfindungskreise nun feststehende Grössen, welche wie ein unverrückbares Netz über das Hautorgan sich ausbreiteten, so würde gegen eine Anastomosirung der innerhalb je eines solchen Tastkreises endenden Nervenfasern untereinander bezüglich des Gesetzes der Localisation der Reizempfindung nichts einzuwenden sein, insofern die anastomosirenden Fasercomplexe stets nur immer ein und denselben Tastkreis innervirten, ohne in einen anderen überzugreifen; indessen sind die Empfindungskreise bekanntlich keine unabänderlichen anatomischen Grössen, sondern sie sind gewissermassen um jeden einzelnen Hautpunkt herum anzunehmen. Wenn demgemäß also eine Anastomosirung zweier durch die Länge des Durchmessers eines Tastkreises getrennter Nervenfasern unmöglich erscheint, so wäre dieselbe hingegen doch denkbar zwischen zwei oder mehreren Fasern, welche nur durch einen gewissen kleinen Bruchtheil dieses Durchmessers von einander getrennt endigen, indem bei der verhältnissmässig unvollständigen Ausbildung des Ortssinnes das kleine zwischen den einzelnen Endigungen liegende Raumintervall doch nicht zur Perception gelangen würde.

Auf den supponirten Fall der peripherischen Anastomosirung zweier verschiedener Nerven untereinander angewandt, würde daher die theoretische Möglichkeit des Vorkommens derselben nur in einer schmalen Grenzzone der beiden Nervengebiete zuzugeben sein; ohnehin ohne weiteren practischen Werth, werden wir gleich sehen, dass auch diese so stark eingeschränkte Anastomosirung verschiedener Nerven der factischen Existenz entbehrt.

---

\*) Hermann, Physiologie 1874, p. 419 u. ff.

Ausserdem jedoch, dass wir durch vorstehende theoretische Erwägungen zu diesem Resultate gelangen, ist das Ergebniss der klinischen Beobachtungen ein vollständig gleiches. Denn wenn, wie Eulenburg sagt, die uns hier beschäftigenden Phänomene unter den Armnerven, „besonders am Medianus“ beobachtet werden, so spricht dies *a priori* gegen eine periphere Anastomosirung verschiedener Nervenstämmen unter einander, da ja durch eine solche das Gebiet sämmtlicher betheiligter Nerven geschützt sein müsste. Eulenburg sagt freilich: „Nach Verletzungen des Medianusstammes kann die Anästhesie fehlen, indem die Leitung durch peripherische Communicationen mit den unverletzt gebliebenen Armnervenstämmen geschieht; dagegen treten nach Verletzungen des Radialis- und Ulnarisstammes keine derartigen Communicationen in Wirksamkeit“<sup>\*)</sup>; allein im Grunde genommen giebt dieser Satz nur eine Wiederholung der auffälligen Thatsache selbst, durch welche die Schwierigkeit der letzteren für das Verständniß sicherlich nicht im Geringsten vermindert wird. An der Hand des Gesetzes von der doppelsinnigen Leitung müssen wir sogar im Gegensatz zu Eulenburg darauf bestehen, dass, wenn derartige periphere Anastomosen überhaupt beständen, durch dieselben das Gebiet des Radialis und Ulnaris in derselben Weise gegen Anästhesie geschützt sein müsste, wie das des Medianus, da absolut nicht einzusehen ist, weshalb diese anastomotischen Communicationen, die wir uns doch auch als aus einem den Nervenfasern ähnlichen Gewebe bestehend vorstellen müssten, nur nach einer Richtung für die Leitung durchgängig sein sollten. Ja im Gegentheil, da z. B. das Verbreitungsgebiet des Radialis sowohl in Ansehung seiner Grösse als auch in Bezug auf die Feinheit des Ortssinnes so bedeutend hinter demjenigen des Medianus zurücksteht, so müssten wir eigentlich umgekehrt erwarten, dass die Persistenz der Sensibilität in viel höherem Grade nach Durchschneidung des Radialis als nach der des Medianus durch eine solche Anastomosirung garantirt wäre, was jedoch nach der oben angeführten Bemerkung Eulenburg's den thatsächlichen Verhältnissen nicht entspricht!

Nun haben wir aber, wie im ersten Abschnitte bereits ausführlich erörtert, in dem physiologischen Gesetze der doppelsinnigen Leitung ein ausgezeichnetes Hülfsmittel zur definitiven Entscheidung der Frage nach der Existenz von Nervenanastomosen, woran bisher noch Niemand gedacht zu haben scheint! Besteht nämlich zwischen zwei (oder mehreren) sensiblen Nervenfasern eine anasto-

---

<sup>\*)</sup> Eulenburg l. c. p. 8.

motische Communication, so muss nach Durchschneidung der einen derselben diesem Gesetze gemäss die Reizung beider Enden eine Empfindung auslösen, da in einem gewissen Sinne ein peripheres Ende gar nicht vorliegt, sondern dann beide durch die Section entstandene Fasern mit dem Centrum in Zusammenhang sich befinden. Mit einem Worte: es ist die sogenannte „Sensibilität des peripheren Endes“, welche uns die Lösung der vorliegenden Frage bringen soll, zu welchem Zwecke wir die ausgezeichneten Experimente von Arloing und Tripier, über die wir bereits ausführlich referirt haben, in einer die letztere endgültig entscheidenden Weise benutzen können. Auf welcher Ursache nun immer diese sensibilité dans le bout périphérique beruhen mag, einer peripheren mikroskopischen Anastomosirung der verschiedenen Nervenstämme unter einander kann sie ihre Entstehung unter keinen Umständen verdanken, da dem Gesetze der doppelsinnigen Leitung gemäss eine durch solche Anastomosen hervorgebrachte Sensibilität unweigerlich nach jeder Durchschneidung eines derartigen Nerven, welche Stelle des Gesammtverlaufes man auch wählt, in Erscheinung treten müsste, was aber nach den Untersuchungen der französischen Forscher keineswegs der Fall ist, da dies Phänomen bis auf wenige Ausnahmen, worüber weiter unten, stets in einer gewissen Entfernung von der Peripherie verschwindet.

Hatten wir also bezüglich der Localisation der Reizempfindung die theoretische Möglichkeit einer anastomotischen Communication verschiedener Nerven in der Randzone ihrer Verbreitungsgebiete zugegeben, so kommt diese Möglichkeit bei dem thatsächlichen Fehlen der Sensibilität in bestimmten Höhen nunmehr vollständig in Wegfall, sodass wir vorstehende Untersuchungen und damit zugleich diesen Abschnitt unserer Arbeit mit den Worten schliessen können: Eine periphere Communication, eine Anastomosirung sensibler Fasern verschiedener Nervenstämme untereinander existirt nicht!

---

## V.

Arloing und Tripier haben zur Erklärung der Resultate ihrer experimentellen Untersuchungen sowohl hinsichtlich der „sensibilité des téguments“ als auch in Bezug auf die „sensibilité des nerfs“ besondere Hypothesen aufgestellt, zu deren Besprechung wir jetzt übergehen. Aus zwei Gründen werden wir hierbei unter häufiger Citirung des Urtextes in ausführlicher Weise verfahren: einmal näm-

lich sind die beiden Arbeiten unserer französischen Forscher in Deutschland meist nur ungenau studirt worden, woraus vielfache Missverständnisse entsprangen und dann haben zweitens Arloing und Tripier die Lösung des uns hier beschäftigenden Problems, wie wir sehen werden, bereits derart angebahnt, dass sie dieselbe (in ihren Grundlagen wenigstens) sicher gefunden hätten, wenn sie nicht unglücklicherweise gerade an dem entscheidenden Punkte in ihre Deductionen einen längst veralteten physiologischen Begriff eingeführt hätten, der sie dann natürlich sofort von dem richtigen Wege weit abbringen musste!

Wir meinen hiermit die „*sensibilité récurrente*“ von Magendie, der wir uns daher zunächst zuwenden müssen; im Gegensatze nämlich zu dem bereits 1811 von Charles Bell entdeckten Gesetze, dass die vorderen Spinalnervenwurzeln motorisch, die hinteren sensibel sind, fand Magendie im Jahre 1822 die merkwürdige Thatsache, dass die vorderen Wurzeln ebenfalls Sensibilität besitzen, da nach Durchschneidung derselben sich ihr peripheres Ende empfindlich erweist, während allerdings das centrale dagegen keine Sensibilität zeigt und auch diejenige des peripheren Endes derselben nach der Section der hinteren Rückenmarkswurzeln verschwindet (*Archives de physiologie etc.* 1876. l. c. p. 14). Diese Erscheinung nun belegte Magendie mit dem Namen eines „rückläufigen Empfindungs-vermögens“, welcher eigenthümliche, unsern heutigen nervenphysiologischen Anschauungen gegenüber völlig unverständliche Ausdruck den damals herrschenden Ideen über die Nerventhätigkeit entsprechend gewählt war; so nahm z. B. Gubler (p. 16) einen vollständigen Nervenzirkel an, in der Art, dass der centrifugale Nervenstrom, am Endpunkte eines motorischen Nerven angekommen, hier in einen centripetalen Strom sich umwandle und durch die sensiblen Nerven zurückkehre (und ebenso vice versa); ganglienartige Bildungen in der Haut sollten diese Transformation bewerkstelligen.

Andere wieder, darunter zu jener Zeit auch Cl. Bernard (p. 15), glaubten, gestützt auf die Thatsache der Sensibilität des peripheren Endes durchschnittener motorischer Nerven, besonders des Facialis, dass die motorischen Fasern mit den sensiblen in ihren Endpunkten mit einander anastomosirten und dass auf diese Weise die Sensibilität, d. h. also der sensible Nervenstrom, von der hinteren Wurzel kommend, nach der Peripherie gehe, um hier durch die motorischen Fasern, resp. die vorderen Wurzeln zum Rückenmark zurückzukehren.

Dementsprechend formulierte Magendie, welcher der gleichen Theorie huldigte, das Phänomen des Empfindungsvermögens des peri-

pheren Endes der durchschnittenen vorderen Wurzeln als „sensibilité récurrente“<sup>\*)</sup>; allein der Fortschritt in der Physiologie sowohl, als auch der der anatomischen und experimentellen Untersuchungen hat dieser Anschauung völlig den Boden entzogen, wie dies Magendie später selbst zugab<sup>\*\*</sup>).

Weiterhin angestellte Forschungen von Cl. Bernard nämlich und Anderen haben auf's Evidenterste bewiesen, dass es sich bei dem nach Durchschneidung der vorderen Rückenmarkswurzeln zu beobachtenden Phänomen nur allein um die anatomische Thatsache handelt, dass am Vereinigungswinkel beider Wurzeln sensible Fasern aus der hinteren in die vordere übertreten und mit dieser in den Rückenmarkscanal eindringen, um dort die Meningen im Umkreise der betr. Wurzeln zu innerviren<sup>\*\*\*</sup>); so fand z. B. Schiff neben Entartung sämmtlicher Fasern in der vorderen Wurzel unveränderte Fasern, die auf die Rückenmarkshäute übertreten<sup>\*\*\*</sup>). Welche Deutung man nun auch der Sensibilität des peripheren Endes durchschnittener motorischer Nerven geben will, mit dem Phänomen der Sensibilität des peripheren Endes der vorderen Wurzeln kann dieselbe hiernach absolut nicht mehr in Zusammenhang gebracht werden; diese letztere Erscheinung ist vielmehr sammt der veralteten Bezeichnung der „sensibilité récurrente“ gänzlich aus der Physiologie zu verbannen und statt dessen blos nöthig, in der descriptiven Anatomie, in Analogie mit dem N. recurrens tentorii von dem Trigeminus, bei der Beschreibung der Rückenmarkshäute als die Vermittler des Empfindungsvermögens derselben die „nervuli recurrentes meningum spinalium“ (wie wir sie nennen möchten) aufzuführen und deren aus dem Obigen zu ersehen- den Verlauf anzugeben!

Gehen wir jedoch nun nach dieser Abschweifung zu dem über, was Arloing und Tripier in Bezug auf die Persistenz der Sensibilität der Haut gefunden haben.

Ihre experimentellen Resultate bilden zunächst eine äusserst glückliche Ergänzung der klinischen Beobachtung am Menschen über die Sensibilitätsverhältnisse nach Nervenverletzungen; einmal zeigen sie uns, dass es überall die drei bestimmten Hautgebiete sind, in welchen sich die Persistenz des Empfindungsvermögens etabliert, nämlich das des Trigeminus (1876, p. 109, 113, 115) und der Spalten der vorderen und der hinteren Extremitäten, wenn freilich die beiden

<sup>\*)</sup> Berliner klin. Wochenschr. 1874, I. c. p. 602.

<sup>\*\*) Munk l. c. p. 360.</sup>

<sup>\*\*\* Landois l. c. p. 694.</sup>

Experimentatoren auf das Erstere weniger Aufmerksamkeit verwandt haben und bezüglich des Letzteren nur die Mittheilung machen, dass sie analoge Resultate wie an der vorderen Extremität erhalten hätten (1869, p. 321). Zweitens beweisen die Experimente, dass die Sensibilität eines Fingers in so lange erhalten bleibt, als mindestens noch ein Collateralnerv desselben mit dem Centrum in unversehrter Verbindung steht und dass die Resultate der Durchschneidung einzelner oder mehrerer Nervenzweige und Nervenstämmen allein davon abhängen, ob hierdurch ein Finger seiner sämmtlichen 4 Collateralnerven beraubt wird oder nicht. Drittens sehen wir, dass nach Ausfall von 1—3 Collateralnerven eine zu der Zahl der leitungsunfähigen gewordenen Nervenbahnen in geradem Verhältniss stehende Abschwächung der Sensibilität zu beobachten ist und dass eine hierbei etwa anfänglich nachzuweisende absolute Anästhesie einzelner Hautpartien nach einer kleineren oder grösseren Anzahl von Tagen zum Verschwinden gelangt; dies letztere Verhältniss erinnert lebhaft an die beim Menschen gemachten klinischen Beobachtungen.

Die Erklärung nun, welche Arloing und Tripier über die in so schönen Experimenten von ihnen demonstrierte Persistenz der Sensibilität der Haut gegeben haben, basirt sowohl in anatomischer als physiologischer Hinsicht auf Anschauungen, die von den uns geläufigen bedeutend abweichen, weshalb wir sie hier einfach mit ihren eignen Worten wiedergeben wollen, da eine weitere Kritisirung derselben unnöthig erscheint. Indem sie sagen (p. 51): „Il est donc impossible de délimiter exactement les parties de la peau, qui seraient sous la dépendance de tel ou tel tronc“ und ferner (p. 308): „si chaque nerf tenait sous sa dépendance, au point vue fonctionnel une partie déterminée de la peau, la section de ce nerf devrait anéantir la sensibilité dans cette partie“, stellen sie die Behauptung auf: „qu'il doit exister un réseau nerveux cutané, qui (au point de vue fonctionnel) pour chaque région est toujours, à l'état normal, sous la dépendance de plusieurs nerfs“ (1876, p. 18, 20) ein Nervenendnetz, in welchem „les fibres nerveuses sensibles se ramifient, s'entrecroisent, s'anastomosent même etc.“ (1869, p. 317). Weiter meinen sie, dass „des communications entre les extrémités terminales du tronc nerveux“ (1869, p. 53) bestehen müssten und fassen schliesslich ihre Anschauung in den Worten zusammen: „En résumé, il existe physiologiquement une certaine corrélation fonctionnelle entre les différents nerfs, qui se rendent à la peau: résultat, qui est en contradiction formelle avec la théorie de l'indépendance fonctionnelle des fibres nerveuses.“ (Zusammengesetzter Satz aus: 1869, p. 51, p. 53,

p. 312. — 1876, p. 19.) Am Besten könnten wir vielleicht hiernach im Sinne Arloing und Tripier's die Nervenversorgung einer bestimmten Hautpartie, z. B. eines Fingers, in Bezug auf die Anatomie sowohl wie auf die Physiologie, mit dem an einem solchen Finger vorhandenen Theile des venösen Blutgefäßsystems vergleichen: an den 4 Fingerkanten verlaufen die Venen ebenso wie die Nerven, sie verzweigen sich in je einem Längsviertel, um an deren Grenzlinien mittelst ihrer letzten Endigungen mit einander zu anastomosiren, so dass der venöse Blutstrom in dem ganzen Bezirke sich überall gleichmässig auszubreiten und bei Unwegsamkeit der einen oder anderen der abführenden Venen von den Uebrigbleibenden aufgenommen zu werden vermag.

In gleicher Weise sollen sich hiernach bezüglich der anatomischen Verbreitung die Hautnerven verhalten, wodurch dann der sensible Nervenstrom nach Durchschneidung einzelner Collateralnerven doch noch mittelst der übrigen unversehrten Zweige mit den Centralorganen in ungestörtem Zusammenhang bleiben kann.

Nach den weitläufigen Erörterungen, die wir in der Einleitung und im vorhergehenden Abschnitte über das Gesetz der isolirten Leitung gepflogen haben, brauchen wir wohl uns auf die eben entwickelte Ansicht Arloing und Tripier's nicht näher einzulassen, weshalb wir gleich zur Besprechung ihrer Hypothese über die „*sensibilité dans le bout périphérique*“ übergehen.

Die Resultate nämlich, welche die beiden Forscher nach ihren experimentellen Nervendurchschneidungen bezüglich der Persistenz der Hautsensibilität erhalten hatten, brachten sie auf den Gedanken, die Empfindungsverhältnisse der peripheren Stämpfe zu studiren und so entstand denn jene Reihe von Thierversuchen, über die wir bereits ausführlich referirt haben. Hierbei fand sich nun als die weitaus wichtigste Thatache, dass bei Vorhandensein der Sensibilität des peripheren Endes stets eine gewisse Menge intakter Fasern innerhalb desselben nachgewiesen werden konnte, und zwar zu einer Zeit, in welcher die Hauptmasse der Fasern des letzteren in Folge der Nervendurchschneidung bereits einer völligen Degeneration anheim gefallen war; fehlte die *sensibilité dans le bout périphérique*, so liessen sich in diesem auch keine intakten Fasern, oder wenigstens verhältnissmässig nur äusserst wenige derselben auffinden (1876, p. 21). Diese intakten Fasern stellen daher die Träger unserer Sensibilität dar, und müssen dieselben deshalb mit den sensiblen Centralorganen im ungestörten Zusammenhange stehen, wie dies auch bezüglich der trophischen Centra der Fall sein muss, da sie sonst ebenso wenig wie

die weitüberwiegende Mehrzahl der übrigen durchschnittenen Nervenfasern ihre Integrität hätten bewahren können (1869, p. 314). Der Zusammenhang mit den Centralorganen ist jedoch kein directer (p. 313), sondern die intacten Fasern verlaufen mit den degenerirten bis in die äusserste Peripherie, wie dies durch eine Reihe von Experimenten auf das Sicherste nachgewiesen wird, um hier erst mit Hülfe anderer von der Verletzung nicht betroffener Nerven auf irgend eine Weise mit den ersteren in Verbindung zu treten; „*c'est surtout à la périphérie*“ (p. 315), wo dies bewerkstelligt wird. —

Wenn wir jetzt in der Entwicklung der Hypothese der beiden französischen Autoren einen Moment innehalten, so geschieht dies, um dem bisher Gesagten gegenüber unsere eigene vollste Zustimmung auszusprechen: in der That wird dagegen, besonders bezüglich der intacten Fasern, kaum etwas eingewendet werden können. Hier ist jedoch der Punkt, an welchem unsere Wege zur Erklärung der vorliegenden Probleme sich trennen! —

Was dann nun weiter die Art betrifft, auf welche die intacten Fasern nach der Ansicht Arloing und Tripier's in der Peripherie ihren Zusammenhang mit dem Centralorgane gewinnen sollen, so haben wir uns hier zu erinnern, dass sie ein Nervenendnetz (p. 319) in der Haut annehmen, in welchem sich die Nervenfasern verzweigen, durchkreuzen und mit einander anastomosiren, „les unes pour y rester, les autres pour remonter plus ou moins haut à travers les différents troncs nerveux“ (p. 317): darnach könnten also die intacten Fasern einmal einen Theil von sensiblen Fasern darstellen, die an der Peripherie umbiegen und in einem zweiten Nerven centralwärts weiter verlaufen, oder aber es sind selbstständige Fasern, welche mit denen, die das Nervenendnetz bilden, factisch anastomosiren. In Bezug auf die Fortsetzung aber der in dem peripheren Ende intact gefundenen Fasern centralwärts von der Durchschnittsstelle der Nerven sagen unsere Autoren: „nous ne concluons pas, que toutes les fibres venant des centres nerveux y retournent forcément, après avoir fait partie du réseau périphérique. Nous pensons même qu'il doit y avoir des déviations et des aberrations nombreuses dans la marche de ces fibres . . . ; leur nombre serait variable, elles s'épuiseraient très vite, soit qu' elles restent dans les nerfs, soit qu' elles les abandonnent pour se porter dans les téguments voisins“. (p. 320.) Sie können übrigens „rien préciser en ce qui concerne le mode de terminaison ultime“ (p. 321) unserer Fasern. Zu der Annahme, dass die letzteren zum grössten Theile entweder den Nervenstamm wieder verlassen, um ihr Ziel zu erreichen, oder in dem Nerven verbleiben, ohne bis zu

den Centralorganen zu gelangen, sehen sie sich durch die beiden Thatsachen gedrängt, dass einmal bei den meisten Nerven, denen der Extremitäten z. B., die sensibilité dans le bout périphérique und damit die Existenz intakter Fasern in demselben in einer gewissen Durchschneidungshöhe nicht mehr nachzuweisen ist, und dass zweitens in dem centralen Stumpfe häufig degenerirte Nervenfasern aufgefunden werden können. „Or, on peut admettre, que ces tubes nerveux altérés dans le bout central ne sont que la continuation des tubes nerveux qui restent intacts dans le bout périphérique, car ceux-ci sont encore en communication avec leurs centres trophiques, tandis que ceux-là ont perdu toute espèce de communication de ce genre“. (p. 320.)

Wollen wir uns nun den anatomischen Verlauf der von Arloing und Tripier in dieser Weise constuirten Nervenfasern genauer vor Augen führen, so hätten wir einmal sensible Fasern, welche an der Peripherie umbiegen und in einem anderen Nerven centralwärts, jedoch nicht bis zum Centrum hin, verlaufen: diesen Fasern könnte man in demselben Sinne, wie etwa dem N. recurrens vagi das anatomische Prädicat „rückläufig“ zugestehen. Zweitens hätten wir Nervenfasern, die in der Peripherie entweder schlingenförmig mit sensiblen Nerven zusammenhängen oder per anastomosim mit dem von diesen gebildeten Endnetz verbunden sind, während sie andererseits mit den Centralorganen in directem Zusammenhange stehen, indem sie bis zu denselben hin verlaufen: dieselben könnte man im physiologischen Sinne „rückläufig“ nennen, da sie als die zweite Hälfte einer Nervenbahn, die vom Centrum nach der Peripherie und von hier wieder nach dem Centrum zurück sich wendet, aufgefasst zu werden vermöchten. Eine dritte Art von Fasern, deren eines Ende in der Peripherie durch factische Anastomosirung mit sensiblen Nerven zusammenhängt, während ihr anderes Ende innerhalb irgend eines Nervenstammes liegt oder an einem beliebigen Punkte der Peripherie sich befindet (welche Construction sich unfehlbar aus dem oben mitgetheilten Texte ergiebt), würde aber weder in anatomischer Beziehung, noch auch in physiologischer als rückläufig zu bezeichnen sein, das Letztere besonders, da wir ja über ihre Bedeutung nicht das Geringste wissen und erfahren.

Dennoch erklären Arloing und Tripier die von ihnen im peripheren Stumpfe gefundenen intacten Fasern insgesamt als rückläufige: „Il s'agit donc bien ici de fibres récurrentes“ (p. 120) und da dieselben sensibel sind, erklären sie die bei ihrer Reizung sich zeigende Empfindlichkeit für eine gleichfalls rückläufige: „En somme,

la sensibilité développée par nous, en irritant le bout périphérique . . . , est bien de la sensibilité récurrente“ (p. 314). —

Im Eingang dieses Abschnittes haben wir diesen physiologischen Begriff zum Theil nach den Angaben unserer beiden Autoren selbst einer ausführlichen Erörterung unterzogen und dabei gefunden, dass mit der Entdeckung der „Nervuli recurrentes meningum spinalium“ als Träger der Sensibilität des peripheren Endes der vorderen Wurzeln jeder Anhalt für eine derartige Hypothese einer sensibilité récurrente, wonach der sensible Nervenstrom durch die motorischen Nerven und Rückenmarkswurzeln zum Centrum „zurückkehre“, verloren gegangen ist. Trotzdem nehmen unsere französischen Experimentatoren diesen längst veralteten Begriff wieder auf, obwohl hier einzig und allein blos sensible Fasern die Leitungsbahnen für diese rückläufige Sensibilität bilden können; betrachten wir aber diese Fasern nach den Categorien, in die wir sie oben gemäss der Beschreibung Arloing und Tripier's der besseren Uebersichtlichkeit halber gebracht haben, in Bezug auf ihr sensibles Leistungsvermögen, so finden wir zunächst bei der erstaufgestellten Art von Fasern, dass die sensible Erregung vor wie nach der Section in centripetaler Richtung verläuft, da dieselben doch nur im anatomischen Sinne, in rein äusserlicher Weise als rückläufig zu bezeichnen sind. In Betreff der dritten Categorie lässt sich um so weniger der Terminus einer sensibilité récurrente anwenden, als wir über deren Bedeutung völlig im Unklaren uns befinden und nicht einmal sagen können, welches von ihren beiden Enden als das eigentlich periphere anzusehen ist.

So bleibt nur die zweite Art von Fasern übrig, welche bis zum Centrum hin verlaufen, während sie in der Peripherie entweder schlingenartig in eine sensible Faser oder anastomotisch in das Nervennetz übergehen; in Bezug auf eine in einer solchen Faser ablaufende sensible Erregung kann dieselbe nun am einfachsten wie eine Nervenfaser betrachten, die mit einer anderen sensiblen Faser in der Peripherie factisch anastomosirt, weshalb Alles, was wir früher über derartig mit einander anastomosirende Nervenfasern gesagt haben, auch für unsere Kategorie sensibler Fasern Gültigkeit haben muss. Wird also eine solche Faser durchschnitten, so verläuft bei Reizung des centralen Endes die Erregung gerade so wie vor der Section centripetal, während sie in dem peripheren Stumpfe bis zu der anastomotischen Stelle centrifugal verläuft, was nach dem Gesetze der doppelsinnigen Leitung nichts Auffälliges an sich hat. Demnach ist auch hier von einer sensibilité récurrente keine Rede und lässt sich die Aufstellung der Hypothese einer solchen von Seiten Arloing

und Tripier's nur aus dem Gesichtspunkte verstehen, dass sie dieses Gesetz der doppelsinnigen Leitung damals nicht kannten oder wenigstens nicht anerkannten, was wir vielleicht aus dem Umstande schliessen dürfen, dass sie desselben in ihren beiden Arbeiten mit keinem Worte Erwähnung thun. Weniger verständlich wiederum wird freilich die Aufrechterhaltung dieses Ausdrucks, wenn wir sehen, dass sie diese zweite Kategorie von das Centrum erreichenden „fibres récurrentes“, auf welche allein sich derselbe (in ihrem Sinne wenigstens) mit einer gewissen Berechtigung anwenden liesse, ohne ihre Nichtexistenz zu behaupten, doch mit dem Satze perhorresciren: „nous sommes à peu près en mesure d'affirmer, qu' aucune d'elles ne remonte jusqu' aux centres nerveux, ce qui ne laisse pas que d'ébranler les théories quelque peu fantaisistes du circuit nerveux et de la circulation nerveuse“ (p. 321). Mit Verleugnung dieser Theorie und unserer zweiten Faserart erlischt aber eigentlich jede Berechtigung zum Gebrauche des terminus „sensibilité récurrente“ und es bleibt nichts übrig, als ein leerer inhaltloser Name, durch welchen sich obendrein die beiden französischen Forscher den Weg zur Lösung des Problems der Persistenz der Hautsensibilität nach Nervendurchschneidungen selbst verlegt haben.

Unzweifelhaft nämlich besteht zwischen dieser letzteren und dem Empfindungsvermögen des peripheren Stumpfes resp. der Existenz intakter Fasern in demselben irgend ein näherer Zusammenhang, welchen auch Arloing und Tripier mehrfach hervorheben, indem sie unter Anderem sagen: „il existe une concordance parfaite. Dès lors on est porté à se demander, si les phénomènes dans les deux cas ne sont pas du même ordre“ (p. 317). Während sie nun in Bezug hierauf das Resultat der Durchschneidung dreier Collateralnerven eines Fingers betrachten, meinen sie, der 4. unversehrte Collateralnerv, der die fibres récurrentes von den anderen drei her enthalte, „ne contient plus, au point de vue fonctionel, que des fibres directes, puisque les trois autres nerfs collatéraux ont été coupés“, weshalb diese Hautsensibilität „n'est pas à proprement parler de la sensibilité récurrente, mais bien de la sensibilité directe“.

Wenn wir so zur Genüge nachgewiesen zu haben glauben, dass das Wort Cl. Bernard's: „Le phénomène de la sensibilité récurrente est le fait le plus important de l'histoire générale du système nerveux“, auf das sich Arloing und Tripier (1876. p. 24) mit einem gewissen Stolze im Hinblick auf ihre Experimente berufen, während es an sich durch die Fortschritte der Wissenschaft schon hinfällig geworden, auf die Entdeckungen dieser Forscher kaum in berechtigter

Weise angewandt werden darf, wollen wir jetzt uns noch einen Augenblick den „fibres récurrentes“ der letzteren zuwenden.

Wie wir gesehen haben, bringen sie nämlich die in dem peripheren, mit Sensibilität begabten und im übrigen völlig degenerirten Nervenende von ihnen gefundenen intacten Fasern mit im zugehörigen centralen Ende befindlichen Nervenfasern zusammen, die der Degeneration anheimgefallen waren, indem sie die letzteren als die centralwärts verlaufende Fortsetzung der ersteren ansehen, welche den Zusammenhang mit den trophischen Centren durch den experimentellen Schnitt verloren haben. Irgend einen weiteren Nachweis oder Anhaltspunkt für die Richtigkeit dieser Ansicht zu geben, sind sie ausser Stande. Nun hat aber neuerdings unter Andern Siegm. Meyer\*) gezeigt, dass ganz normaler Weise in den peripheren Nerven degenerirte Fasern vorzukommen pflegen, so dass wir doch gezwungen sind, obige Hypothese Arloing und Tripier's einer näheren Prüfung zu unterziehen. Zuerst dürfen wir wohl ohne Weiteres die Behauptung unserer Experimentatoren zurückweisen, als ob die Nn. infraorbitales sich gegenseitig über die Medianlinie hinüber, „rückläufige“ Fasern zuschickten (1876, p. 111, 115), da dieselbe sich einzig und allein auf das Auffinden einiger sehr weniger degenerirter Fasern in dem unversehrten Nerven der anderen Seite stützt. Bezuglich der in dem centralen Ende zu treffenden degenerirten Fasern ist dagegen einerseits eine gewisse Wahrscheinlichkeit, die sie als Fortsetzung der intacten Nervenfasern des peripheren Stumpfes bislang erscheinen liess, jetzt durch die Untersuchungen Siegm. Meyer's bedeutend abgeschwächt, während andererseits diese Wahrscheinlichkeit sich sogar in das Gegentheil verkehrt, wenn wir berücksichtigen, dass nicht nur die Zahl dieser der Degeneration anheimgefallenen Fasern geringer, als die der intacten Nervenfasern im peripheren Ende ist, sondern dass auch ihr Caliber in den meisten Fällen anders als das der Letzteren gefunden wird. Die beiden französischen Forscher machen selbst auf diese Punkte aufmerksam (1876, p. 114), ohne jedoch die dabei versprochene Erklärung dafür zu geben. So gelangen wir zu der um Vieles wahrscheinlicheren Annahme, dass der grossen Mehrzahl wenigstens nach die degenerirten Fasern des centralen Endes mit den intacten des peripheren in gar keine Beziehung zu bringen sind, sondern dass sie den von Siegm. Meyer erforschten Degenerations- und Regenerationsvorgängen innerhalb des normalen peripheren Nerven ihren Ursprung verdanken.

---

\*) Archiv f. klin Chirurgie 1882. Tillmanns l. c. p. 92.

Zum Schlusse dieser Erörterungen wollen wir mit wenigen Worten zusammenfassen, was über die Träger der sensibilité dans le bout périphérique, als welche die intacten Fasern des im Uebrigen degenerirten peripheren Nervenendes mit unbestreitbarem Rechte anzusehen sind, bis dahin aus unseren Untersuchungen mit Sicherheit zu eruiren ist. Dieselben stehen in der äussersten Peripherie mit sensiblen Fasern anderer Nerven in Verbindung, wodurch sie mit dem Centralorgane im Zusammenhang bleiben, während sie centralwärts zum einen Theil in verschiedener Höhe den Nervenstamm, in welchem sie gefunden werden, verlassen, ohne dass über ihren weiteren Verlauf etwas bekannt wäre, zum anderen Theil jedoch in diesem Nerven verbleiben, um jedenfalls mit demselben auch ihrerseits bis zu dem Centralorgane zu gelangen. Das Letztere beobachten wir z. B. bei dem Infraorbitalis, in welchem intacte Fasern noch in dem Momente zu treffen sind, in welchem er in seinen knöchernen Canal eindringen will, das Erstere lässt sich aus der centralwärts stets zunehmenden Verminderung dieser Fasern, sowie aus dem Umstände erschliessen, dass dieselben häufig dicht unter der Nervenscheide gefunden worden sind. Ein geringer Theil unserer Nervenfasern mag in der Peripherie, während der grössere hier wohl factisch anastomosirt, schlingenförmig in eine sensible Faser übergehen, also ein Stück einer solchen darstellen, welche daselbst umbiegt, um eine Strecke centralwärts in einem anderen Nerven zu verlaufen und dann erst wieder sich zu ihrem peripher gelegenen Bestimmungsorte hin abzuzweigen; in einem derartigen Falle kann das durch den Schnitt vom Centrum getrennte Faserende in dem centralen Nervenstumpfe als degenerirte Faser aufgefunden werden. Die grosse Mehrzahl der Letzteren jedoch, wie sie von Arloing und Tripier beschrieben wurden, ist unter dem Gesichtspunkte der Siegm. Meyer'schen Untersuchungen zu betrachten.

---

Im Anschluss an diesen Abschnitt wollen wir noch derjenigen Theorie mit einigen Worten gedenken, welche Létiévant über die uns hier beschäftigenden Nervenphänomene in seinem bereits citirten Buche aufgestellt hat; die Vorzüge des letzteren, soweit es überhaupt unser eigentliches Gebiet berührt (im I. Theil), bestehen einmal in der reichhaltigen Casuistik von Nervenverletzungen, welche ja auch von unseren deutschen Autoren, Falkenheim, Tillmanns u. A. genügend gewürdigt und benutzt worden ist, zweitens und hauptsächlich aber in dem fortwährenden Hinweise und Nachweise, dass die nach den sections nerveuses persistent gebliebene oder verhältniss-

mässig sehr rasch wieder aufgetretene Sensibilität und Motilität nicht einer eventuellen schnellen Regeneration der Nerven zuzuschreiben sei, sondern ganz anderen Factoren, den von ihm sogenannten „suppléances sensitivo-motrices“<sup>\*)</sup>) ihre Existenz verdanke.

Weniger glücklich ist, wie es uns scheinen will, Létiévant nun in Bezug auf die nähere Erklärung dieser Suppléances gewesen, besonders was seine Theorie einer „sensibilité supplée“ betrifft, — über die motilité supplée sprechen wir weiter unten —, welche er wiederum in eine „sensibilité par astomoses“ und in eine „sensibilité par les papilles voisines de la région paralysée“ eingetheilt hat<sup>\*\*) ).</sup> Die erste soll darin bestehen, dass die Fasern anderer Nervenstämme mittelst anastomotischer Ansaformation dem verletzten Nerven sich in mehr oder weniger bekannter Anzahl in verschiedener Höhe zugesellen und so, falls dies unterhalb der Verletzungsstelle geschieht, dem Verbreitungsgebiete desselben ein bezüglich der Intensität und Extensität in wechselndem Grade ausgeprägtes Empfindungsvermögen garantiren. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir auf das, was wir früher bereits über die Erklärungsversuche der Persistenz der Sensibilität vermittelst solcher makroskopischer Anastomosen gesagt haben; man braucht ja nur mehrere der citirten prägnanteren Fälle in's Auge zu fassen, um sofort zu sehen, dass auf diese Weise eine Aufklärung über die gemachten interessanten Beobachtungen nicht zu erlangen ist. Noch mehr ist dies bezüglich der Thierexperimente der Fall.

In ähnlicher Weise verhält es sich mit der zweiten Art der sensibilité supplée, welche Létiévant aufgestellt hat; basirend auf dem Experimente, dass man die Berührung eines fremden Fingers, welchen man zwischen die eigenen Finger einklemmt, spürt und auch die Richtung des ausgeführten „frottement“ empfindet, sucht Létiévant einen Theil der Persistenz der Sensibilität dadurch zu erklären, dass die dem seiner Nerven beraubten Hautgebiete zunächst liegenden, mit intacten Fasern versehenen Papillen durch die Berührung der an sich gefühllosen Partie eine Erschütterung erlitten und so die Erregung den Centralorganen mittheilten. Wenn sich auch unzweifelhaft das Resultat des obigen Experimentes und eine Reihe von weiteren, von verschiedenen Autoren angeführten Thatsachen, wie die Entstehung einer Empfindung bei Berühren der nervenlosen Gebilde (Zähne, Haare, Nägel) auf solche „sensations indirectes ou médiates“ zurückführen

---

<sup>\*)</sup> Traité des sections nerveuses. 1873. Préface XIII.

<sup>\*\*) Létiévant l. c. p. 41—54.</sup>

lassen, so kann doch offenbar die „Pseudo-sensibilité“\*) bei Durchschneidung von Nervenästen oder gar von Nervenstämmen nur eine sehr untergeordnete Rolle spielen, da sie, wie leicht ersichtlich, höchstens in einer schmalen Grenzzone des anästhetischen Gebiets in Wirksamkeit zu treten vermag; ausserdem ist die Fähigkeit des Localisirens einer Empfindung innerhalb des letzteren von vorne herein bei dieser Pseudosensibilität ausgeschlossen, weil die Centralorgane den Angriffspunkt der ihnen zugeleiteten Erregung, wie wir oben ausführlich besprochen, nur an das peripherie Ende der mit ihnen in directem Zusammenhang stehenden Fasern zu verlegen im Stande sind.

Aus diesen Gründen ist die Erklärung der sensibilité suppléée, wie sie Létiévant uns vorführt, zur Lösung des vorliegenden Problems der Nervenphysiologie völlig ungenügend.

---

## VI.

Unserer Theorie von der „Collateral-Innervation der Haut“, zu deren Darstellung und Begründung wir nun endlich gelangen, liegt zunächst und hauptsächlich das Phänomen der Sensibilität des peripheren Endes zu Grunde, wie dasselbe uns durch eine Reihe klinischer Beobachtungen (ausser der Richet'schen liegen unter Anderem noch solche von Remak bezüglich des Medianus\*\*) und von Tillmanns in Bezug auf den Saphenus\*\*\*) u. s. w. vor), dann aber durch die Resultate von Thierexperimenten, vor Allem derjenigen Arloing und Tripier's bekannt wurde.

Ueber die Ursache dieses Phänomens ist eine Reihe von Hypothesen aufgestellt worden; die der französischen Forscher selbst haben wir bereits besprochen und unseren jetzigen physiologischen Anschauungen nicht entsprechend gefunden. Die weiteren Erklärungsversuche, meist von deutschen Autoren herrührend, sind ebenso unbefriedigend, was zum grössten Theile dem Umstände zuzuschreiben ist, dass den Publicationen der letztgenannten Experimentatoren bisher nur ein ziemlich ungenaues Studium gewidmet wurde. Es beweist dies unter Anderem die Thatsache, dass noch neuerdings die Sensibilität des peripheren Endes vielfach auf „die von Sappey entdeckten Nervi nervorum“†) zurückgeführt wird.

---

\*) l. c. p. 52.

\*\*) Berliner klin. Wochenschr. 1880. No. 9.

\*\*\*) Tillmanns l. c. p. 76.

†) Kraussold (Volkmann) p. 13.

Diese Ansicht wurde zuerst von Richet bezüglich seines Falles von Medianusverletzung geäussert, der ja bekanntlich einige Zeit vor den Untersuchungen Arloing und Tripier's, die er zum Theil mitveranlasste, beobachtet wurde, wobei der Erstere gleichzeitig es für „absurd“<sup>\*)</sup> erklärte, die Sensibilität des peripheren Stumpfes mit der Persistenz des Empfindungsvermögens in näheren Zusammenhang bringen zu wollen!

In derselben Weise fasst Landois<sup>\*\*)</sup> diese Sensibilität des peripheren Endes auf, wenn er sagt, dass auch in die Stämme der peripheren Nerven sensible Fasern eintreten könnten, indem das Gewebe derselben, gleichwie die meisten übrigen Körperteile, Empfindungsnerven enthalte. Allein abgesehen davon, dass die Natur der Nervi nervorum als sensibler Fasern noch sehr zweifelhaft erscheint, während es uns *a priori* viel wahrscheinlicher dünkt, dass dieselben allein oder wenigstens der Hauptsache nach trophischen oder vaso-motorischen Functionen (für die Ernährungsgefässer der Nerven) vorstehen, hat Sappey selbst angegeben, dass die Nervi nervorum um so dünner werden und um so seltener sich vorfinden, je mehr sich das Caliber des von ihnen versorgten Nerven verringert und dass die kleinsten Nervenstämmchen überhaupt gar keine solche mehr enthalten<sup>\*\*\*</sup>). Welche physiologische Function man nun auch den Nervi nervorum zuschreiben mag, so wird man, ganz der von Sappey gegebenen Beschreibung entsprechend, doch fordern müssen, dass je dicker der Stamm, also je weiter derselbe von seiner peripherischen Endigung entfernt ist, er um so mehr von diesen Nerven enthalten muss; wären dieselben also sensibler Natur, so müsste die sensibilité dans le bout périphérique um so häufiger und um so stärker in Erscheinung treten, resp. die Träger derselben, die oben genauer beschriebenen intacten Fasern innerhalb des letzteren in um so grösserer Anzahl sich vorfinden, je näher dem Centrum zu die Section des Nerven angelegt wird. Bekanntlich ist dieses jedoch nicht der Fall, wie die Experimente von Arloing und Tripier auf das Unwiderleglichste beweisen, sondern unser Phänomen verschwindet fast stets in einer gewissen Entfernung von der Peripherie, ebenso wie seine Vermittler, und ist jenseits dieses Punktes nach dem Centrum zu nicht mehr hervorzurufen.

Mit nicht geringerer Sicherheit können wir die Annahme verschie-

<sup>\*)</sup> Gazette des hôpital. 1867. p. 556.

<sup>\*\*) Landois, Physiologie. 1880. p. 694.</sup>

<sup>\*\*\*)</sup> Comptes rendus 1867. Bd. 65. p. 761.

dener weiterer Autoren zurückweisen, dass die Sensibilität des peripheren Endes auf Reizung solcher empfindungsleitenden Fasern beruhe, welche dem durchschnittenen Nerven unterhalb der Verletzungsstelle mittelst anastomotischer Ansaformation von anderen Nerven her überkommen sind; eine derartige Ansicht hat z. B. Schuh\*) aufgestellt, der den auch bei dem peripheren Schnitte einer Nervenresection in der Gegend des Handgelenks von ihm beobachteten Schmerz auf eine Anastomose des Radialis mit dem Ulnaris bezog, welche wahrscheinlich gerade in der Nähe der verletzten Stelle einmündete. Ohne die Möglichkeit eines solchen Verhaltens in einem einzelnen Falle bestreiten zu wollen, so erhellt doch aus der Beschreibung, die unsere französischen Forscher selbst über die Anstellung ihrer Experimente gegeben haben, in der sie ausdrücklich sagen, dass sie die Stümpfe stets ungefähr 1 Ctm. weit isolirten und bei deren Reizung jeden Zug vermieden (1869, l. c. p. 313), absolut sicher, dass das Phänomen der sensibilité dans le bout périphérique mit dem Letzteren sich zugesellenden anastomotischen Fasern in keinem Zusammenhange stehen kann. Auch würden bei einem derartigen Verhalten nicht gerade an der Schnittstelle regelmässig intacte Fasern innerhalb des peripheren Stumpfes gefunden werden können, da die Fasern der betreffenden Nervenanastomosen entweder, wie vielleicht in der Schuh'schen Beobachtung, von der Section getroffen, also vom Centrum getrennt, der Degeneration anheimfallen müssen, oder, wenn sie von dem Orte der Verletzung weiter entfernt sind, gar nicht in den Bereich der mikroskopischen Schnitte zu gerathen vermögen.

Ein Zusammenhang unseres Phänomens mit Anastomosenschlingen wäre nur in dem einen Falle denkbar, wenn nämlich die sensiblen Nervenfasern einer solchen Anastomose, anstatt mit dem Stamme, an welchen sie sich angelehnt haben, peripherwärts weiter zu gehen, nun innerhalb dieses eine gewisse Strecke centralwärts verlaufen, um sich erst später zwecks Erreichung ihres Bestimmungs-ortes wieder abzuzweigen; trifft ein Schnitt solche Fasern, so muss natürlich das periphere Ende des Nervenstabmes, da in ihm ja die centralen Enden dieser liegen, sich sensibel erweisen. Aber auch ein derartiges thatsächlich hier und da (vergl. z. B. die vorderen Spinalwurzeln) vorkommendes Verhältniss lässt sich nicht zur Erklärung des uns hier beschäftigenden Problems verwenden, wie dies

\*) Wiener medicinische Wochenschrift 1863. Mittheilungen über Resectionen und andere Operationen an Nerven p. 163.

unter Anderen Falkenheim\*) offenbar in Anlehnung an Arloing und Tripier's „fibres récurrentes“, mit deren von uns oben näher charakterisirten ersten Categorie solchergestalt verlaufende Fasern allerdings identisch sind, noch jüngst versucht hat. Gerade die längsten Nerven des Körpers, diejenigen, welche die Extremitätenspitzen versorgen, müssten hiernach Fasern enthalten, die vom Centrum bis an das peripherische Ende dieser Nervenstämme, bis in die Finger und Zehen, herabsteigen, um hier, ohne sich an der Innervation dieser so sehr der Sensibilität bedürftigen Hautpartien zu betheiligen, umzubiegen und über die Hälfte ihres bisherigen Weges (an der Oberextremität z. B. bis zum Ellbogen hin) innerhalb eines beliebigen benachbarten anderen Nervenastes oder -stammes wieder centralwärts zurückzulegen und dann erst den letzteren behufs Erreichung ihres definitiven Endigungspunktes zu verlassen! Die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Hypothese bedarf keiner weiteren Erörterung, besonders wenn man bedenkt, dass eine gewisse Gesetzmässigkeit in dem von Arloing und Tripier aufgedeckten Verhalten der Sensibilität des peripheren Endes absolut nicht zu erkennen ist, welches Argument sich natürlich in gleicher Weise auch gegen die bereits früher besprochenen Erklärungsversuche richtet: es handelt sich stets nur um ganz bestimmte Körperregionen, welche einmal in der grösstmöglichen Entfernung vom Centrum sich befinden und deren Hautpartien dann zweitens durch den Besitz eines höchstausgebildeten Empfindungsvermögens ausgezeichnet sind; endlich lassen sich auch die Resultate der mehrfachen Section der verschiedenen Nervenäste und -stämme, wie sie in den referirten Experimenten zur Beobachtung gelangten, durch keine der obigen Hypothesen in irgend genügender Weise erklären. Die gerügte Unwahrscheinlichkeit der letztbesprochenen Ansicht wird aber zur Unmöglichkeit, wenn wir bedenken, dass wenigstens bei einem Nerven ein solches Abbiegen sämmtlicher intakter Fasern nach der Peripherie hin nachgewiesenermassen absolut nicht stattfinden kann, bei dem Infraorbitalis nämlich, von dessen im peripheren Ende gefundenen intacten Fasern Arloing und Tripier sagen: „qu'un certain nombre dépasse l'orifice inférieur du conduit maxillo-dentaire“ (1876, p. 117). Welchen weiteren Verlauf diese Fasern innerhalb des Canalis infraorbitalis auch immer nehmen mögen, mit der Falkenheim'schen Hypothese lässt sich ihr Verhalten nicht in Einklang bringen!

So sind wir daher in der That, da wir eine weitere mögliche

---

\*) I. c. Dissert. p. 22.

Ursache der Sensibilität des peripheren Stumpfes nicht aufzufinden vermögen, genöthigt, auf die Erörterungen, die wir im ersten Abschnitte der vorliegenden Arbeit bezüglich des durch das Gesetz der doppelsinnigen Leitung gebotenen Zusammenhangs etwaiger mikroskopischer Nervenanastomosen mit der sensibilité dans le bout périphérique gepflogen haben, zurückzugreifen und anzunehmen, dass die Letztere auf einer factischen peripheren Anastomosirung sensibler Nervenfasern beruht (womit zugleich die Frage nach der Existenz einer solchen ihre Erledigung findet), dass also die im peripheren Stumpfe gefundenen intacten Fasern die durch die Section von ihrer centralen Fortsetzung abgetrennten peripheren Stücke anastomosirender centripetal leitender Nervenfasern darstellen. Da wir jedoch im Verlaufe des 4. Abschnittes zu dem Resultate gekommen sind, dass eine periphera Communication der Fasern verschiedener Nerven untereinander mittelst solcher Anastomosen nicht existire, so kann es sich daher, so absurd und einer ganzen Reihe uns experimentell erschlossener Thatsachen auf den ersten Blick widersprechend es auch erscheinen mag, einzig und allein nur um die Anastomosirung von ein und demselben Nerven zugehörenden Fasern handeln! Um uns hierüber Klarheit zu verschaffen, wollen wir nun mehrere Experimente Arloing und Tripier's einer eingehenden Erörterung unterziehen, wobei wir zugleich die eigen-thümliche Verlaufswise der betreffenden Nervenfasern, eine zweite Thatsache von höchster Bedeutung, kennen lernen werden.

Bei dieser Untersuchung setzen wir einzig und allein voraus, dass die von den citirten Forschern innerhalb des peripheren Stumpfes gefundenen intacten Fasern die Träger der Sensibilität desselben darstellen und dass sie in der äussersten Peripherie anastomotisch mit centripetal leitenden Nervenfasern verbunden sind, durch welche Eigenschaft ihnen der Zusammenhang mit den trophischen Centren sowohl, wie mit den sensiblen Centralorganen gewährleistet ist: eine Voraussetzung, gegen welche im Hinblick auf unsere vorausgegangenen Be trachtungen wohl kaum etwas wird eingewandt werden können. Beginnen wir mit jenem Experiment, das den beiden Franzosen den Anstoss zu ihren Untersuchungen der Sensibilität des peripheren Endes gegeben, der successiven Section der Nn. digitales collaterale und wählen wir dazu den Kleinfinger, welcher allein vom N. ulnaris innervirt wird, so dass es sich hierbei von vorn herein nur um Fasern ein und desselben Nerven handeln kann; hier ist also nur zu fragen, welcher Art eben diese Fasern sind und wie sie verlaufen.

Schalten wir zu diesem Zweck zunächst die beiden Nn. collaterales der Volarfläche durch die Section des Stammes gerade unterhalb der Abzweigung des Ramus dorsalis aus, so wird von den beiden Dorsalnerven bei wechselseitiger Durchschneidung des einen oder des andern immer der unversehrte diejenigen centripetalitenden Fasern enthalten, welche das Verbindungsglied zwischen dem Centrum und den mit ihnen anastomosirenden Nervenfasern des peripheren Endes darstellen, während wir in Bezug auf den durchschnittenen Nerven, mag man den Schnitt so weit wie möglich nach der Peripherie zu oder so weit wie möglich centralwärts (d. h. also bis gerade unterhalb der Verschmelzung der beiden Nerven zu einem Aste) anlegen, stets den peripheren Stumpf sensibel, resp. eine gewisse Zeit nach der Operation intacte, diese Sensibilität vermittelnde Nervenfasern in dem im Uebrigen degenerirten peripheren Ende finden werden. Hiernach ist der zwingende Schluss nun der, dass es in beiden Fällen dieselben Fasern sind, welche abwechselnd durchschnitten oder intact durch ihre gegenseitige Anastomosierung sich das eine Mal trotz der Section ihren ungestörten Zusammenhang mit dem Centrum bewahren und das andere Mal für die durchschnittenen Fasern diese Verbindung selbst darstellen, dass es mit einem Worte mit einander anastomosirende sensible Nervenfasern sind, um die es sich hier handelt. Sicherlich wären Arloing und Tripiet zu demselben Resultate gekommen, wenn sie nicht statt des Gesetzes der doppelsinnigen Leitung zur Erklärung der Sensibilität des peripheren Stumpfes die „sensibilité récurrente“ herangezogen hätten!

Selbstverständlicherweise müssen nun diese anastomosirenden sensiblen Fasern bezüglich der Entfernung ihrer eigentlichen Endigungspunkte resp. ihrer Endapparate von einander die im IV. Abschnitt ausführlich erörterte Bedingung der allernächsten Nachbarschaft erfüllen, weshalb auch hier wohl der Gedanke nahe liegend erscheint, dass diese Anastomosierung vielleicht nur in der Grenzlinie der Verbreitungsbezirke der einzelnen Nn. digitales collaterales stattfinden möchte; ziehen wir jedoch hierbei alle 4 Collateralnerven des Kleinfingers in Betracht, so erscheinen nach Durchschneidung von dreien derselben deren peripherie Enden sämmtlich sensibel, obwohl das Innervationsgebiet des unversehrten Nerven von dem des mittleren der drei Stümpfe durch die Bezirke der beiden anderen getrennt ist. Aus diesem Grunde kann das Phänomen nur so erklärt werden, dass jeder dieser vier Nerven Fasern enthält, welche anastomotisch mit Fasern aus dem Verbreitungsgebiet eines jeden der drei anderen zusammenhängen!

Wenn wir jetzt den Fall annehmen, dass die vier Nn. digitales verschiedenen Nervenstämmen angehören, die Volaräste z. B. dem Medianus, so wird zunächst betreffs der sensibilité dans le bout périphérique resp. der intacten Fasern ein Unterschied nicht zu bemerken sein: also auch hier enthält jeder der vier Fingernerven anastomosirende Fasern aus den drei anderen Bezirken. Nun haben wir aber bereits früher gefunden, dass die Fasern verschiedener Nervenstämmen nicht mit einander anastomosiren können, da die Sensibilität des peripheren Endes in einer bestimmten Durchschneidungshöhe verschwindet, während es andererseits sich doch um die Endzweige zweier getrennt nach dem Centrum zu verlaufender Nerven handelt; um diesen Zwiespalt zu lösen, durchschneiden wir zunächst den Stamm des Medianus in der eben besprochenen Höhe und schalten so sämmtliche direct mit dem Centrum in Verbindung stehende Fasern dieses Nerven aus: nach den im III. Abschnitt referirten Experimenten bleibt das Resultat bezüglich der Sensibilität des peripheren Endes der vier Nn. collaterales digitales unverändert dasselbe. Also auch hier sind es Fasern ein und desselben Nerven, welche unser Phänomen hervorrufen, deren Verlauf jedoch ein andersartiger sein muss, wie in dem vorigen Versuch. Bei diesem nämlich vereinigen sich sämmtliche Digitalnerven centralwärts zu einem einzigen Stamme, wodurch den in den einzelnen Aesten enthaltenen mit einander anastomosirenden Fasercomplexen gewissermassen ohne ihr eigenes Zuthun die Gelegenheit gegeben ist, gemeinschaftlich ihren Weiterverlauf nach den Centralorganen hin zu bewerkstelligen; deshalb verschwindet dann auch nach dieser Vereinigung das Phänomen der Sensibilität des peripheren Stumpfes, da sämmtliche mit einander anastomosirende Fasern zu gleicher Zeit durch die Section getroffen wurden. Sind jedoch die vier Digitalnerven nicht Aeste ein und desselben Stammes, wie in dem letztbesprochenen Experiment, so sind unsere Fasern, um zu dem Nerven, welcher die directen Fasern enthält, mit denen sie anastomotisch zusammenhängen, zu gelangen, gezwungen, diesen Weg sich selbstständig zu suchen! Recurriren wir nun hier wiederum auf die intacten Nervenfasern Arloing und Tripier's, so beobachten wir einmal, dass dieselben centralwärts stets an Anzahl abnehmen, bis die letztere meist schliesslich gleich Null wird und zweitens, dass diese intacten Fasern häufig in der Peripherie des Nerven, dicht unter dessen Scheide, angetroffen werden; da nun dieselben das durch die Section abgetrennte periphere Stück der anastomosirenden Nervenfasern darstellen, so beweist dieses doppelte Verhalten, dass diese Letzteren denjenigen Nervenstamm, mit dessen Fasern sie einen Theil

ihres Weges centralwärts gemeinschaftlich verlaufen, während dieser Strecke in allmälig steigender Zahl wieder verlassen, um zu dem Nerven, mit dessen directen Fasern sie zusammenhängen, hinzugelangen. Die descriptive Anatomie weiss allerdings bis jetzt nichts von diesen zwischen den einzelnen Nervenästen- und -Stämmen sich ausspannenden und dieselben verbindenden Fasern und Faserbündeln, was bei der geringen Menge der anastomosirenden Fasern, wie sie uns durch die mikroskopischen Untersuchungen der französischen Physiologen bekannt wurde, nicht zu verwundern ist; allein selbst bei einer vielfach grösseren Menge würden dieselben doch dem anatomischen Messer unzugänglich bleiben, indem sie ja nicht an bestimmten Punkten gesammelt sich herüber und hinüber spannen, sondern nur in mehr oder minder kleiner Anzahl als dünne Fädchen in verschiedener Höhe diesen Uebergang bewerkstelligen. Sind sämmtliche oder fast sämmtliche Fasern, welche mit den directen des Ulnaris (um bei unserem obigen Beispiel zu bleiben) anastomosiren und peripherwärts mit Medianusästen verliefen, zu ersterem zurückgekehrt, so wird eine oberhalb der betreffenden Stelle angelegte Section des Ulnaris das Phänomen der sensibilité dans le bout périphérique nicht mehr hervorrufen können, während unterhalb derselben die Reizung des peripheren Endes eine centrifugal verlaufende Erregung innerhalb der directen Fasern bis zu der anastomotischen Stelle hin verursacht, welche dann wieder centripetal abläuft innerhalb der zugehörigen anastomosirenden Fasern, die sich nun zu den Digitalästen des Medianus begeben, mit welchen sie zunächst eine Strecke centralwärts verlaufen, während sie sich später von dem Stamm desselben wieder abzweigen um zu dem N. ulnaris zu gelangen und mit demselben dem Centralorgane zuzustreben.

Um diesen für unsere Theorie von der „Collateral-Innervation der Haut“ höchst bedeutungsvollen Verlauf der anastomotischen Fasercomplexe aufzudecken und näher kennen zu lernen, mussten wir in Bezug auf das letzterörterte Experiment etwas schematisirend verfahren, da ja nicht blos der Ulnaris anastomosirende Fasern führt, sondern auch der Medianus, so dass in dem betrachteten peripheren Stück des letzteren zugleich auch intacte Nervenfasern enthalten sind, deren zugehörige anastomosirende Fasern wiederum eine Strecke weit innerhalb der Ulnaristrecke verlaufen; aber auch die Digitaläste des Radialis enthalten anastomotische Complexe, wie die Thierexperimente Arloing und Tripier's beweisen, so dass in den Endzweigen des Medianus auch dem Radialisgebiete angehörende anastomosirende Nervenfasern enthalten sein müssen. Auf diese Weise werden dann

die bei jedem einzelnen Versuche zu berücksichtigenden Verhältnisse ziemlich complicirt; um so einfacher gestalten sich dieselben jedoch, wenn es sich auf der einen Seite um die Aeste eines sensiblen und auf der anderen um einen motorischen Nerven handelt, wie dies z. B. betreffs der Nn. infraorbitalis und *facialis* der Fall ist. Die Untersuchungen unserer französischen Experimentatoren zeigen uns nämlich einmal, dass die Sensibilität des peripheren Endes des Infraorbitalis resp. die Anzahl der intacten Fasern innerhalb desselben in seinen Endverzweigungen am stärksten ist und dann centralwärts abnimmt, ohne jedoch bei seinem Eintritt in den Unteraugenöhnlencanal völlig zu verschwinden, zweitens aber zeigen sie uns die ganz gleichen Verhältnisse in Bezug auf den *Facialis*: die intacten Fasern, in der Peripherie verhältnissmässig sehr zahlreich, vermindern sich rasch, sind jedoch noch ziemlich weit centralwärts aufzufinden, wenn auch nicht mit gleicher Sicherheit ein Eindringen derselben in den knöcheren Schädelcanal zu constatiren ist, wie dies bei dem Infraorbitalis der Fall zu sein scheint; auch intermediäre Stücke des *Facialis* können intacte Fasern enthalten. Hiernach erklärt sich das bisher so räthselhafte Empfindungsvermögen des peripheren Endes der *Facialis*äste sehr einfach dahin, dass der Infraorbitalis anastomotische Fasercomplexe enthält, deren directe Fasern allein in diesem Nerven verlaufen, während die mit ihnen anastomosirenden Nervenfasern den peripheren Theil ihres Weges gemeinschaftlich mit dem *Facialis* zurücklegen, um dann erst sich mit ersterem Nervenstamme zu vereinigen. Der anatomische Verlauf beider Nerven begünstigt in hohem Masse ein solches Verhältniss, indem sich die beiderseitigen Fasern vielfach durchkreuzen und häufig makroskopische Schlingen mit einander bilden; die grosse Mehrzahl der anastomosirenden Fasern kehrt jedoch schon sehr bald zurück, weshalb die sensibilité dans le bout périphérique bei beiden Nerven in einer gewissen Entfernung von der Peripherie bedeutend abgeschwächt erscheint, bei dem *Facialis*, weil weniger anastomosirende sensible Fasern durch die Section getroffen, bei dem Infraorbitalis, weil die anastomosirenden zugleich mit den directen Nervenfasern durchschnitten und vom Centrum abgetrennt werden. Anastomosirende Fasern von dem letzteren Nerven können sich auch den *Facialis*zweigen während des weiteren Verlaufs derselben zugesellen, so dass selbst intermediäre Stücke die Sensibilität des peripheren Endes aufzuweisen vermögen. Weiter centralwärts kehren die anastomosirenden Nervenfasern in einer steigenden Anzahl zu dem Infraorbitalis zurück, ohne dass sie bei dessen Eintritt in den Knochenkanal sich schon vollzählig zusammengefunden hätten; wahrscheinlich

geht ein Theil mit dem Facialis in das Foramen stylomastoideum hinein, um erst später durch die Vermittelung der verschiedenen Ganglien der Gehirnnerven und deren Wurzeln zu dem Stamme des Trigeminus hinzugelangen.

(Solcher möglichen Verbindungswege hat eine ganze Anzahl z. B. Erb\*) für die Geschmacksfasern aus dem N. lingualis angegeben, welche in die Chorda und mit dieser in den Facialis übergehen, um von diesem dann wieder in den Trigeminus zurückzukehren.)

Auf gleiche Art verhalten sich natürlich sämmtliche Nerven, bei welchen die Sensibilität des peripheren Endes nachgewiesen wurde (mit wenigen bereits oben näher charakterisierten Ausnahmen), weshalb wir auf dieses Phänomen jetzt wohl kaum noch weiter einzugehen brauchen. —

So haben wir nun die Existenz factischer Anastomosirung sensibler, ein und demselben Nervenstamm angehöriger Fasern im Bezirk gewisser Hautgebiete und zwar mit Hülfe des Symptomes der sensibilité dans le bout périphérique nachgewiesen und wird es sich daher jetzt um die Frage handeln, in wie weit denn diese Anastomosirung resp. das obige die letztere beweisende Symptom die Grundlage für unsere Theorie der Collateralinnervation der Haut abzugeben im Stande ist.

Zunächst ist es allerdings selbstverständlich, dass ein Hautpunkt, an welchem ein mit zwei oder mehreren anastomosirenden Fasern versehener sensibler Endapparat liegt, für den Fall, dass einer dieser letzteren je einen verschiedenen Weg einschlagenden Nervenfasern durch ein Trauma leitungsunfähig werden sollte, vor der Anästhesie geschützt sein würde; allein hierdurch wäre immer noch nicht die Persistenz der Sensibilität ganzer grosser Nervengebiete erklärt, da ja die Anzahl der mit einander anastomosirenden Fasern und damit der von ihnen versorgten Hautstellen nach dem Resultate der mikroskopischen Untersuchungen der beiden französischen Forscher nur als eine verhältnissmässig höchst unbedeutende bezeichnet zu werden vermag. Hierzu kommt nun noch etwas Weiteres, nämlich die Thatsache, dass die Sensibilität des peripheren Endes bei einer gewissen Durchschneidungshöhe nicht mehr in Erscheinung tritt, während die Persistenz des Empfindungsvermögens der Haut auch bei noch höher angelegter Section zur Beobachtung gelangt und dieselbe sich so nach den bekannten Thierexperimenten unabhängig von der Durchschneidungsstelle erweist.

---

\*) l. c. p. 217.

Die sensibilité dans le bout périphérique verschwindet offenbar in dem Moment, in welchem die sämmtlichen anastomotischen Fasern entweder, insofern ihre periphere Endigung im Verbreitungsgebiete eines andern Nerven liegt, den durchschnittenen Stamm bereits wieder verlassen hatten, oder, insofern sie dem eigenen Verbreitungsgebiete dieses angehören, bereits wieder zu demselben zurückgekehrt waren und mit ihm zugleich durchschnitten worden sind. Aber will man selbst auch zugeben, dass noch oberhalb dieser Stelle anastomotische Fasern vorkämen, deren Zahl nur zu gering sei, um bei einer eventuellen Section und Reizung Empfindung des peripheren Endes auszulösen oder um sie bei der mikroskopischen Untersuchung intact im peripheren degenerirten Stumpfe auffinden zu können — was als möglich und sogar wahrscheinlich zugestanden werden muss — so liegt ja auch gerade hierin wieder, in der geringen Zahl dieser vermuteten, ebenso wie der nachgewiesenen anastomotischen Fasern die Unmöglichkeit, die Persistenz des Empfindungsvermögens der Haut allein mit Hülfe dieser erklären zu wollen.

Und dennoch haben wir durch unsere bisherigen Untersuchungen die Basis für die Erklärung der letzteren Thatsache, die Grundlage für unsere Theorie der „Collateralinnervation der Haut“ geschaffen!

Wir meinen hiermit die eigenthümliche Verlaufsweise der anastomotischen Fasercomplexe, die wir entdeckt und auf den vorigen Seiten beschrieben haben, dass nämlich demselben Zweige oder Aste, demselben Nervenstamme zugehörige Fasern einem benachbarten Nerven oder Nervenaste sich zugesellen, mit diesem eine Strecke centralwärts verlaufen und von diesem wieder sich schliesslich zurück zu dem ersten Nerven begeben, zu dessen Verbreitungsgebiet sie gehören, um dann ihren Endlauf zum Centrum mit dessen sämmtlichen Fasern gemeinschaftlich zu vollenden.

Die Tour, die diese „Collateralfasern“, wie wir sie nennen wollen, beschreiben, ist nun verschieden lang; die einen kehren früher zu ihrem ursprünglichen Nerven zurück, die andern später; erkennen lässt sich alles dies nur dadurch, dass diese „Collateralfasern“ mit Fasern ihres ursprünglichen Nerven anastomotisch zusammenhängen, wodurch bei wechselweiser Durchschneidung jedesmal beiderseits der Zusammenhang mit dem Centrum ungestört erhalten bleibt.

Wäre diese Anastomosierung nicht vorhanden, so würden wir in keiner Weise im Stande gewesen sein, den eigenthümlichen Verlauf der „Collateralfasern“ zu erkennen; da nun die erstere hier gewissermassen blos ein diagnostisches Hülfsmittel darstellt, welchem an sich wohl kaum irgend eine höhere physiologische Bedeutung zugesprochen

zu werden vermag, so ist es eine wohlauftuwerfende Frage, ob denn nicht solcher „Collateralfasern“ noch mehr existiren, welche mit keinen weiteren Nervenfasern durch Anastomosen verbunden sind und ob dann durch diese vielleicht eine Aufklärung des uns beschäftigenden Phänomens ermöglicht wird.

Nachdem einmal die Existenz anastomosirender „Collateralfasern“ mit ihrem specifischen Verlauf zur Evidenz erwiesen, wird auch gegen die Annahme derartig verlaufender Nervenfasern ohne Anastomosierung nichts eingewendet werden können; dieselben müssten allerdings um ein Bedeutendes zahlreicher sein, als die Fasern, welche wir mit Hülfe der sensibilité dans le bout périphérique nachgewiesen haben, damit auch die Möglichkeit gegeben ist, dass sie ganze Hautgebiete mit Sensibilität zu versehen im Stande sind und müssten dieselben weiter, zu einem grossen Theile wenigstens, ihre Rückkehr zu dem directen Stamme erst centralwärts von jenem Punkte vollziehen, an welchem obiges Symptom verschwindet. Das letztere Verhalten ist deshalb anzunehmen, weil die Persistenz der Hautsensibilität noch nach hochangelegten Sectionen zur Beobachtung gelangt, bei welchen der peripherie Stumpf sich nicht mehr sensibel erweist; es ist aber auch zu gleicher Zeit durch die bedeutend gesteigerte Anzahl der nicht anastomosirenden Collateralfasern gegenüber den anastomotischen Fasercomplexen auf das Einfachste zu erklären.

Freilich ist so ohne Weiteres unser Phänomen von der Persistenz des Empfindungsvermögens der Haut nach Durchtrennung der zugehörigen sensiblen Nerven durch die Annahme der Existenz solcher Collateralfasern noch nicht vollständig aufgeklärt! Einmal nämlich müsste eine völlig gleichmässige und allgemeine Innervation der betreffenden Sensibilitätsbezirke mittelst der Collateralfasern supponirt werden und dann wäre noch zu fragen, durch welche Verhältnisse einer Abschwächung der Sensibilität nach Ausfall der directen oder der Collateralfasern vorgebeugt würde; denn wenn auch bei Voraussetzung der fast unmittelbaren Nähe der resp. Endigungen der betreffenden Nervenfasern eine Beeinträchtigung der Localisation der Reizempfindung gemäss der schon vielfach besprochenen physiologischen Thatsachen nicht einzutreten braucht, so scheint doch von vorn herein mit dem Ausfall von sensiblen Fasern, d. h. also auch deren peripherer und centraler Nervenendorgane eine allgemeine Abschwächung des Empfindungsvermögens nothwendig verbunden zu sein.

Um auf diese Fragen näher eingehen zu können, müssen wir daher zunächst die Art der peripheren Nervenausbreitung und der

Nervenendigung in der Haut des Menschen einer näheren Betrachtung unterziehen, wobei wir uns im Wesentlichen an die vorzügliche Darstellung W. Krause's\*) halten.

Nachdem sich die Nerven, am Ende ihrer Bahn angelangt, in kleine Nervenstämmchen aufgelöst haben, gehen aus diesen bekanntlich wiederum feinere Aeste hervor, welche durchschnittlich 3 bis 6 Nervenfasern enthalten und sich im gegenseitigen Faseraustausch befinden, wodurch ein dichter, gerade unterhalb des Papillarkörpers sich lang hinstreckender Plexus entsteht. In diesem Geflecht finden nun überaus zahlreiche Theilungen statt, durch welche die Faserzahl zumeist verdoppelt wird, dann aber auch bis verfünffacht zu werden vermag, wobei wiederum ein bedeutender Austausch geschieht, indem „der eine der Aeste oft bei dem Stämmchen der Stammfaser bleibt, während der andere sich an ein anderes Stämmchen anlegt“, so dass „die Endäste der Regel nach durcheinander geschoben sind: die Verbreitungsbezirke einander interferiren“. Senkrecht gegen die Hautoberfläche steigen nun aus diesem Plexus die Fasern, die sich auf diesem Wege häufig wiederum zu theilen pflegen, auf zu den Tastkörperchen, welche gewöhnlich zwei, dann aber auch 1—4 solcher Nervenendäste erhalten, welche letzteren meist aus der Theilung verschiedener Fasern hervorgegangen sind, so dass also ein Tastkörperchen gewöhnlich von den Abkömmlingen mehrerer ursprünglicher Nervenfasern versorgt wird, während dagegen die verschiedenen Aeste derselben Faser auch zu verschiedenen Tastkörperchen verlaufen können.

Drei Thatsachen sind es nun, welche bei dieser Darstellung uns interessiren: Zunächst die Theilungen der sensiblen Nervenfasern an ihrem äussersten peripheren Ende, kurz vor ihrem Eintritt in die Endapparate; während wir bisher nur stets von einer directen ungetheilten Verbindung dieser mit dem Centrum durch die Nervenfaser als einfachen Leitungsdraht gesprochen und das Gesetz der isolirten Leitung hierauf bezogen hatten, scheint diese neue anatomische That-sache dem Letzteren in einem gewissen Sinne zu widersprechen. Indessen haben wir bereits mehrfach gesehen, dass dieses Gesetz eine weitere Ausdehnung zulässt, als sie die directe Verbindung zweier Punkte mit einander darstellt und dass auch derartige Faserspaltungen, wenn sie nur selbst wieder isolirt sind und sich nicht im Zusammenhang mit weiteren Fasern befinden, sich mit unserem physiologischen Postulate vereinigen lassen; freilich muss hierbei festge-

---

\*) Allgemeine und mikroskopische Anatomie W. Krause. 1876. p. 509.

halten werden, dass von den verschiedenen Tastkörperchen aus, welche von derartigen Endästen einer sensiblen Nervenfaser versorgt werden, nur eine einzige einheitliche Empfindung dem Centrum durch diese Faser übermittelt zu werden vermag, da die Annahme, dass die einzelnen Aeste, die dann auch in dem Axencylinder des noch ungetheilten Nerven präformirt enthalten und isolirt neben einander liegen müssten, einer isolirten Leitung fähig seien, zu weitgreifend erscheint und durch Nichts gefordert wird. Im Gegentheile steht gerade die Unmöglichkeit, auf einen Punkt zu localisiren, hiermit in Widerspruch, während die Bildung von mehr oder minder grossen Tastkreisen nothwendig wird und zum Theil sich auch erklärt, wenn man annimmt, dass eine Reihe von Tastkörperchen stets gewissermassen festgelegt ist.

Als weiterer Punkt tritt uns die Thatsache entgegen, dass die einzelnen Tastkörperchen von mehreren verschiedenen Nervenfasern versorgt werden, in der Weise, dass die zwei oder mehr Aeste, welche zu ihnen herantreten, meist auch von zwei oder mehr verschiedenen Fasern stammen. Es stellt dies also eine doppelte resp. mehrfache Innervation der Tastkörperchen und mithin der betr. Hautpartien mittelst sensibler Nervenfasern vor; dass nun die verschiedenen Fasern etwa verschiedene Function besässen, vielleicht für die verschiedenen Categorien der Tastempfindung bestimmt wären, ist anzunehmen unmöglich, da ja der periphere Nerv nur die Aufgabe der Leitung hat und die Art der Reizempfindung, welche er fortpflanzt, nur von seiner anatomischen Verknüpfung mit den centralen und peripheren Nervenendorganen abhängig ist. Zunächst müssten also bei einer solchen Annahme die verschiedenen Fasern auch verschiedene centrale Endigungspunkte haben, da ja blos die Reizung dieser (direct oder durch Zuleitung einer Erregung von Seiten der mit ihnen verbundenen Nervenfasern) dem Bewusstsein den Eindruck einer specifischen Empfindung macht; aber nicht allein dies, sondern es müsste auch angenommen werden, dass die verschiedenen Fasern ebenso mit streng geschiedenen Theilen der Tastkörperchen verbunden wären, dass gewissermassen ein Tastkörperchen mehrere functionell verschiedene Nervenendorgane enthielte, eine Hypothese, die selbstverständlich jeder Basis entbehrt. Dass aber für den Fall einer verschiedenen Function unserer Fasern die Forderung getrennter Endorgane zu Recht bestände, lässt sich allein schon z. B. daraus ersehen, dass in Bezug auf den Druck- und den Temperatursinn die Belastung der Haut mit einem schweren Körper nicht zugleich eine intensive Temperaturempfindung und umgekehrt auszulösen

braucht, was jedoch bei einer doppelten Benutzung desselben peripheren Endorganes nothwendig wäre, da ja hier nicht die specifische Art des Reizes, sondern nur die jedesmalige Reizgrösse von Einfluss sein würde.

So wäre denn nun auch dieser eventuell mögliche Einwand gegen die oben aufgestellte Behauptung der doppelten resp. mehrfachen Innervation der Tastkörperchen mittelst gleichartiger sensibler Nervenfasern vollständig widerlegt, zugleich aber auch sind mit dieser Anerkennung der Thatsache der mehrfachen sensiblen Innervation die oben erwähnten Bedenken beseitigt, welche sich der Erklärung des Phänomens der Persistenz des Empfindungsvermögens der Haut nach der Durchschneidung eines sensiblen oder gemischten Nerven durch die Annahme des Bestehens nicht anastomosirender „Collateralfasern“ noch entgegenzustellen schienen. Neben der Nothwendigkeit der Existenz einer völlig gleichmässigen und allgemeinen Innervation der Haut mittelst dieser Collateralfasern hatten wir noch die Aufklärung zu geben, warum nach Durchschneidung, d. h. also nach dem Ausfall einer Anzahl sensibler Fasern keine Abschwächung der Sensibilität zu erfolgen brauche; stellen aber die mehrfachen Nervenfasern eines Tastkörperchens die terminalen Endigungen einerseits der directen sensiblen Fasern und andererseits die der Collateralfasern vor, so würde bei Unterbrechung der Leitung der directen oder einer oder mehrerer der Collateralfasern das peripherie Nervenendorgan in seiner Function vollständig unbeeinträchtigt bleiben können, so lange es nur wenigstens durch eine intacte Faser mit dem Centrum in Verbindung steht. Zu gleicher Zeit ist dadurch, dass sich sämmtliche Tastkörperchen der in Betracht kommenden Hautpartien in völlig gleicher Weise verhalten, eine ebenso gleichmässige Vertheilung der Collateralfasern gewährleistet.

Aber auch die Entstehung und Bedeutung des Nervenendplexus und die Thatsache der Interferenz der Fasern desselben und ihrer Aeste erklärt sich sehr einfach, wenn eben die mehrfachen Fasern, welche ein Tastkörperchen innerviren, als die letzten Enden der directen und der Collateralfasern angesprochen werden. Die Collateral-Innervation verlangt eine möglichste Divergenz der einzelnen Fasern, welche sich den verschiedensten, manchmal weit von einander entfernt verlaufenden Nerven zugesellen sollen; indem nun diese Divergenz aufänglich wohl bei den meisten Collateralfasern ungefähr denselben Grad innehält, müssen natürlich die den einander benachbarten Tastkörperchen entstammenden Fasern sehr bald nach ihrem Ursprung zusammenstoßen und entsteht dann dadurch, dass sie in derselben Ebene, in

welcher dieses Zusammentreffen stattfindet, ihre Divergenz zu vergrössern suchen, ein Geflecht von fortwährend sich austauschenden und umwechselnden Fasern: der Nervenendplexus. Aus diesem steigen nun die kleinsten Nervenstämmchen centralwärts empor; richtet man aber von denselben aus den Blick peripherwärts, so muss durch die beschriebene Divergenz der Collateralfasern vollständig das Ansehen einer Interferenz der diese Nervenstämmchen zusammensetzenden Nervenfasern entstehen!

Aber auch die Art der centralen Endigung der Collateralfasern müssen wir einer Betrachtung unterziehen, da es sich ja hier nicht blos um die Thatsache einer mehrfachen Innervation ein und derselben Hautfläche handelt, deren verschiedene sensible Nerven nun auch centralwärts verschiedene Bahnen einschlagen; würde es sich allein hierum handeln, so müsste ein solcher Hautbezirk nach der Section eines der zugehörigen Nerven bezüglich seines Empfindungsvermögens stets und immer vollständige Integrität zeigen, weil eine selbstständige centrale Endigung der noch intacten Nerven nothwendig zu supponiren wäre. Thatsächlich sehen wir jedoch, dass die Sensibilität, welche wir nach Nervenverletzungen in dem betreffenden Hautgebiet beobachten, ohne dass dieselbe auf eine Regeneration des Nerven zu beziehen ist, meist in unvollständiger, wechselnder und schwankender Weise sich zeigt, welch letzterer Umstand sich offenbar nur mit den centralen Verknüpfungen der Collateralfasern in Zusammenhang bringen lässt; bei der näheren Untersuchung dieser Verhältnisse werden wir zu gleicher Zeit weitere Stützen finden für unsere Annahme der Rückkehr der Collateralfasern zu dem Stamme, in welchem die bisher von uns sogenannten directen Fasern verlaufen, welche Rückkehr wir ja allein bei den anastomosirenden Collateralfasern zu beobachten und nachzuweisen vermögen.

Bei der Betrachtungsweise, welche wir von Anfang an dem uns hier vorliegenden physiologischen Problem gegenüber innegehalten haben, bedarf es keiner weiteren Erörterung, dass wir diese Rückkehr nicht derart aufgefasst haben wollen, als ob nun eine sofortige Vereinigung, eine Verschmelzung der zu demselben Complexe gehörigen Collateralfasern mit einander innerhalb des peripheren Nervenstamms zu Stande käme, sondern die letzteren liegen nur in dieselbe Bindegewebsscheide eingeschlossen als isolirte Fasern neben einander, um so zu einem Bündel vereinigt centralwärts zusammen weiter zu verlaufen. Wenn dem nicht so wäre, so müsste ja die Faseranzahl der peripheren Nerven centralwärts eine geringere sein, als peripherwärts, was jedoch während ihres ganzen Verlaufs bis zu den Spinalganglien

hin nicht der Fall ist; hier allerdings ändert sich die Sachlage, da die centralen Ausläufer derselben, die sensiblen hinteren Rückenmarks-wurzeln bekanntlich bedeutend weniger Fasern enthalten, als von der Peripherie her in die Ganglien eintreten. Es liegt daher nun die Frage sehr nahe, ob diese Faserverminderung mit unserer Collateral-Innervation in Zusammenhang steht, mit anderen Worten, ob eine factische Verschmelzung der zu einander gehörenden Collateralfasern innerhalb der Spinalganglien stattfindet und so die geringere Faseranzahl der hinteren Wurzeln bedingt. Um diese wichtige Frage entscheiden zu können, müssen wir uns erst einen Augenblick mit den anatomischen und physiologischen Verhältnissen der Intervertebralganglien (resp. der analogen Gebilde des Ganglion Gasseri u. s. w.) beschäftigen.

Anatomisch ist ausser dieser Differenz der Anzahl der ein- und austretenden Nervenfasern als sicher nur noch anzugeben, dass „sich die Bündel der hinteren Wurzeln, zunächst pinsel förmig ausstrahlend, in einen engmaschigen Plexus auflösen, worin Ganglienzellen eingebettet liegen“ (\*). Welcher Art diese Ganglienzellen nun sind und in welchem Verhältnisse sie zu den Fasern stehen, ob sie apolar und den letzteren blos juxtaponiert, ob sie unipolar sind und die Ursprünge peripherwärts austretender Nervenfasern bilden, ob sie als bipolare Zellen durch die gleiche letztere Eigenschaft die Vermehrung der austretenden Faserzahl bedingen oder blos in den Verlauf der durch das Spinalganglion hindurchgehenden sensiblen Nervenfasern eingeschaltet sind, ob sie endlich als multipolare Zellen central mit einer Faser aus den hinteren Wurzeln und peripher mit zwei oder mehreren sensiblen Fasern zusammenhängen — das sind Fragen, welche bei der relativen Unvollkommenheit unserer jetzigen Untersuchungsmethoden anatomisch nicht mit Sicherheit zu entscheiden sind und von den verschiedenen Forschern verschieden beantwortet werden, so dass wir auch hier wiederum genötigt sind, uns an die Physiologie zu wenden.

Betreffs der Annahme apolarer Zellen kann man mit J. Müller\*\*) sagen: „Die Vorstellung von einem blassen Einlagern der Ganglienkugeln zwischen die Nervenfäden als Belegungsmassen ist für die Nervenphysik unbefriedigend. Der Verstand postulirt einen tieferen Zusammenhang“. „Betrachtet man dagegen die Zellen als unipolar (resp. bipolar mit zwei peripheren Ausläufern), so würden die spinalen in eine Reihe mit den sympathischen Ganglien treten und wahr-

\*) Krause p. 471.

\*\*) Citirt nach Frey's Histologie I. p. 382.

scheinlich Gefässnerven den Ursprung geben“\*). Da für die Aufstellung einer solchen Doppelgarnitur von sympathischen Ganglien nun aber ein weiteres Motiv nicht da zu sein scheint, so ist es wohl das Nächstliegende mit R. Wagner anzunehmen, „dass in den Spinalganglien eine jede sensible Nervenfaser durch eine eingeschaltete Ganglienzelle unterbrochen werde“\*\*). Hierfür liegt nun auch ein zwingender physiologischer Grund vor, indem bekanntlich die Spinalganglien die trophischen Centra der sensiblen Nerven darstellen, da nach Waller’s Untersuchungen\*\*\*) „die sensiblen Nerven nicht im peripheren, sondern im centralen Abschnitt degeneriren, wenn man die hinteren Spinalwurzeln zwischen Rückenmark und Ganglion durchschneidet“. Ein solcher Einfluss kann aber im Sinne der oben angeführten Bemerkung J. Müller’s von den Ganglienzellen auf die einzelnen Fasern nur bei einem innigen, factischen Zusammenhang ausgeübt werden, d. h. also: in den Verlauf einer jeden sensiblen Faser muss eine Zelle eingeschaltet sein!

Wenn dem nun so ist — und es wird sich dagegen kaum etwas einwenden lassen — so liegt wohl auch, da das Vorhandensein multipolarer Zellen von einer Reihe von Forschern anerkannt ist, der Gedanke sehr nahe, die Frage nach der Ursache der Vermehrung der peripher austretenden Fasern mit diesen multipolaren Ganglienzellen in Verbindung zu setzen, deren peripherie Fortsätze dann dieselben darstellen, während sie nur einen einzigen centralen Fortsatz, die hintere Wurzelsaser besitzen†). Obwohl allerdings ein genauer Nachweis eines derartigen Verhaltens zur Zeit nicht geführt werden kann, so halten wir dies doch für keinen entgegenstehenden Grund, um so weniger, da die einzige mögliche weitere Annahme, dass nämlich in das Geflecht der durch blos bipolare Zellen regelmässig unterbrochenen sensiblen Nervenfasern nun andersartige Ganglienkugeln eingelagert wären, die trophischen resp. vasomotorischen, die Vermehrung der peripher austretenden Faserzahl bewirkenden Nervenfasern zum Ursprung dienten, von vorne herein nur eine um Vieles geringere Wahrscheinlichkeit für sich hat. Früher allerdings hielt man sich durch gewisse pathologische Beobachtungen für berechtigt, die intervertebralen auf diese Weise als den sympathischen Ganglien gleichwertig zu betrachten, da sie, resp. das Ganglion Gasseri, in einzelnen

\* ) Krause l. c. p. 478.

\*\*) Krause ibid.

\*\*\*) Munk l. c. p. 360.

† ) Krause ibid.

Fällen von bestimmten Trophoneurosen bei der Autopsie als Sitz der Krankheit erkannt wurden; in neuerer Zeit hat man aber, besonders was den Herpes zoster anbelangt, gefunden, dass die erkrankte Stelle ebenso wohl peripher, wie central von dem Ganglion, wie auch innerhalb des letzteren sich befinden kann, „dass eine Erkrankung im Bereich des Nerven, an seinem Ursprung oder im Spinalganglion oder in seinem weiteren Verlaufe die Ursache des Zoster ist“\*). Aehnlich verhält sich der Trigeminus und sein Ganglion zu der neuroparalytischen Keratitis, da der Krankheitsherd mehrfach bereits als oberhalb dieses letzteren sitzend gefunden wurde\*\*). Es ist daher der Ausgangspunkt des Leidens häufig „in centralwärts gelegenen Stellen des trophischen Faserverlaufs, im Rückenmark oder im Gehirn zu suchen“\*\*\*). Streicht nun demnach eine grössere Menge der in Frage stehenden Nervenfasern durch das Ganglion hindurch, so liegt zu der Annahme, dass dasselbe die Ursprungsstätte einer weiteren Anzahl solcher Fasern darstelle, irgend eine Ursache nicht mehr vor, so dass wir nunmehr die beregte Faservermehrung allein auf Rechnung der sensiblen Sphäre setzen dürfen, deren zugehörige vom Centrum aus eintretende Nervenfasern nach den Waller'schen Untersuchungen ja so wie so innerhalb der Intervertebralganglien durch Zellenkugeln unterbrochen sein müssen, wobei noch der Umstand in Betracht zu ziehen ist, dass die letzteren allein mit den hinteren Wurzeln in Verbindung stehen, während die vorderen motorischen Rückenmarkswurzeln an deren Bildung sich nicht im Geringsten betheiligen.

Wird in dieser Weise eine von der Peripherie auf verschiedenen Bahnen herkommende sensible Erregung mittelst der multipolaren Ganglienzellen auf eine einzige centralwärts verlaufende Bahn gelenkt, so ist es klar, dass gemäss der oft erwähnten physiologischen That-sache der localisierten Empfindungsfähigkeit und der durch diese geforderten Verhältnisse des peripheren Nervensystems, die diese Bahnen darstellenden Fasern mit denselben oder wenigstens allernächst einander benachbarten sensiblen Nervenendapparaten zusammenhängen müssen, dass es, um es kurz zu sagen, Collateralfasern sind, die in den Spinalganglien mit einander (resp. mit den bisher als „directen“ bezeichneten Fasern) verschmelzen; in der hierdurch nunmehr

\*) Kaposi, Pathologie und Therapie der Hautkrankh. 1880. p. 311.

\*\*) Ein Fall von Trigeminusaffection. Beitrag zur Kenntniß von der neuroparalytischen Ophthalmie etc. von H. Senator. Dieses Archiv 1882. XIII. 3. p. 599.

\*\*\*) Eulenburg l. c. I. p. 336.

gehobenen Schwierigkeit, die Vereinigung verschiedener sensibler Fasern zu einer einzigen mit dem Gesetze der isolirten Leitung u. s. w. in Einklang zu bringen, lag wohl bisher der Hauptgrund die Spinalganglien, die jetzt als Organe der Collateral-Innervation der Haut zu betrachten sind, mit den sympathischen Ganglien zusammenzuwerfen. So ist auch die trophische Wirkung der Spinalknotenzellen auf die mit ihnen zusammenhängenden Fasern nur als eine physiologische Eigenschaft derselben und nicht als ihre physiologische Aufgabe aufzufassen.

Das Schema der Collateral-Innervation wird sich nun, wenn wir dem bisherigen Gange unserer Untersuchung entgegen vom Centrum ausgehen, folgendermassen gestalten: Die als hintere Wurzel aus dem Rückenmark austretenden sensiblen Fasern vermehren sich innerhalb der Intervertebralganglien mit Hülfe multipolarer Zellen; die so entstehenden „Collateralfasern“ schlagen innerhalb der grossen Nervengeflechte nicht nur, sondern auch innerhalb der als langhingestreckte Plexus zu betrachtenden, anatomisch einzeln beschriebenen und benannten Nervenstämmen verschiedene, anfänglich stark divergirende Wege ein, um in der Nähe der Peripherie wieder convergent zu werden und unter mehrfacher Theilung der letzten Endigungen sich in ein und dieselben oder doch wenigstens direct einander benachbarten sensiblen Nervenendapparate einzusenken. Es wird nun kaum Wunder nehmen können, dass, da die Spinalganglien bei den Wirbeltieren eine weit verbreitete Erscheinung bilden, dieses Schema in Wirklichkeit vielfachen Veränderungen unterworfen ist, indem es den Anschein hat, als ob durch die „Collateral Innervation“ jedes Mal denjenigen Hautpartien, welche durch den Besitz eines hervorragenden Empfindungsvermögens sich auszeichnen, ein besonderer Schutz gegen den eventuellen Verlust dieser Sensibilität geschaffen wäre. Beschränken wir uns bei unserer jetzigen Betrachtung nur auf den Menschen und die zu den bezüglichen Experimenten benutzten Säugetiere, so muss uns zunächst auffallen, dass wir einmal für einzelne Hautgebiete, die der Finger z. B., die Existenz einer grösseren Zahl von (bis zu mindestens vier) Collateralfasern supponiren müssen, obwohl die Faseranzahl peripherwärts von den Intervertebralganglien sicherlich noch lange nicht das Doppelte der vom Centrum aus in die letzteren eintretenden Wurzelfasermenge beträgt (genauere Zahlenangaben standen mir leider nicht zu Gebote), und dass die die Haut des Rumpfes versorgenden Nerven nach den Untersuchungen Türck's „ausschliessende“ Bezirke darstellen, also keine Collateral-Innervation

zu besitzen scheinen, obwohl doch auch sie mit Spinalganglien versen-  
sen sind.

Was den ersten Punkt betrifft, so ist zu beachten, dass es ja wesentlich nur eng begrenzte Gebiete, der Hauptsache nach das des Trigeminus und der Extremitätenspitzen, sind, in welchen das Phäno-  
men der Persistenz der Sensibilität beobachtet wurde, dass also die ganze Hautoberfläche der oberen Extremität z. B. nur mit Ausnahme der Hand und der Finger einer Collateral-Innervation beinahe voll-  
ständig zu entbehren scheint. Diese ganze grosse Hautfläche würde demnach von einfachen sensiblen Nervenfasern versorgt sein, welche durch das Spinalganglion hindurch verlaufen, indem sie innerhalb desselben blos mit bipolaren Ganglienzellen in Verbindung treten (die letztere Annahme ist nach der Waller'schen Theorie, dass die Spinalganglien zugleich die trophischen Centra der sensiblen Nerven darstellen, absolut nicht zu umgehen); jedenfalls wird nun dadurch, dass der weitaus grösste Theil des Hautgebietes der oberen Extremität des Schutzes der Collateral-Innervation völlig bar ist, die nicht allzu grosse Vermehrung der den Spinalganglien entspringenden Nervenfasern in ausreichender Weise erklärt sein. Bezuglich des zweiten Punktes ist vor allen Dingen die anatomische Thatsache hervor-  
zuheben, dass die Nerven des Rückens und der Brust „ohne Verbin-  
dungen mit einander einzugehen und ohne Geflechtbildung, vollständig getrennt und nahezu parallel mit einander an den Körperwandungen her verlaufen, wodurch sie sich von allen übrigen Rückenmarksnerven unterscheiden“(\*). Durch dieses Verhalten erscheint die Entstehung einer vollständigen Anästhesie in dem Verbreitungsgebiet eines solchen Nerven nach dessen Durchschneidung absolut nothwendig, da ja die etwa vorhandenen Collateralfasern bei den Intercostalnerven bis fast an ihren peripheren Endigungspunkt hin in dem gemeinschaftlichen Stamme vereinigt bleiben müssen; vielleicht auch, dass die Nerven des Rumpfes beim Menschen und unseren Versuchsthieren innerhalb der Spinalganglien nur durch bipolare Zellen unterbrochen sind, ein Verhältniss, das im Hinblick darauf, dass die ersteren eine Eigenthümlichkeit vielleicht der gesammten Wirbelthiergruppe darstellen, kaum auffallen dürfte, da die Collateral-Innervation wohl nur jedes Mal in denjenigen Hautgebieten besonders entwickelt auftritt, deren Sensibilität zur besseren Erhaltung des betreffenden Organismus eines grösseren Schutzes bedarf.

\*) Quain-Hoffmann l. c. p. 1270.

Hierhin gehört auch offenbar zum Theil wenigstens der Unterschied, welcher in der Persistenz der Sensibilität nach Nervenverletzungen an den oberen und unteren Extremitäten, resp. den Spitzen derselben, beim Menschen beobachtet wird; denn während den Collateralfasern, welche die Haut der Finger und Hände innerviren durch die vielen längs der Oberextremität verlaufenden Nerven Gelegenheit gegeben ist, möglichst weit von einander zu divergiren, so dass im Falle der Verletzung des einen oder des anderen derselben die sich an die übrig bleibenden Nerven anlehnenden Collateralfasern doch noch die Hautsensibilität zu vermitteln im Stande sind, sammelt umgekehrt ein mächtiger Stamm die Hauptquellen des Empfindungsvermögens von Unterschenkel und Fuss, mit dessen Section dann auch die Collateralfasern mehr oder minder sämmtlich durchschnitten werden müssen.

Wenn wir so sehen, dass eine Reihe von anatomischen Bedingungen erfüllt sein muss, wenn durch die Collateral-Innervation der Haut, deren Schema wir oben vorgeführt haben, die Persistenz der Sensibilität nach Nervenverletzungen in ausreichender Weise bewirkt werden und garantirt bleiben soll, so tritt, beim Menschen wenigstens, noch eine physiologische Thatsache hinzu, welche häufig die Wirkung der Collateral-Innervation mehr oder minder vollständig illusorisch zu machen scheint. Wir meinen hiermit die Thatsache, dass die nach Nervendurchschneidungen sich zeigende Sensibilität, welche nur auf factisch existirende und unversehrte Collateralbahnen zu beziehen ist, meist blos unvollständig beobachtet wird, mit völliger Anästhesie abwechselnd in ihrer Intensität bald zeitenweise schwankt, bald auch in einzelnen Fällen gar nicht in Erscheinung tritt. Selbstverständlich kann dieses Verhalten nur zu den Centralorganen der Collateral-Innervation in Beziehung gebracht werden, da die einmal präformirten Collateralbahnen selbst zu jeder Zeit für die sensible Nervenleitung durchgängig sein und bleiben müssen; die Ursache dieser eigenthümlichen physiologischen Thatsache ist wohl in der Alteration der die Verbindung der Collateralfasern innerhalb der Spinalganglien herstellenden multipolaren Zellen durch die Verletzung einer oder mehrerer dieser ihrer peripheren Ausläufer zu suchen, was um so wahrscheinlicher wird, wenn wir bedenken, dass die Collateral-Innervation bei unseren Versuchsthieren viel vollständiger, ruhiger und intensiver in Thätigkeit zu treten vermag, als dies bei dem mit einem höher organisierten und dabei leichter angreifbaren Centralnervensystem begabten Menschen der Fall ist. Freilich ist hierbei zu berücksichtigen, dass fast in keinem Falle von Nervenverletzung mit späterer Wieder-

herstellung der Sensibilität die Möglichkeit einer grösseren oder geringeren Theilnahme der Collateral-Innervation ausgeschlossen zu werden vermag, eine Thatsache, welche bei Fragen über die Regenerationsfähigkeit der Nerven, über die Wirksamkeit der Nervennaht u. s. w. stets im Auge behalten werden muss. Was nun die letztere betrifft, so scheint dieselbe im Gegensatz zu den accidentellen traumatischen Einwirkungen einen günstigen Einfluss auf die Functionirung der Collateral-Innervation auszuüben; dies erhellt nicht blos aus dem Umstande, dass die durch dieselbe bedingte Persistenz der Sensibilität in denjenigen Fällen von Nervenverletzungen, in welchen die primäre Nervennaht angelegt wurde, häufiger und in ausgedehnterem Masse beobachtet wird, als wenn die beiden Stümpfe unvereinigt bleiben, sondern auch aus dem hier und da, wie z. B. in dem bekannten Langenbeck'schen Falle\*) eintretenden, für eine Regeneration allzuschnellen, Erfolge der secundären Nervennaht. Meistentheils lässt sich auch hier ein mehr oder minder grosses Schwanken in der Intensität des Empfindungsvermögens nachweisen und zur Beurtheilung der Quelle desselben verwerten, wie gleichfalls das Verhalten der Motilität in Betracht zu ziehen ist; so hat unter Anderem in einem Kraussold'schen Falle von secundärer Naht des N. medianus\*\*) die Sensibilität sich bereits am 4. Tage wieder gezeigt, um im Verlauf der zweiten Woche ihren normalen Stand zu erreichen, während das Verschwinden der Paralyse, wohl auf faktischer Verheilung der motorischen Fasern beruhend, erst im Verlauf einer weiteren Woche seinen Anfang zu nehmen schien.

So hätten wir denn eine ganze Reihe von anatomischen That-sachen und von klinischen, experimentellen und mikroskopischen Resultaten zum Aufbau unserer Theorie von der „Collateral-Innervation der Haut“ benutzt und dürfen wir daher wohl sagen, dass dieselbe mehr als eine blosse Hypothese darstellt, da wir auf die Frage, welche Bedeutung den angeführten Thatsachen und Beobachtungen wohl sonst zukommen sollte, eine weitere irgendwie befriedigende Antwort nicht aufzufinden vermögen. Obwohl nun diese letzteren sämmtlich von uns zur Lösung des vorgelegenen Problems absolut selbstständig herangezogen worden sind (die neueren Arbeiten kamen mir meist erst zu Gesicht, als der vorliegende Aufsatz in sei-

\*) Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie. V. Congr. 1876. Berlin 1877. I. p. 106. Siehe auch Lemke's Dissertation I. c.

\*\*) Beitrag zum Capitel der Nervennaht. Centralblatt für Chirurgie. 1882. No. 13.

nen Grundzügen längst fertig gestellt war!), indem wir die aus den Untersuchungen Arloing und Tripier's von uns gewonnenen Resultate mit einer Anzahl anatomischer Thatsachen in Zusammenhang brachten und so unter Leitung der Gesetze der neueren Nervenphysiologie zu einem Ganzen aufbauten — wie dies ja auch die Entwicklung unserer Theorie, wie sie in diesem Aufsatze niedergelegt ist, erweisen muss — so wollen wir doch zum Schlusse und gewissermassen als weitere Stütze für unsere Angaben hier anfügen, dass ein Theil der Autoren, welche sich mit unserem Thema beschäftigt haben, schon die eine oder die andere der obigen Thatsachen zur Lösung des Problems von der Persistenz der Sensibilität zu verwenden versucht hat. Wenn wir von der mehrfachen Innervation der Tastkörperchen, welche freilich sich nur auf den Menschen (und Affen) bezieht, und welche von uns zuerst zur Erklärung unserer physiologischen Frage mit herangezogen wurde, absehen, ist es zunächst die Bildung des peripheren Nervenendplexus und die Interferenz der terminalen Fasern, welche die Aufmerksamkeit mehrerer Forscher auf sich lenkte. Schuh\*) und neuerdings nach dem Vorgange von Siegmund Meyer vor Allem Tillmanns\*\*) heben dies anatomische Verhältniss hervor, wobei der letztere freilich nur zu dem Resultate gelangt, dass ein „Hautbezirk z. B. von zwei oder gär drei Hauptnerven aus versorgt wird“. Ebenso ist die eigenthümliche Verlaufswise der Collateralfasern, die wir aufgedeckt haben und wenigstens bezüglich der anastomosirenden Fasercomplexe für so ziemlich sicher bewiesen zu haben glauben, schon früher beschrieben worden, wenn es auch allerdings in dem betreffenden Falle sich um die Motilitätssphäre handelt, bei welcher, wie wir bald sehen werden, analoge Verhältnisse in Wirklichkeit absolut nicht existiren; in dem bereits angezogenen Aufsatze von Fürst ist nämlich von Nervenschlingen die Rede, „die vor der Stelle der Verletzung vom centralen Antheile des verletzten Nerven zu einem gesunden Aste ziehen, in diesem die verletzte Stelle umgehen und dann wieder . . . in das peripherie Ende des verletzten Nerven zurückkehren . . .“\*\*\*).

Aber auch die sensibilité dans le bout périphérique, welche ja die Basis für unsere Theorie der Collateral-Innervation der Haut abgegeben hat, ist bereits früher mit der Persistenz der Sensibilität in Zusammenhang gebracht worden; so vergleicht Fürst im Hinblick

\*) Wiener medicinische Wochenschrift 1863. l. c.

\*\*) Tillmanns l. c. p. 77.

\*\*\*) Fürst, Langenbeck'sches Archiv. 1880. l. c. p. 278.

auf dieses Symptom die oben beschriebene Rückkehr von Nervenfasern in das peripherie Ende des verletzten Nerven mit dem „directen arteriellen Collateralkreislaufe“, während Szymanowsky\*) für seine Ansicht einer anastomotischen Verschmelzung der sensiblen Fasern mit einander sich ausser auf das obige Nervenphänomen auch noch auf einen Fall beruft, in welchem kalte Umschläge, welche vor der Neurectomie des N. peroneus ohne Erfolg waren, nach dieser Operation, als an Stelle des tiefgelegenen Nerven nur die oberflächlichen Hautzweige die Leitung übernommen hatten, vorhandene Schmerzen sofort behoben wurden. Offenbar schwiebte hier dem Autor das Verhältniss der tieferliegenden venösen Gefässe zu den Hautvenen vor! Weiter schreibt Remak von „neuen Gesichtspunkten“\*\*), welche sich bei einer Zusammenstellung der Sensibilität des peripheren Endes mit der Persistenz des Empfindungsvermögens nach der Section der zugehörigen Nerven eventuell darbieten möchten, während er später unumwunden ausspricht, dass die von den französischen Experimentatoren beschriebenen fibres récurrentes „die sogenannte vicariirende Sensibilität in der Bahn anderer concurrirender Nervenstämme vermitteln“\*\*\*). Hier müssen wir außerdem auch noch Richelot anführen, welcher nach einem Citate Falkenheim's (der übrigens ein solches Zusammenbringen der sensibilité dans le bout périphérique mit dem Phänomen der Persistenz des Empfindungsvermögens der Haut für ein „Missverständniss“ erklärt!) „die sensibilité récurrente lieber nach Verneuil als collaterale Sensibilität bezeichnet wissen möchte, weil sie wahrscheinlich mehr auf Anastomosiren als auf Zurücklaufen der benachbarten Nerven beruhe“†). Noch deutlicher werden wir an unsere „Collateralfasern“ erinnert, wenn wir bei Tillmanns ††) lesen, es wäre „mit Bruns und Siegm. Meyer an die Möglichkeit zu denken, dass außer den gröberen Nerven, die sich zu einem peripheren Theile hinbegeben, noch sehr feine Nervenfäden denselben Weg nehmen und nach Durchtrennung der einen Hauptnervenbahn vicariirend die Sensibilität vermitteln“.

Andere Forscher haben wieder bei Besprechung einzelner Nerven-

\*) Prager Vierteljahrsschrift 1865, IV. p. 52. Ueber Neurectomie und Nervennaht.

\*\*) Remak, Zur vicariirenden Function peripherer Nerven des Menschen. Berl. klin. Wochenschr. 1874 p. 601.

\*\*\*) Berl. klin. Wochenschr. 1880 No. 9. p. 126.

†) Falkenheim, Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie 1882. I. c. p. 43.

††) Tillmanns, Langenbeck'sches Archiv. 1882. I. c. p. 77.

gebiete die Existenz sensibler Collateralbahnen als nothwendig dargestellt und dabei den Verlauf derselben aus ihren Beobachtungen und Untersuchungen in den speciellen Fällen meist richtig erschlossen; so z. B. König\*), der die günstigen Ergebnisse der Facialisdurchschniedung in einzelnen klinischen Beobachtungen von Gesichtsneuralgie auf innerhalb dieses Nerven verlaufende sensible Collateralfasern bezieht. Freilich ist von einer Rückkehr dieser Fasern zu ihrem Stamme, dem Trigeminus, hier ebenso wenig die Rede, wie dies auch bezüglich der übrigen Nerven bei den meisten anderen Schriftstellern der Fall ist, welche nur von einer peripheren Beimischung solcher sensibler Zweige zu denen des motorischen Gesichtsnerven u. s. w. berichten. Dies hatte jedoch wohl darin seine hauptsächliche Ursache, dass eine sichere Grundlage für die Annahme einer centralen Verschmelzung mehrerer sensibler Nervenfasern mit einander bis dahin noch nicht aufgefunden war, obwohl Funke\*\*) bei Besprechung der Empfindungskreise an eine solche denkt, nur dass hier diese Aufgabe dem Rückenmark zugewiesen wird, während wir die Spinalganglien dazu in Anspruch nehmen, welche wir als die Organe der Collateral-Innervation betrachten. — Die letzteren hat bisher noch Niemand zu dem Phänomen der Persistenz der Sensibilität nach Nervenverletzungen in Beziehung gebracht; eine Reihe von physiologischen Thatsachen, die offenbar mit der centralen Endigungsweise der Collateralfasern innerhalb der Spinalganglien zusammenhängen, ist daher fälschlicherweise früher stets auf die peripher von denselben liegenden Theile des Nervensystems bezogen worden, so vor allen Dingen der Umstand, dass in der ersten auf das Trauma folgenden Zeit häufig Anästhesie zu beobachten ist, welche mit mehr oder minder grosser Schnelligkeit und unter den mehrfach besprochenen Schwankungen erst später einem normalen Empfindungsvermögen, also einer regelmässigen Functionirung der Collateral-Innervation, Platz macht. Ein derartiger Irrthum liegt z. B. bei Fürst\*\*\*) vor, wenn er sagt: „Ob und welche anatomische Veränderungen der Erstarkung der Anastomosen bei der collateralen Innervation zu Grunde liegen, hat allerdings Niemand erwiesen“; in ähnlicher Weise schreibt Tillmanns†): „Welche Vorgänge sich unter diesen Umständen in der peripheren Nervensubstanz abspielen müssen, um die Adaptation

---

\*) König, Lehrbuch der spec. Chirurgie. 1881. I. Bd. p. 208.

\*\*) Krause, Terminalkörperchen p. 230.

\*\*\*) Fürst l. c. p. 279.

†) Tillmanns l. c. p. 78.

an die bedeutende Reduction der Leitungsbahnen zum Centralorgan zu bewerkstelligen, darüber lassen sich nach der Ansicht von Siegm. Meyer vorläufig nicht einmal Vermuthungen aufstellen“. Dieser Standpunkt ist wohl nunmehr unhaltbar geworden, und zwar einmal durch den Nachweis der präformirten Existenz der sensiblen Collateralfasern und dann durch die Heranziehung der Spinalganglien als Schlusssteine unserer Theorie der „Collateral-Innervation der Haut“.

---

Bis jetzt haben wir nur immer die Sensibilitätssphäre in Betracht gezogen; es erübrigt uns daher noch nun auch den Verhältnissen der motorischen Nerven eine Besprechung zu widmen.

In Bezug auf die letzteren haben wir bereits gesehen, dass keine einzige klinische Beobachtung vorliegt, welche die Annahme einer vicariirenden Function erfordert; Innervations-Anomalien mehrfacher Art und mehr oder weniger intensive Ungenaugkeiten der Beobachtung sind es, wie wir oben im II. Abschnitte zum Theil schon nachgewiesen haben, welche bisweilen nach Nervenverletzungen eine Persistenz der Motilität vorgetäuscht haben. Noch in jedem einzelnen Falle, welcher genauer untersucht worden, liess sich die Ursache der erhaltenen Bewegungsfähigkeit entweder auf eine factische Anomalie zurückführen, indem ausnahmsweise die betreffenden Muskeln ganz oder zum Theil von völlig intacten anderen Nerven innervirt wurden, oder die Ursache lag darin, dass es sich um eine Art von Bewegung handelte, welche in normalem Zustande von zwei oder mehreren Muskeln oder Muskelgruppen in ganz oder fast ganz identischer Weise ausgeführt wird, und dass diese verschiedenen Muskeln oder Gruppen derselben zugleich auch verschiedene Innervationsquellen besitzen, welche von der Läsion zu einem Theile verschont geblieben sind. Dieses letztere Verhältniss mit einem eigenen Namen zu belegen, wie dies Létiévant thut, indem er es in correspondirender Weise zu seiner „sensibilité suppléée“ als eine „motilité suppléée“ hinstellt\*), halten wir für durchaus ungerechtfertigt und unnöthig, ja sogar für verwerflich, indem durch die Einführung dieses Terminus nur neue Verwirrung in unsere sonst überaus klare Materie gebracht werden kann. Es handelt sich ja im Grunde genommen um weiter nichts, als dass jetzt, nachdem von vielen verschiedenen Seiten auf diesen Punkt aufmerksam gemacht worden, die Beobachter von Nervenverletzungen nicht vorschnell ein Erhaltenbleiben der Motilität annehmen

---

\*) Létiévant l. c. p. 34—40.

dürfen, sondern erst genau zusehen müssen, ob die vorgefundene Beweglichkeit nicht auch von anderen Muskeln, als den dem verletzten Nerven zugehörigen, ausgeführt zu werden vermag; denn die That-sache, dass verschiedene Muskeln die gleiche oder fast gleiche Bewegung erzeugen, ist bereits seit alter Zeit bekannt, wie schon die anatomischen Namen derselben, die häufig blos durch ein zugefügtes Adjectiv (profund. und sublim. oder long. und brev. etc.) sich unterscheiden, beweisen. Es ist also nur ein neuer Gesichtspunkt, der bisher übersehen worden, über diesen Gegenstand eröffnet worden!

Eine nach mehreren Wochen oder gar Monaten eintretende Wiederherstellung vorher aufgehobener Bewegungsfähigkeit darf nach unserer Anschauung wenigstens ganz unbedenklich auf eine Verheilung und Regeneration des Nerven zurückgeführt werden, so dass man in keinem Falle, wie dies z. B. Fürst\*) offenbar ohne jede Berechtigung gethan, auf die vicarirende Function mittelst Anastomosen und dergleichen zu recurriren braucht. Gegen eine solche Annahme einer Anastomosirung der verschiedenen Muskeln zugehörigen motorischen Nerven unter einander sprechen im Ganzen natürlich genau dieselben Gründe, wie wir sie in Bezug auf die Hypothese peripherer Communicationen der Faserendigungen zweier oder mehrerer sensibler Nerven ausführlich discutirt haben; so könnte z. B. von einer isolirten Leitung keine Rede mehr sein, wenn ein Nerv ausser dem Muskel, zu welchem er gehört, noch vermöge der Anastomosen einen zweiten in Contraction zu setzen vermöchte, der vielleicht, wie dies bei der dem N. medianus und N. radialis zugehörigen Muskulatur thatsächlich der Fall ist, gerade die entgegengesetzte Bewegung auszuführen hat, als der erstere. Weiter, da das Centralorgan gar keine Macht und keine Mittel hat, das eine Mal den einen, das andere Mal den zweiten Muskel für sich allein zu innerviren, so müsste also offenbar eine gleichzeitige Contraction beider eintreten u. s. w. — Dagegen ist auch hier wieder eine factische Anastomosenbildung zwischen einzelnen motorischen Nervenfasern theoretisch als möglich zuzugeben, jedoch nur in dem einzigen Falle, wenn diese Nervenfasern blos mit solchen Muskelprimitivfibrillen in Verbindung stehen, welche stets zusammen vom Willen innervirt werden. Die Nerven zweier Muskeln also, welche jeder für sich allein durch einen motorischen Impuls in Contraction versetzt zu werden vermögen, können nicht mit einander anastomosiren und ebenso wenig die Fasern, welche zu verschiedenen Abtheilungen desselben Muskels verlaufen, wenn diese verschiedenen Theile

---

\*) Langenbeck'sches Archiv. XXV. 1880. l. c.

für sich contrahirt werden können, da ja die nervöse Erregung über alle Theile der in directer Verbindung mit einander stehenden Bahnen sich verbreiten muss. Diese letztere Nothwendigkeit entspringt wieder dem Gesetze der doppelsinnigen Leitung, welchem die die anastomotischen Communicationen darstellenden Nervenfasern selbstverständlich unterworfen sein müssten; diesem Gesetze gemäss konnten wir nun bei Reizung des peripheren Endes eines sensiblen Nerven die dann zuweilen auftretende Schmerhaftigkeit als Beweis einer Anastomosirung ansehen, während allerdings für die motorische Sphäre ein solches diagnostisches Hülfsmittel vollständig fehlt. Indess bedarf es desselben kaum, da experimentell noch in keinem Falle die Persistenz der Motilität nachgewiesen ist und zum Ueberflusse auch noch schliesslich sämmtliche anatomische Thatsachen, welche uns bei der Aufstellung unserer Theorie einer „Collateral-Innervation der Haut“ so sehr zu Hilfe gekommen sind, bezüglich der motorischen Nerven die Annahme eines etwaigen ähnlichen Verhaltens vollständig ausschliessen. Die Anatomie weiss nichts von einer mehrfachen Innervation der einzelnen Nervenendplatten und nichts von einer Interferenz der terminalen Nervenfasern; ja auch die Art der Nervenversorgung der Muskeln ist eine derartige, indem sie meistens von einzelnen compacten Zweigen innervirt werden (worauf schon Schuh\*) aufmerksam macht), dass an eine irgendwie mit der „Collateral-Innervation der Haut“ zu vergleichende Einrichtung nicht gedacht werden kann. — Bekanntlich sind ausserdem die motorischen vorderen Wurzeln viel schwächer, als die hinteren Rückenmarkswurzeln der peripheren Nerven, wozu noch die allgemein anerkannte Thatsache kommt, dass die ersten an der Bildung der Spinalganglien keinen Anteil nehmen, sondern an denselben blos vorüberziehen.

Wo wir also hinblicken, finden wir lauter Thatsachen, welche gegen die Annahme einer vicariirenden Function und dergl. innerhalb der motorischen Sphäre sprechen: ja der Unterschied im Verhalten der sensiblen und der motorischen Nerven gegenüber erlittenen Verletzungen ist ein derartiger, dass eine solche Annahme von vorne herein geradezu ausgeschlossen erscheinen muss; hat man sich doch bisher dazu verstehen müssen, zu erklären, „dass die motorischen Nerven von der gleichen Lähmungsursache schwerer betroffen werden, als die sensiblen“\*\*), und dass „die Zusammenheilung in der Regel für

\*) Wiener medicinische Wochenschrift 1863. No. 11. p. 162.

\*\*) Erb l. c. p. 366.

die sensiblen Bahnen früher eintritt, als für die motorischen!“\*). Diese von vielen Autoren z. B. Eulenbug\*\*), Wagner\*\*\*) u. s. w. wiederholte Behauptung zeigt, dass es eine häufig beobachtete und als feststehend zu betrachtende Thatsache ist, dass nach Verletzungen peripherer Nerven die Anästhesie meist in geringerem Grade auftritt, oder in kürzerer Zeit wieder verschwindet, als dies mit der Muskelparalyse zu geschehen pflegt; die Ursache dieser Erscheinung nun ist sicher, wie wir dies bereits in unserer Dissertation zu dem einen Theile wenigstens anzudeuten Gelegenheit†) hatten, der Hauptsache nach die von uns jetzt sogenannte „Collateral-Innervation der Haut“, für welche innerhalb der motorischen Sphäre ein Analogon nicht existirt.

Der oben angeführte Erklärungsversuch dagegen kann um so weniger unsere Zustimmung finden, als wir ja, wie in dieser Arbeit schon öfter auseinandersetzt ist, von der Annahme der vollständigen Gleichheit der sensiblen und motorischen Nervenfasern ausgehen, so dass eine grössere Resistenzfähigkeit oder eine stärkere Vitalität der zu der einen Sphäre gehörenden Fasern schon von selbst ausgeschlossen erscheint. Man kann sich hierbei auch nicht auf das Experiment berufen, das zuerst Bärwinkel††) angegeben, dass man bei Fortdauer der Paralyse der Sensibilität und Motilität nach einer Verletzung durch einen peripher von dem Orte derselben angebrachten Reiz excentrische Sensationen hervorzurufen vermag, während die motorische Sphäre von demselben gänzlich unberührt bleibt; denn diese ist eben nicht mit Apparaten im Centrum versehen, die eine centripetal ankommende Erregung, welche dem Gesetze der doppeleinigen Leitung gemäss ebenso wie bei den sensiblen Fasern durch den nämlichen Reiz gleichzeitig ausgelöst wird, zur Perception gelangen zu lassen vermöchten. Anatomisch, sowohl makroskopisch wie mikroskopisch, physikalisch und chemisch durch Nichts unterscheidbar, ist ja auch die physiologische Function beider Arten von Nervenfasern genau dieselbe: Fortpflanzung einer Erregung, und wie es bei einem Telegraphendraht nur durch die Verbindung der Batterie mit dem einen oder dem anderen Ende bewirkt wird, dass der Strom von rechts nach links oder von links nach rechts denselben durchheilt, so wird der Unterschied der zu Tage tretenden Function der sensiblen

\* ) Erb l. c. p. 198.

\*\*) Eulenbug l. c. p. 7.

\*\*\*) Handbuch der allgem. Pathologie. 1872. p. 458.

† ) S. meine Dissertation l. c. p. 29.

††) Archiv der Heilkunde. XII. l. c.

und motorischen Nervenfasern nur durch die qualitative Verschiedenheit der an ihren (centralen und peripheren) Enden befindlichen Apparate verursacht.

Tritt demnach in Fällen von Nervenverletzungen, bei welchen die Lähmung erst nach Wochen oder Monaten zu verschwinden sich anschickt, wobei man also nur mit geringer Zuversicht auf die Collateral-Innervation der Haut recuriren wird, doch dies Verhältniss des Ueberwiegens der zurückbleibenden motorischen Lähmungserscheinungen auf, so wird auch die Ursache dieses Unterschiedes nur in dem von einander verschiedenen Verhalten der bezüglichen, den Unterschied der motorischen und sensiblen Nerven bedingenden Endapparate gegenüber der Paralyse zu suchen sein. Selbstverständlich kämen hier zunächst etwaige nach einer peripheren Lähmung auftretende Degenerationsprocesse in Betracht, welche die Endorgane mehr oder weniger functionsunfähig zu machen vermöchten; wenn wir allerdings auch hierüber keine genaueren Kenntnisse besitzen, so ist doch sicher, dass die centralen Apparate hierbei, besonders wegen der Intensität und der Schnelligkeit des zeitlichen Verlaufs dieser Processe erst in zweiter Reihe kommen. Wenden wir also unsern Blick allein auf die peripheren Nervenendorgane, so müssen wir in erster Reihe allerdings auch hier gestehen, dass wir über das Verhalten dieser bei traumatischen Paralysen zum Theil „so gut wie nichts wissen“ (\*), aber, dass dieselben vielleicht häufig eine ursprünglich durch ein Trauma verursachte Paralyse, auch nach Verheilung der verletzten Stelle des betreffenden Nerven, noch weiter durch ihre eigene Unerregbarkeit fortzusetzen vermögen, das ist leicht aus dem oben bereits angeführten Bärwinkel'schen Experiment zu ersehen; denn die Möglichkeit, excentrische Sensationen durch Reizung des Nervenstammes peripher von der Verletzungsstelle bei noch fortbestehender Anästhesie hervorrufen zu können, beweist, dass, während die sensiblen Fasern wieder zusammengewachsen sind und die Narbe bereits durchgängig geworden oder wenigstens der frühere Leitungswiderstand an der Verletzungsstelle wieder geschwunden ist, die Endapparate derselben zur Reizaufnahme noch vollständig unfähig sind, in Beurtheilung welcher Frage die beim Menschen nur in Ausnahmefällen beobachtete Sensibilität des peripheren Endes, an die man allerdings hierbei zunächst denken müsste, ihrer Seltenheit wegen wohl kaum in Rechnung zu ziehen ist.

Fragen wir uns nun nach der Ursache der Unerregbarkeit dieser

---

\*) Erb l. c. p. 377.

Endorgane, so wird sehr bald unser Blick auf die nach einer peripheren Paralyse auftretenden pathologisch-anatomischen Veränderungen desjenigen Gewebes gelenkt werden, welches denselben als Substrat dient, mit anderen Worten auf die Degenerationsverhältnisse der Haut resp. der Muskeln, da vielleicht nicht mit Unrecht vorauszu-setzen ist, dass die motorischen Nervenendplatten und die sensiblen Endapparate, die in einem gewissen Sinne als integrirender Bestandtheil ihrer zugehörigen Verbreitungsorgane betrachtet werden dürfen, in der hier gemeinten Richtung das gleiche Schicksal mit der Haut resp. den Muskeln werden theilen müssen. Diese Annahme ist wohl einigermassen berechtigt; aus ihr lässt sich aber auch nun die Ursache des verschiedenen Verhaltens der Motilität und Sensibilität, das uns hier beschäftigt, unschwer erschliessen. Vergegenwärtigt man sich nämlich, in wie tief gehender Weise ein Muskel degenerirt, dessen Motilität durch eine periphere Nervenlähmung auf Monate oder Jahre vernichtet bleibt, so ist auch mit ziemlicher Gewissheit zu erwarten, dass die motorischen Nervenendorgane, die mit dem letzteren verbunden sind, in ähnlicher Art eingreifende Ernährungsstörungen erleiden, wodurch ihnen die Fähigkeit, den Erregungszustand ihrer Nervenfasern auf die Muskeln zu übertragen, für längere Zeit oder auch mehr oder weniger vollständig für immer abhanden kommen muss. Die Haut dagegen, welche ja auch entsprechend ihrem vielseitigen physiologischen Charakter durch eine Sensibilitätsparalyse nur einen Theil ihrer Aufgabe, die eines Gefühlsorganes, einbüsst, erleidet nach peripheren Lähmungen nur verhältnissmäßig geringe trophische Störungen, selbst nach vieljährigem Bestande der Anästhesie, während in der gleichen Zeit das Muskelgewebe in immer stärkerem Grade atrophirt und degenerirt, bis schliesslich von contractiler Substanz kaum noch etwas aufzufinden ist. — Andeutungen einer ähnlichen Ansicht haben wir übrigens bei mehreren Autoren gefunden, unter Anderem in dem von Vulpian\*) geschriebenen Vorwort zu Weir Mitchell's Buch über die Nervenverletzungen.

### Nachtrag.

Durch das neuerliche Erscheinen von Wolberg's grösserer Ab-handlung: „Kritische und experimentelle Untersuchungen über die Nervennaht und Nervenregeneration“ in Bd. 18 und 19 der „deutschen Zeitschrift für Chirurgie“ (1883) sehen wir uns nachträglich noch zur

---

\*) Weir Mitchell, Des lésions des nerfs. Préface par Vulpian: XLII.

Erweiterung des vorstehenden Abschnitts veranlasst, da sie ein getreues Bild giebt von der wenig kritischen Art, mit welcher man bisher an die Frage der Persistenz oder rapiden Rückkehr der Motilität nach Nervendurchschneidungen herangegangen ist. Wolberg hat 9 Fälle von primärer Nervennaht (darunter die oben citirten Beobachtungen von Nélaton, Laugier und Kraussold) und 5 Fälle von secundärer Nervennaht als mit dem Erfolge einer „unmittelbaren prima intentio“ gekrönt, hingestellt, wobei also ohne jegliche organisirte Zwischensubstanz „die Durchschnittsflächen je einer Nervenfaser aus beiden Nervenenden sich gegenseitig berühren und die Axencylinder und die Schwann'schen Scheiden sich direct vereinigen sollen“ (Bd. 18 p. 315).

Indem wir hier von einer Kritik dieser nur für anorganische Gebilde passenden Anschauung des Mangels an Raum wegen absehen wollen, haben wir zu constatiren, dass bei keinem einzigen dieser Fälle von primärer und ebenso wenig bei 3 Fällen von secundärer Nervennaht, wie sie Wolberg zusammengestellt hat, sich das Geringste verzeichnet vorfindet, das auf eine Persistenz oder auf den bestimmten Zeitpunkt einer beginnenden oder vollendeten Rückkehr der Motilität einen sicheren Rückschluss gestattet. Während in einzelnen Fällen unzweifelhaft eine Verwechslung zwischen myopathischer und neuropathischer Lähmung und deren Heilung vorliegt, scheint in anderen nach vielen Wochen oder Monaten eine tatsächliche Verheilung des getrennten Nerven mit Wiederherstellung der Function eingetreten zu sein, ohne dass sich jedoch über die Zeit des Eintrittes derselben etwas feststellen liesse; in wiederum anderen Fällen ist die beobachtete Bewegung aller Wahrscheinlichkeit nach von Muskeln mit ähnlicher Function hervorgebracht wurde u. s. w.

Vor Allem ist es aber die häufig beobachtete Persistenz resp. Rückkehr der Sensibilität, welche, da eine sonstige genügende Erklärung für dieselbe bis jetzt nicht existirte, auf eine rasche Verheilung des Nerven zu deuten schien und dadurch die Beobachter veranlasste, ein Gleiches bezüglich der Motilität so zu sagen als selbstverständlich zu betrachten, so dass der letzteren eine genaue Untersuchung meist nicht gewidmet wurde. Bei den zwei einzigen in der beregten Beziehung brauchbaren Operationen, der von Langenbeck in der Berliner klinischen Wochenschrift (1880 No. 8) und der Esmarch-schen, in der Dissertation von Kettler beschriebenen secundären Nervennaht des Radialis, begann diese Rückkehr erst zu Ende der dritten Woche, zu einer Zeit also, in welcher nach den übereinstimmenden Ergebnissen der neueren mikroskopischen Untersuchungen

eine gewisse Faseranzahl des peripheren und centralen Stumpfes eines durchschnittenen und dann durch die Naht vereinigten Nerven durch neugebildete intermediäre Fasern mit einander bereits wieder verbunden ist, in welch' letzterem Moment für uns nicht nur die Erklärung, sondern überhaupt auch die einzige und alleinige Möglichkeit der Functionswiederherstellung eines durch die Continuitätstrennung leitungsunfähig gewordenen Nerven liegt. —

---

So wären wir denn zum Schlusse dieser Abhandlung und damit zu dem Resultate gelangt, dass es eine vicariirende Function der peripheren Nerven auf keine Weise giebt, sondern dass die auf eine solche bisher bezogenen Thatsachen einmal in der motorischen Sphäre in den oben besprochenen Verhältnissen, und in der sensiblen Sphäre in der von uns aufgefundenen „Collateral-Innervation der Haut“ ihre Ursache und ihre Erklärung finden.

Durch die letztere ist für die Beurtheilung der Quelle der Sensibilität nach accidentellen und experimentellen Continuitätstrennungen von Nerven resp. nach Anlegung der Nervennaht, eine bis dahin fehlende Basis gegeben, in ähnlicher Weise wie dies seit Létiévant für die Motilität geschehen war; freilich haben die betreffenden Ansichten dieses Forschers bei den meisten hierher gehörenden Untersuchungen wenig oder gar keine Beachtung erfahren, was wohl jetzt, besonders bei der momentanen Actualität unserer Frage, nicht mehr zu befürchten steht. Wenn nun weiterhin in jedem einzelnen klinischen Falle die Nervenfunction in der nothwendigen Ausdehnung untersucht werden wird, dann wird auch erst über den Werth unserer Theorie etwas Sichereres sich feststellen lassen, die ja, wie wir wohl wissen, noch mancher Stütze bedarf; sollte sich dieselbe unserer Erwartung gemäss insgesammt oder wenigstens den Hauptgrundzügen nach bestätigen, dann würde voraussichtlich überdies aus ihr für die Nervenchirurgie, die Elektrotherapie und damit zusammenhängende Disciplinen eine Reihe von practischen Gesichtspunkten gewonnen werden können.

---