

Beiträge zur Lehre von der Regeneration durchschnittener Nerven,

von

Eduard Lent.

Mit Tafel VIII.

Beim Beginne des Sommersemesters 1854 wurde ich von Herrn Prof. Kölliker aufgefordert, eine Reihe von Untersuchungen über die der Durchscheidung von Nervenfasern folgenden Vorgänge vorzunehmen, welche vor Allem zur Prüfung der Waller'schen Ergebnisse dienen sollten, die einen neuen Anstoss auf diesem so interessanten Gebiete gegeben hatten. Obschon nun meine Beobachtungen nicht zu dem Abschlusse gelangten, den ich anstrebte, weil mein Fortgang von Würzburg im Herbste 1854 denselben ein Ziel setzte, so glaube ich doch die Mittheilung derselben nicht länger aufschieben zu sollen, weil dieselben immerhin nach gewissen Seiten ganz bestimmte Ergebnisse geliefert haben und vor Allem den Beweis leisten, dass die Waller'schen Sätze nichts weniger als gesichert sind.

Ich benutzte zu meinen Untersuchungen Frösche, Tauben und Kaninchen, von welchen Thieren mir die ersten am meisten Mühe machten, da ich keine Vorrichtung besass, um dieselben in fließendem Wasser unterzubringen und es nur durch tägliches Wechsell des Wassers gelingen wollte, dieselben nach der Operation kräftig zu erhalten. Der Zahl nach gruppiren sich meine Experimente folgendermassen.

Beim Frosch wurde der Ischiadicus 31 Mal, der Medianus 5 Mal, der Peroneus 2 Mal durchschnitten und 6 Mal das Gehirn extirpirt. Auf die Taube fallen 8 Durchschneidungen des Ischiadicus und 2 des Vagus, beim Kaninchen endlich trennte ich je 4 Mal den Ischiadicus und Medianus und 1 Mal den Vagus. Die Zeiten, welche von dem Momente der Nervendurchschneidung bis zur Untersuchung verlossen, ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

Was nun die gefundenen Resultate anlangt, so stimme ich im Allgemeinen mit der Beschreibung, welche *Waller* von dem Zustande kommen der Degeneration in dem peripherischen Stücke eines durchschnittenen Nerven gibt, überein, habe mich dagegen nicht überzeugen können, dass, wie *Schiff* will, zwischen der anfänglichen Gerinnung des Nervenmarks nach der Durchschneidung und derjenigen, die nach dem Tode eintritt, ein Unterschied sich findet. Nach dem, was ich gesehen habe, zerfällt das Nervenmark mit den Centren nicht mehr verbundener Nervenröhren zuerst in grössere, durch Querlinien abgegrenzte Stücke. Im weitem Verlauf werden diese Stücke immer kleiner und mehr rundlich, während auch schon Körnchen von Fett auftreten, welche schliesslich die Nervenhülle ganz anfüllen, und sich häufig um noch grössere Conglomerate von Nervenmark anhäufen. In diesem Zustande verweilen die Nervenröhren längere Zeit, bis schliesslich auch die Fettkörnchen nach und nach zur Resorption gelangen und nichts als leere Nervenhüllen zurückbleiben, an denen dann die früher durch das Nervenmark verdeckten Kerne besonders deutlich bei Zusatz von Essigsäure sichtbar werden (Fig. *a—f*). Während dieser Vorgänge büssen auch die Nervenröhren nicht unbedeutend in ihrem Durchmesser ein und fallen gleichsam zusammen, nachdem ihr Nervenmark geschwunden ist. Mikroskopisch kann man diesen Zustand schon an der bedeutenden Blässe des Nerven erkennen, auch lässt sich derselbe beim Präpariren sehr leicht zerzupfen. Bei diesen Vorgängen der Desorganisation von bestimmten Perioden zu sprechen (*Waller*), ist nicht gut möglich; indem dieselben je nach verschiedenen Umständen bald so, bald anders sich gestalten, dagegen muss ich mit *Schiff* auf die entzündlichen und paralytischen Erscheinungen bei der Degeneration durchschnittener Nerven aufmerksam machen, welche, obschon im Wesentlichen sehr verschieden, doch beide zum gleichen Resultate, nämlich zur fettigen Metamorphose des Nervenmarks führen. Untersucht man die Durchschnittenden der Nerven zu der Zeit, wo noch entzündliche Erscheinungen vorhanden sind, so findet man beide Enden auf gleiche Weise verändert, oberer und unterer Stumpf sind nicht zu unterscheiden. Wenn *Waller* den obern Stumpf nach zwei Monaten normal fand, so hatte derselbe schon die Folgen der Entzündung überstanden. Die ersten Erscheinungen nach der Durchschneidung sind entzündliche; ist die Entzündung heftig, so ist auch die Veränderung der Nerven eine mehr ausgebreitete. Die Heftigkeit der Entzündung hängt aber von dem Eingriff bei der Operation ab; als ich in der Durchschneidung der Nerven noch nicht geübt war, und die Operationen gerade nicht immer mit der gehörigen Feinheit, mit Vermeidung jeglicher Zerrung der Muskeln u. s. w. ausgeführt wurden, zeigte sich die Degeneration auch viel heftiger. Nach späteren Operationen waren

die entzündlichen Erscheinungen, und mit ihnen die Degeneration der Nerven auch weniger exquisit. Diese entzündliche Degeneration tritt auch auf, wenn in der Nähe der Nerven eine entzündliche Reizung stattfindet; so ergab sich, als ich die Operation zur Durchschneidung des Nerven machte, denselben aber nicht durchschnitt, dieselbe Veränderung des Nervenmarks, wie nach Durchschneidungen. Die entzündliche Degeneration unterscheidet sich von der paralytischen durch Nichts, ausgenommen, dass erstere viel schneller vor sich geht, und ist ganz analog der fettigen Metamorphose in anderen Geweben nach Entzündung derselben, wie der fettigen Degeneration der Ganglienzellen des Gehirns nach Encephalitis, der Muskelfasern bei der Myitis u. s. w.

Ist die Entzündung abgelaufen, so ergeben sich auch an dem Anfange des peripherischen Nervenstumpfes, ebenso wie in den Gegenden, die nicht im Bereich der Entzündung lagen, die Erscheinungen der paralytischen Degeneration. Diese zeigt sich nämlich an dem ganzen peripherischen Ende des durchschnittenen Nerven. Alle unter der Durchschnitstelle gelegenen Nerven gehen die fettige Metamorphose ein und kommen schliesslich alle an dem Punkt an, wo nach Resorption des Nervenmarks die leeren, zusammengefallenen und kernhaltigen Nervenüllen zurückbleiben. Die paralytische Degeneration geht übrigens ziemlich langsam vor sich, und dauert das Stadium, in welchem das Nervenmark, in bald grössere bald kleinere Abschnitte zerfallen, noch vorhanden ist, oft sehr lange. Dagegen scheint dieselbe an dem ganzen peripherischen Ende zu gleicher Zeit aufzutreten. Hervorzuheben ist jedoch, dass die Nervenröhren von feinerem Durchmesser viel schneller in die Degeneration eingehen, als die von stärkerem Durchmesser, so dass man nicht selten die ersteren alle schon als leere Hüllen findet, während von diesen noch keine an diesem Stadium angekommen sind. Da die leeren Nervenüllen der feinen Fasern auch zusammenfallen, so ist es oft schwer, dieselben als das zu erkennen, was sie wirklich sind; allein jeder Zweifel, ob man es mit Nervenfasern zu thun habe, schwindet, wenn man in solchen Fasern noch hie und da einen Rest der fettigen Degeneration, noch einige Fettkörnchen antrifft. Solche mikroskopische Objecte, die ich zu wiederholten Malen gehabt habe, halte ich bei der Frage von der Regeneration für sehr wichtig, und werde ich auf sie nachher zurückkommen.

Eine wichtige Frage ist die, wo der Axencylinder des Nerven bei dem Zerfall des Nervenmarks bleibt. Es ist diese Frage besonders angeregt durch die Behauptung von *Schiff*, dass der Axencylinder nicht mit degenerire, sondern normal bleibe, und dann später den Anknüpfungspunkt für die Regeneration des Nerven gebe. Die Schwierigkeiten, die häufig der Untersuchung des Axencylinders sich entgegen-

stellen, zeigen sich in erhöhtem Maasse an den Nerven nach Durchschneidungen und kann ich mich nach vielfachen Untersuchungen nur dafür aussprechen, dass ich in den Nervenröhren jenseits der Durchschnitstelle den Axencylinder niemals mit Sicherheit gesehen habe, ohne sagen zu können, wo er bleibt und was aus ihm wird. *Waller* erwähnt den Axencylinder nirgends, wogegen *Bruch* denselben sah, doch handelt es sich in seinem Falle von schon regenerirten Nerven, in denen möglicherweise der Axencylinder sich wieder gebildet haben konnte. Alles zusammen genommen, möchte dieser Punkt noch einer weitern genauern Untersuchung zu unterliegen haben, bevor derselbe zum Abschlusse gelangen kann.

Noch mache ich einige Punkte namhaft, die man bei Untersuchungen über die Degeneration wohl ins Auge fassen muss. Erstens finde ich, wie *Waller*, dass die Degeneration bei jungen Thieren schneller erfolgt, als bei erwachsenen, und zweitens läuft auch bei warmblütigen Thieren — Kaninchen, Tauben — die ganze Degeneration viel schneller ab, als bei Fröschen, bei denen sich das Stadium der Degeneration ungemein lange hinauszieht, so dass unter günstigen Verhältnissen die Regeneration eher erfolgt, als die Degeneration beendet ist.

Wir kommen zur Regeneration der Nervenfasern. In welcher Verbindung steht sie mit der Degeneration? Hier herrscht nun grosse Meinungsverschiedenheit. *Waller* behauptet, das peripherische Ende des durchschnittenen Nerven gehe gänzlich verloren, und die Regeneration erfolge vom contractilen Ende her. (*Les anciennes fibres d'un nerf divisé ne recouvrent jamais leurs fonctions originelles.*) *Waller* erklärt den Irrthum der früheren Untersucher besonders aus dem Umstande, dass dieselben nur den Process in der Narbe, nie in der peripherischen Verbreitung verfolgt hätten. In den Verzweigungen des *Glossopharyngæus* beim Frosch will *Waller* 3—4 Monate nach der Durchschneidung, wenn er die Papillae fungiformes untersuchte, Nervenfasern neuer Bildung angetroffen haben, die er von den degenerirten und normalen scharf trennt. Diese jungen Nervenfasern sollen nach ihm erst dann in dem peripherischen Ende auftreten, wenn sie sich auch schon in der Narbe vorfinden; dieselben liegen zwischen den degenerirten Nervenfasern und messen in der Narbe $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$, in dem peripherischen Ende $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{7}$ des Durchmessers der normalen Nervenfasern. Frägt man, wie *Waller* die fibres nouvelles von den fibres desorganisées unterscheidet, so ergibt sich, dass er jene als sehr blass, durchscheinend, ohne doppelte Contour, und von ungleichem Durchmesser, bald sehr dünn, bald angeschwollen schildert. Hiergegen muss ich nun bemerken, dass die degenerirten Fasern, die ich beobachtete, ganz zu der Beschreibung dieser neugebildeten Fasern von *Waller* passen, nur dass der Durchmesser derselben etwas grösser war. Es

ist jedoch leicht möglich, dass *Waller* bei seiner Grössenangabe vorzüglich die feineren Nervenröhren im Auge hatte, welche, wie oben schon bemerkt, viel schneller ihren Inhalt ganz verlieren und ganz blass werden, während bei den gröbereren Fasern dieser Process langsamer vor sich geht. Wenn *Waller* Nerven vor sich hatte, deren Röhren noch nicht alle ganz degenerirt waren, so konnte er leicht dazu kommen, die feineren, schon inhaltlosen, für neugebildete, und die gröbereren, noch markhaltigen, für alte degenerirte Fasern zu halten. Ich wenigstens kann nach Allem, was ich gesehen habe, nicht anders als *Waller's fibres nouvelles*, wie er sie beschreibt und abbildet, nur für die leeren Nervenhiillen degenerirter Nerven zu halten (Fig. *i*), indem ich alle Uebergänge der dunkelrandigen Röhren bis zu diesem Stadium aufs deutlichste verfolgen konnte, und namentlich in den feinsten blasesten Röhren sehr häufig noch Reste des frühern Markes beobachtete. Dass *Waller* diese Fasern nur gesehen, nachdem sich in der Narbe bereits junge Nervenfasern gebildet hatten, müsste man hiernach für ein zufälliges Zusammentreffen halten. Da ich eine Neubildung von Fasern nicht zugebe, so kann ich auch *Waller's* Ansicht, dass die Nervenröhren des peripherischen Theiles rettungslos verloren seien, nicht theilen, vielmehr bin ich der Ansicht, dass die durchschnittenen Enden der Nervenröhren sich wieder vereinigen und die leer gewordenen Röhren des peripherischen Stückes nach und nach wieder dunkelrandig werden.

Wie geht nun diese Vereinigung vor sich? Nach dem, was ich sah, treten sowohl in dem obern Ende des peripherischen Stückes, das, wie wir fanden, ganz degenerirt oder, besser gesagt, schliesslich nur marklose Nervenröhren erhält, wie auch am untern Ende des centralen Stumpfes, in welchem durch die Entzündung auch eine Art Degeneration, wenn auch nicht sehr hoch hinauf, bewirkt wurde, eine Vermehrung der Kerne in den Nervenhiillen ein (Fig. *g* u. *h*). Ob diese durch Theilung der ursprünglichen Kerne erfolgt, oder anders, vermag ich nicht anzugeben, doch halte ich ersteres für wahrscheinlich. Die Schwierigkeit der Untersuchung der Narbe ist nämlich so bedeutend, dass es schwer hält, zu einer Gewissheit zu kommen. Da dieselbe häufig ungemein fest, bis zur Knorpelconsistenz hart war, so machte ich sowohl Längs- als Querschnitte derselben und da zeigte sich denn in den Fällen, wo noch keine Wiederherstellung der Function eingetreten war, dass die Nervenhiillen mit reichlichen Kernen von beiden Seiten in die Narbe hineinreichten (Fig. *l*). Leider fehlen mir jedoch für diese Stadien zahlreichere Untersuchungen; denn die wenigen Fälle, wo ich nach hergestellter Function die Untersuchung machte, können hier nicht entscheiden, weil dieselben nur das Resultat des Processes zeigen, aber nicht den Process in seiner Entwicklung. In der That fand ich auch in Nerven, deren

Vereinigung eine vollständige war, die Nervenröhren auch schon wieder mit Mark gefüllt (Fig. k). Wie nun aber diese Anfüllung mit Nervenmark vor sich geht, und wie sich der Axencylinder dabei verhält, darüber kann ich leider nichts Gewisses aussagen, und muss ich diesen Gegenstand fernerer Untersuchung überlassen.

Der Ansicht von *Schiff* über die Regeneration der Nerven, der die Axencylinder für das Wichtigste bei der Regeneration hält, kann ich mich schon aus oben erläuterten Gründen nicht anschliessen; ich habe den Axencylinder in den degenerirten und erblassten Röhren der peripherischen Nervenenden nirgends gesehen, und halte denselben mitbin für einen Theil, der beim Vorgange der Regeneration keine Rolle spielt. Wahrscheinlich bildet sich derselbe später mit dem Mark wieder von Neuem in ähnlicher Weise wie in den embryonalen Nervenröhren, wenn dieselben zu dunkelrandigen sich gestalten.

Was die *Bruch'sche* Beobachtung anbetrifft, so gibt sie uns, wie ich schon erwähnte, nur das Bild der Zusammenheilung des durchschnittenen Nerven; wie diese zu Stande gekommen, lässt sich jedoch aus derselben nicht entscheiden. *Bruch* schreibt dem Axencylinder und der Nervenbülle einen Antheil an der Regeneration zu. Was mir aber an der ganzen Beobachtung unklar ist, und auch *Bruch* selbst ist dies aufgefallen, das ist der gänzliche Mangel an Callusmassen; da fand sich keine Zwischensubstanz, kein Exsudat, das Neurilem selbst war eher dünner, als stärker, die Fasern ober- und unterhalb vollkommen normal, von gewöhnlicher Breite, doppelt contourirt, und der Abstand der ursprünglichen Nervenenden höchst unbedeutend. Das sind Alles Umstände, die die Sache sehr räthselhaft machen. Nehmen wir selbst die günstigsten Verhältnisse für den regenerirten Process an, ein junges Thier, höchst unbedeutenden operativen Eingriff, sehr günstige Lage der Nervenenden zu einander, so ist doch kaum zu glauben, dass schon nach vier Monaten eine so vollständige Regeneration sich eingestellt habe, dass auch nicht die geringste Spur eines Exsudats mehr sich nachweisen liess, ja dass im Gegentheil die Nervenfasern eher loser, denn sonst, verbunden gewesen seien. Die Vermuthung *Bruch's* einer *prima intentio* lässt sich daher wohl nur als Vermuthung hinstellen, denn was ist eine Beobachtung bei einem so schwierigen Gegenstande? Immerhin ist es gedenkbar, dass diese vereinzelte Beobachtung das Bild eines sehr interessanten Vorganges darstellt, den weiter aufzuklären, späteren Untersuchungen vorbehalten ist. Dass *Bruch* die fettige Entartung des Nervenmarks nicht gesehen hat, erklärt sich natürlich aus dem Umstande, dass die Untersuchung zu einer Zeit vorgenommen wurde, wo dieselbe längst abgelaufen war und der Neubildung des Nervenmarkes Platz gemacht hatte.

Ist die Vereinigung der Nervenenden erfolgt, haben sich die

Nervenhüllen der beiden Stümpfe verbunden, so steht das peripherische Stück von dem untern Ende des centralen Stumpfs an auf dem Stadium der embryonalen Nerven; es kommt die Periode, wo sich die Nervenhüllen mit Mark anfüllen. So aufgefasst, kann auch ich in der Regeneration der Nerven eine Wiederholung «embryonaler Processe» sehen. Uebrigens will ich nicht behaupten, dass vor der Regeneration die peripherischen Nervenröhren immer ihres Markes ganz verlustig gehen, und halte ich es für möglich, dass in günstigen Fällen manche Nervenröhren bei den ersten Graden der Zersetzung des Markes stehen bleiben, um dann wieder zu genuinen normalen Fasern zu werden. Bei dem ganzen Vorgange der Regeneration sind offenbar die Nervenscheiden das wichtigste, in dem sie allein bleiben, und bleibt wohl nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass sie gleich Zellmembranen, unterstützt von den in ihnen enthaltenen Kernen, einen beständigen Stoffwechsel unterhalten und so die Wiederbildung von Mark und einem Axencylinder ermöglichen, vielleicht auch am Zusammenheilen der getrennten Enden direct sich theilhaben.

Was die Fälle anbetriift, in denen ich beim Frosche das Gehirn extirpirte, so stellte ich diese Operation zu dem Ende an, um das Verhalten der Retina zu studiren, besonders um zu untersuchen, wie sich die Stäbchenschicht bei der Degeneration des Nervus opticus verhält. Ich erzielte jedoch hierbei kein wesentliches Resultat, obgleich der Stumpf des Nervus opticus die gewöhnlichen degenerativen Veränderungen zeigte. — Waller gibt am Schlussätze seiner Abhandlung eine Reihe von Sätzen, die sich aus seinen Untersuchungen ergaben. Denjenigen unter ihnen, auf welche meine Beobachtungen Bezug haben, stelle ich daher auch schliesslich folgende Sätze gegenüber:

1. Die Nerven des unter der Durchschnittsstelle gelegenen Stumpfes kommen durch eine fettige Metamorphose, die theils auf entzündlicher, theils und besonders auf paralytischer Desorganisation beruht, auf den embryonalen Standpunkt zurück und sind Waller's fibres nouvelles nichts als die leeren d. h. des Markes und eines deutlichen Axencylinders entbehrenden Nervenhüllen der degenerirten Nerven.

2. Die Vereinigung der Nervenenden selbst kommt durch neu entstehende Fasern zu Stande, deren Bildung wahrscheinlich mit einer Vermehrung der Kerne der alten Scheiden zusammenhängt. Ist diese geschehen, so erlangt der untere Theil seine Function wieder und füllen sich seine bloss gewordenen Nervenröhren nach und nach mit Mark und erhalten auch einen Axencylinder in ähnlicher Weise, wie diess bei der Entwicklung der embryonalen Röhren geschieht.

Zum Schlusse will ich noch hemerken, dass ich durch die Veröffentlichung dieser Bemerkungen einer Aufforderung des Hrn. Prof. Kölliker nachkomme, unter dessen Leitung ich meine Beobachtungen

anstellte und dem ich hier wiederholt meinen wärmsten Dank ausspreche.

Berlin, den 11. Januar 1855.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel VIII.

Fig. *a—f* stellt die Degeneration der Nerven dar.

Fig. *a*. Zerfall der Markscheide in grössere Abschnitte, der Axencylinder ist noch sichtbar.

Fig. *b*. Zerfall in kleinere Stücke.

Fig. *c*. Die Markscheide ist zu kleinen Fetttropfen zerfallen, die mit grösseren Tropfen vermischt sind.

Fig. *d*. Die Nervenscheide ist ganz mit Fetttropfen angefüllt.

Fig. *e*. Die Fettkörnchen sind meist resorbirt, einige sind noch in der Nervenscheide, deren Kerne deutlich geworden sind.

Fig. *f*. Leere Nervenscheide.

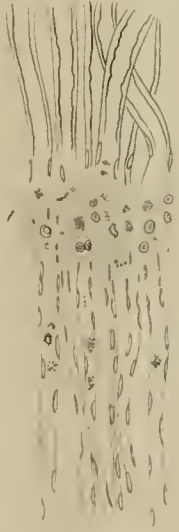
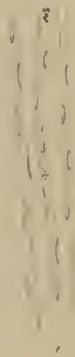
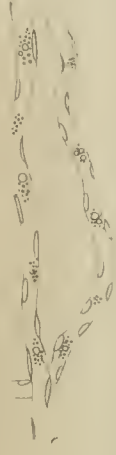
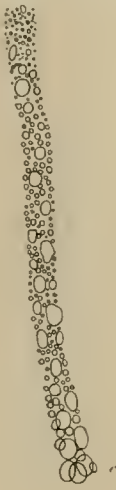
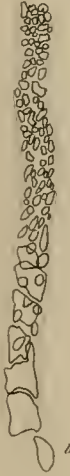
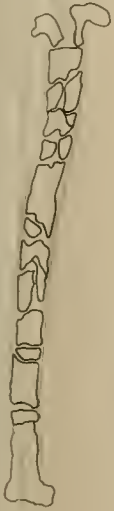
Fig. *g*. Eine Nervenfasern vom untern Ende des centralen Stumpfes; die Markscheide ist bis auf einen kleinen Theil vorhanden, wo die leere Nervenscheide sichtbar ist.

Fig. *h*. Leere Nervenscheide aus dem obern Ende des peripherischen Stumpfes; oben bei *a* zeigt sich eine Vermehrung der Kerne.

Fig. *i*. Leere Nervenscheiden von Nerven feinem Durchmessers.

Fig. *k*. Regenerirte Nervenfasern aus der Verwachsungsstelle; die Markscheide ist beinahe ganz hergestellt; auch der Axencylinder ist wieder sichtbar.

Fig. *l*. Ein Stück aus einer Narbe mit anhängenden Nervenröhren des obern und untern Stumpfes. Die Narbe enthält verändertes Nervenmark, veränderte Blutkörperchen, Körnchenzellen und Fettkörnchen.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1855

Band/Volume: [7](#)

Autor(en)/Author(s): Lent Eduard

Artikel/Article: [Beiträge zur Lehre von der Regeneration durchschnittener Nerven 145-153](#)