

(Aus dem Instituto Cajal Madrid.)

## Die Neuronenlehre und die periterminalen Netze Boeke's.

Von

S. R. Cajal.

Mit 6 Textabbildungen.

(Eingegangen am 4. Juni 1934.)

Anlässlich des 70. Geburtstages des hervorragenden Meisters, Herrn Prof. *Karl Schaffer*, wäre es mein innigster Wunsch gewesen, ihm eine vollkommen originale Arbeit widmen zu können. Nun machen aber meine 82 Jahre und die damit verbundene Gebrechlichkeit die Forscherarbeit überaus schwer. So muß ich mich zu meinem großen Bedauern darauf beschränken, dem Jubilar eine kleine kritische Arbeit über ein zeitgemäßes Thema, über die *periterminalen Netze* des gelehrten Utrechter Professors *Boeke*, zuzueignen. Nimmt sie Herr Prof. *Schaffer* wohlwollend entgegen, so werden die innigsten Wünsche eines seiner aufrichtigsten Bewunderer erfüllt.

*Die motorischen Nervenendigungen und das periterminale Netz Boekes.* Beziiglich der motorischen Endplatten gaben die Methoden von *Cohnheim*, sowie jene von *Loewit, Ranzier, Golgi, Ruffini, Cajal* u. a. ziemlich übereinstimmende Resultate. Nun beschrieb *Boeke* neuerdings auf Grund einer modifizierten *Bielschowsky*-Imprägnation in der motorischen Endplatte ein sehr feines und blasses Gerüst, welches nach ihm das ganze Kerngebiet der motorischen Endplatte ausfüllen soll<sup>1</sup>.

Dieses gelegentlich nachweisbare Netz läßt sich infolge seiner Zartheit und geringen Silberaffinität von den ursprünglich nervösen Ästen der motorischen Endplatte gut unterscheiden. Das Interessanteste ist an diesem Befund, daß dieses bässe, feine Netzwerk einerseits mit den Endästchen der bekannten Nervenendigungen anastomosieren und andererseits mit den dunklen Streifen der quergestreiften Muskelsubstanz in Verbindung treten sollte<sup>2</sup>.

Die Abb. 1 nach einer Zeichnung *Boekes* gibt uns ein klares Bild über seine Auffassung bezüglich der Struktur einer Endplatte. — Es gelang

<sup>1</sup> *Boeke*: Anat. Anz. 35 (1910). Vgl. besonders seine Arbeit: Beiträge zur Kenntnis der motorischen Nervenendigungen. Internat. Mschr. Anat. u. Physiol. 28 (1911). Ferner die Arbeiten von *Aoyagi* (1912) sowie von *Boeke* und *Dusser de Barenne* (1919).

<sup>2</sup> Das *Boeke*sche Netzwerk ist eine seltene Erscheinung. Selbst in den meisten von diesem Forscher dargestellten Abbildungen ist es nicht zu sehen. Dagegen sieht man in der grundlegenden Abhandlung *Boekes* jene oder ähnliche motorische Endplatten, wie wir sie vor längerer Zeit beschrieben haben (*Tello* u. v. a.). Vgl. z. B. die Endplatten der Tafel 17, 18 und 19. Nur auf einigen Abbildungen der

uns auf Grund langwieriger Versuche eine besondere Imprägnationsformel zu finden, mit welcher wir in den Muskelendplatten der Zunge des Kaninchens eine retikulierte Struktur nachweisen konnten (Abb. 2). Auf unseren Präparaten ist dieses blasse Netz etwas breiter als auf den Abbildungen Boekes, doch glauben wir, daß es sich um das gleiche Gebilde handelt<sup>1</sup>. Unsere Untersuchungen führten uns zu der Überzeugung, daß die Muskelendplatte außer den Kernen zwei wesentliche Strukturen enthält: 1. die subsarkolemmalen Endverästelungen der Nervenfasern und 2. das von Boeke entdeckte blasse Netzwerk (peritermiales Netz). — Nun scheint aber dieses Reticulum, welches auf unseren Präparaten ein mehr oder minder granulöses Aussehen zeigt, mit den nervösen Verästelungen nicht in Beziehungen zu treten. Dagegen ist es wahrscheinlich, daß die Maschen des Gerüstes sich in die dunklen Streifen der quergestreiften Substanz fortsetzen, wie es auf der Abb. 2 ersichtlich ist. Es ist aber schwer festzustellen, mit welchen Streifen die Netzmaschen in Beziehung treten.

Wir sind aber der Ansicht, daß die Endplatte gleich vielen Zelltypen, wie z. B. gleich den Epithelien (*Heidenhain*), Bindegewebzellen (*Tello*), Ependymzellen (*Serra, Cajal*), Krebszellen (*Del Rio Hortega*), der Neuroglia der grauen Substanz usw., eine eigene netzartige Struktur besitzt, die als Überbleibsel des embryonalen Gerüstes zu betrachten ist, auf dessen Kosten sich die quergestreifte Substanz differenzierte. Wir möchten aber keineswegs die Annahme ablehnen, wonach diese Einrichtung der Endplatte ein vermittelndes Gerüst zwischen der contractilen Substanz und den Neurofibrillen sowie dem Neuroplasma der Endverästelung darstellt.

Bezüglich der neurofibrillären Struktur der Nervenverästelungen der motorischen Endplatte sei es uns gestattet, auf die wenig beachtete

Tafel 20 erscheint ein blasses adventitielles Netz außerhalb der Endverästelung [Internat. Mschr. Anat. u. Physiol. 28 (1911)]. In den späteren Arbeiten Boekes sind die periterminalen Netze zahlreicher. Vgl. „Die Beziehungen des Nervensystems“ usw. [Z. mikrosk.-anat. Forsch. 4 (1926)]. Weitere wertvolle Arbeiten: *Heringa*: Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des peripheren Nervensystems. Amsterdam 1920. — *Iwanga*: Studien über die motorischen Nervenendigungen. Mitt. Path. (Sendai) 2 (1925) usw.

<sup>1</sup> *Cajal*: Trav. Labor. Rech. biol. Madrid 23 (1925).

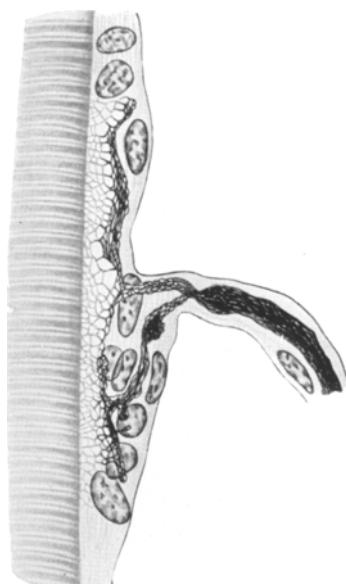


Abb. 1. Motorische Endplatte bei seitlicher Betrachtung.  
(Nach Boeke.)

Tatsache hinzuweisen, daß wir diese schon 1904 dargestellt haben<sup>1</sup>. Unsere diesbezüglichen Beobachtungen wurden hernach von *Tello*<sup>2</sup> u. a. bestätigt. Später wurde dieses Verhalten auch mit Hilfe der *Bielschowsky*-schen ammoniakalischen Silberoxydmethode nachgewiesen.

Es erhebt sich nun die Frage, ob alle von *Boeke* beschriebenen Endplatten zum selben Typ gehören? Dies erscheint uns wenig wahrscheinlich. Neben den gewöhnlichen motorischen Endplatten mit und ohne periterminales Netz existieren nämlich andere, verhältnismäßig seltene Endigungen, die wir bei jungen Mäusen, Katzen und Hunden und im

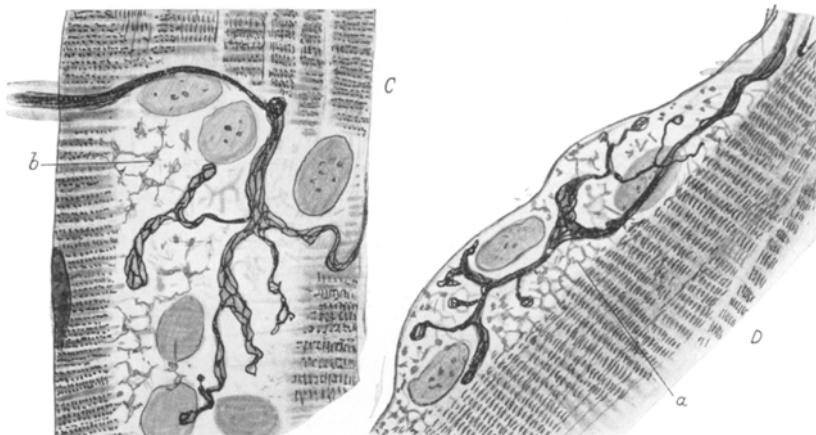


Abb. 2. Kaninchenzunge. *D* Motorische Endplatte bei seitlicher Betrachtung. *C* Von oben gesehen. *a, b* periterminales Netz *Boekes*.

allgemeinen bei Tieren, die sich noch in der Entwicklung befinden, nachweisen konnten. Es handelt sich hier nicht um eigentliche Ramificationen, sondern um bandförmige, breite, membranartige Endfortsätze, die gleich einem tüllartigen Gewebe eine gut unterscheidbare feine Netzstruktur besitzen. Vielleicht gehören die von *Boeke* beschriebenen Gebilde<sup>3</sup> zu diesem Typ (vgl. die Abb. 19, 20 und 21 seiner Arbeit aus dem Jahre 1911). Es ist wohl möglich, daß *Iwanga* auch ähnliches beobachtete, indem er behauptet, daß das Netzwerk den marginalen Teil der spät differenzierten, noch nicht konsolidierten Nervenäste darstellen mag. Da es oft vorkommt, daß der membranartige Endausläufer nur bei energischer Imprägnation der axialen Neurofibrillen mit dem Neuriten in Zusammenhang erscheint, so ist eine Verwechslung mit dem diffusen periterminalen Netz leicht möglich. Doch wird jeder Irrtum ausgeschlossen, wenn wir uns die Tatsache vor Augen halten, daß das er-

<sup>1</sup> *Cajal*: Trab. labor. invest. biol. Madrid 3 (1904).

<sup>2</sup> *Tello*: Trab. labor. invest. biol. Madrid 4 (1905—06).

<sup>3</sup> *Boeke*: Z. mikrosk.-anat. Forsch. 4 (1926).

wähnte Band innerhalb der Endplatte scharf gezeichnete Grenzen besitzt. Welch zarte und zierliche, schleierartige Hülle die Wachstumskeulen beim Auftauchen eines Hindernisses bilden können, konnten wir bei unseren Studien über die Nervenregeneration feststellen, nämlich in jenen Fällen, wo gelegentlich die Fettkörperchen mit einer nervösen Membran umhüllt werden<sup>1</sup>.

Bezüglich der neurofibrillären Natur der erwähnten blassen periterminalen Netze in den gewöhnlichen und voll entwickelten Endplatten haben neuere Autoren gewisse Zweifel geäußert. So unter anderem *Castro*<sup>2</sup>, der Originalpräparate der *Boekeschen* Schule untersuchen konnte und *Wilkinson*, der nicht nur die Präparate von *Boeke* und *Agduhr* betrachten konnte, sondern auch die Gelegenheit hatte, mit diesen Gelehrten zu arbeiten. Dieser Forscher bestätigt, daß er die erwähnten periterminalen Netze der motorischen Endplatte nicht deutlich wahrnehmen konnte. Nach diesem Verfasser handelt es sich um ein Scheidegerüst der intraplaculären Vakuolen, die ein blasses Reticulum nachahmen. Ihr Vorhandensein ist sehr unbeständig<sup>3</sup>. *Tello* und seine Schüler, die sich der Methode von *Groß* und *Bielschowsky* bedienten, konnten dieses Reticulum auch nicht einwandfrei nachweisen.

*Die Endigungen der glatten Muskelfasern.* Eine andere, gegen die Neuronenlehre ins Feld geführte Tatsache wäre die von *Boeke* beschriebene

<sup>1</sup> *Cajal*: Trav. Labor. Rech. biol. Madrid **24** (1926).

<sup>2</sup> *Castro*: Trav. Labor. Rech. biol. Madrid **23** (1925).

Dieser Verfasser schreibt: „Nach unserer Ansicht ist diese Fortsetzung der periterminalen Neurofibrillen in die motorischen und sensiblen Nervenendigungen nicht vorhanden. Hingegen findet eine innige Verbindung, ohne jede Binde- oder Kittsubstanz zwischen dem innervierten Elemente und der Nervenendigung statt. Bei dieser Sachlage bekommt man leicht den Eindruck von einer vollkommenen Kontinuität zwischen den feinsten, im Neuroplasma liegenden Neurofibrillen und den zarten argentophilen Fädchen, die im Sarkolemma oder Protoplasma des sensiblen Endkörperchens gelagert sind.“

<sup>3</sup> *Wilkinson, H. J.*: The innervation of striated Muscle. Adelaide. Australien 1929. Es ist sehr bemerkenswert, daß nach diesem Forscher die periterminalen Netze keineswegs beständig sind wie die Neurofibrillen, sondern sich auflösen und sogar ganz verschwinden können.

Nach *Wilkinson* wird die wirkliche Nervenendigung der Muskelplatte durch die gewöhnliche, kräftig imprägnierte, neurofibrilläre Endverästelung gebildet. Diese ist der einzige permanente Bestandteil, dessen Färbung und Ausschen sich vom *Boekeschen* periterminalen Netz vollkommen unterscheidet. Demgemäß bezweifelt er, daß die periterminalen Netze leitende Elemente wären. Es ist merkwürdig, daß dieser Forscher, ohne meine und *Castros* Arbeiten zu kennen, in der Hauptsache mit unseren Schlüssen übereinstimmt und sich sogar noch entschiedener und schärfer gegen die Auffassung *Boekes* ausspricht. *Wilkinson* behauptet, daß dieses peritermiale Netz, welches auf Grund einer Nachfärbung mit Hämatoxylin darstellbar ist, schnell verschwindet. Bezüglich der interessanten Diskussion zwischen *Boeke* und *Wilkinson* über die Struktur der motorischen Endplatte vgl. Z. mikrosk.-anat. Forsch. **23** (1931). Daselbst auch die Arbeit *Heringas* über das peritermiale Reticulum *Boekes* mit einigen interessanten Ausführungen über die Struktur des Sarkoplasmas (S. 505).

und abgebildete Nervenendigung im Innern der glatten Muskelfasern. Diese Endigung sollte mit Hilfe von feinen, penetrierenden Fasern geschehen, die sich mit der *Bielschowskyschen* Methode nachweisen lassen und die in ein feines, freies Knöpfchen auslaufen. Die Abbildungen *Boekes* wurden von *Held* (1929) und vielen anderen Verfassern, darunter *Ph. Stöhr* (1928), übernommen. Das erwähnte Endknöpfchen sollte einmal im Protoplasma selbst, ein andermal im Kern liegen (*Boeke*). Ähnliche Endigungen wurden sogar auch im Innern der Epithelzellen beschrieben.

Angenommen, daß diese intracellulären Endigungen zweifellos vorhanden sind und nicht etwa dadurch vorgetäuscht werden, daß die außen liegenden Fasern sich an die Zellmembran innig anschmiegen, ist diese Tatsache mit der Neuronenlehre keineswegs unvereinbar. Wir kennen doch seit vielen Jahren ein beglaubigtes Beispiel für die intracelluläre Verästelung in der Form der Verzweigung der unterhalb des Sarkolemmas liegenden motorischen Endplatte. Die von *Boeke* angeführten Beispiele wären in der Hauptsache ähnlich geartet. Wir selbst haben schon über 40 Jahre vorher auf Grund von *Golgi*-präparaten intraepitheliale Nervenendigungen in Drüsen beschrieben<sup>1</sup>, die schon von *Pflüger* erwähnt wurden. Doch konnten wir uns später überzeugen, daß die Fasern, von denen wir annahmen, daß sie ins Protoplasma eindringen, ausschließlich in der Kittsubstanz endigen<sup>2</sup>. Doch möchten wir wiederholt betonen, daß das intraprotoplasmatische Eindringen einer, durch ihre Struktur und Färbung von den Bestandteilen der Zelle völlig unterschiedlichen Neurofibrille keinen beweiskräftigen Einwand gegen die Neuronenlehre bildet, da in diesem Falle die beiden Bestandteile ihre Individualität bewahren und sich nicht vereinigen.

Eine ähnliche Auffassung äußerte vor uns *Castro*, indem er schrieb: „Wenn wir auch zugeben, daß die Fasern in das Protoplasma der glatten Muskelfasern eindringen, wie *Boeke* (1915—26), *Stöhr* (1926), *Lawrentjew* (1926) und bezüglich gewisser epithelialen Elemente *Boeke* und *Heringa* (1920) annehmen, die Tatsache bleibt bestehen, daß die Endfasern und das innervierte Protoplasma voneinander unabhängig bleiben, da sich ihr Cytoplasma nicht vermischt. Die kleine Endkeule oder der Endring besitzt immer außer der Neurofibrille eine schmale protoplasmatische Hülle. So stehen wir also in Wirklichkeit zweierlei innig verbundenen, voneinander unabhängigen Systemen gegenüber.“ Zu diesem Gedankengang fühlte sich *Castro*<sup>3</sup> veranlaßt, als er in den Zellen

<sup>1</sup> *Cajal y Sala*: Terminaciones de los nervios y tubos glandulares en el páncreas etc. Barcelona 1891.

<sup>2</sup> Bezuglich der Endigungen in den glatten Muskelfasern siehe auch meine ältere Arbeit: Los ganglios y plexos nerviosos del intestino de los mamíferos etc. Barcelona, November 1893 (mit 13 Abb.).

<sup>3</sup> *Castro*: Trav. Labor. Rech. biol. Madrid **26** (1929).

des sich ossifizierenden Knochenmarkes knopfförmige Nervenendigungen entdeckte oder entdeckt zu haben glaubte.

*Boekes peritermiales Netz in den sensiblen Endkörperchen*<sup>1</sup>. Bei seinen auf das peritermiale Netzwerk von verschiedenen Typen der sensiblen Endkörperchen gerichteten Untersuchungen fand *Boeke* auch in den *Grandryschen* Körperchen der Ente und sogar in gewissen geschichteten Epithelien eine ähnliche Struktureigentümlichkeit.

Auf der Abb. 3 geben wir eine Zeichnung *Boekes* bezüglich der spezifischen *Grandry - Meckelschen* Nervenendapparate der Ente wieder. Auf der rechten Seite

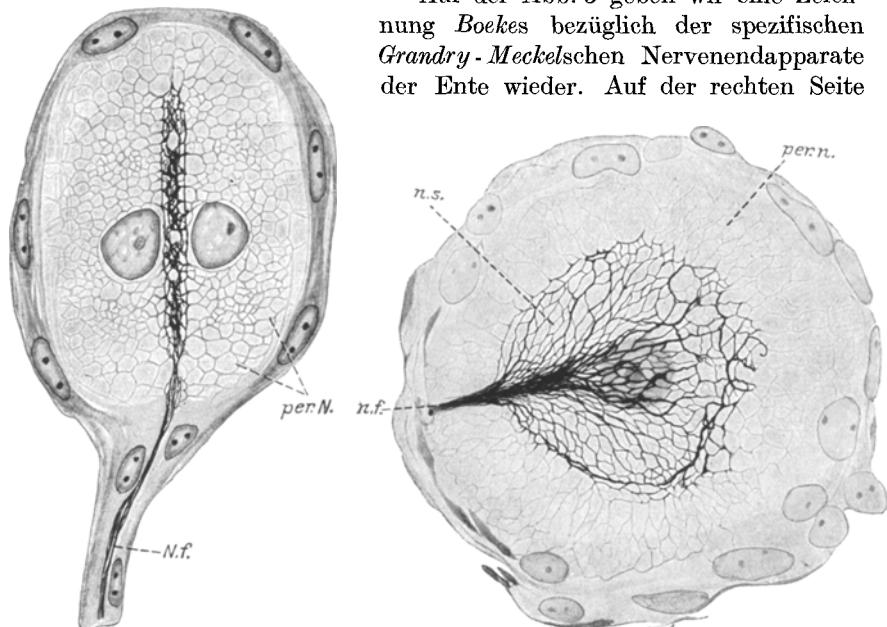


Abb. 3. Nervenendigungen in den *Grandryschen* Körperchen der Ente. Rechts ist ein Parallelschnitt, links ein Normalschnitt der Endplatte zu sehen. (Nach *Boeke*.)

der Abbildung sind die Neurofibrillen der Scheibe von oben gesehen, auf der linken Seite ist dasselbe Gebilde bei seitlicher Betrachtung inmitten der Stützelemente dargestellt. Zwischen dem Gerüst der Stützzellen und den Neurofibrillen der nervösen Endscheibe lässt sich, wenn auch nicht mit besonderer Klarheit, eine Kontinuität vermuten. Diese Entdeckung schien *Held* für seine Beweisführungen im Sinne der Syncytiallehre besonders wertvoll.

<sup>1</sup> *Boeke*: Z. mikrosk.-anat. Forsch. 4 (1926). Sowie: Z. mikrosk.-anat. Forsch. 6 (1926). — Ein feinfaseriges Netz in den *Grandryschen* Körperchen wurde übrigens schon von *Navik* beobachtet. Dieser Forscher konnte die Kontinuität des Netzes mit der Endscheibe nicht bestätigen. Vgl. „Zur Frage von dem Bau der Taststellen in den *Grandryschen* Körperchen“. Anat. Anz. 36 (1910).

Nun betrachtet *Lawrentjew*<sup>1</sup> als Zeichen der Abhängigkeit und Unterordnung der nervösen Scheibe und der Stützelemente jene Beobachtung, daß nach Durchschneidung des Nervus trigeminus auch die Stützelemente degenerieren. Nach ihm soll das Chondriom der erwähnten Zellen schon früh eine Verlagerung und einen sehr charakteristischen Abbau erleiden. Diese Erscheinung besitzt aber nach unserem Ermessen keine Beweiskraft. Da einmal der funktionelle Verband der im Dienste der gleichen Funktion vereinigten Elemente aufgehoben wurde, ist es doch naheliegend, daß degenerative Erscheinungen auftreten. Wir erinnern an die raschen Umwandlungen der *Schwannschen* Zellen im peripheren Stumpf der durchschnittenen Nerven. Ihre Degeneration könnte in diesem Falle durch die Entdifferenzierung der erwähnten Zellen erklärt werden, die im normalen Zustand zur Erhaltung ihrer spezifischen Struktur von ihren trophischen Zentren irgend einen dynamischen Reizstoff beziehen müssen.

Das protoplasmatische periterminale Netz der *Grandryschen* Körperchen war auch der Gegenstand von pathologisch-anatomischen Versuchen. Neben älteren Arbeiten möchten wir hier die Experimente von *Boeke*<sup>2</sup> erwähnen. Nach Unterbrechung der Innervation dieser Körperchen fand *Boeke* das Eindringen der neugebildeten Fasern in die nervöse Scheibe und die Regeneration des periterminalen Netzes. Man muß anerkennen, daß seine bildlichen Darstellungen (seine Abb. 26 und 27; 47 Tage nach der Durchtrennung des Nervenstammes), wo im Laufe der Regeneration das periterminale Netzwerk bei den Stützzellen erscheint, wirklich sehr eindrucksvoll sind.

Doch die in unserem Institut durchgeführten pathologisch-anatomischen Versuche vermochten die Ansicht *Boekes* nicht zu bestätigen. Die neuesten Untersuchungen von *Martínez Pérez*<sup>3</sup>, der die Regeneration der *Grandryschen* und *Herbstschen* Körperchen nach Durchtrennung des orbitalen Trigeminusastes studierte, scheinen der nervösen Natur des erwähnten periterminalen Netzwerkes zu widersprechen. Diese Regeneration tritt erst sehr spät ein, sie beginnt erst nach 6 Monaten und vollzieht sich erst nach 9 Monaten. Bezuglich der Einzelheiten verweisen wir auf die interessante Arbeit dieses erfolgreichen Forschers. An dieser Stelle möchten wir nur noch die Tatsache betonen, daß nach den Feststellungen von *Martínez Pérez* die an Stelle der alten, degenerierten Endscheibe heranwachsenden neugebildeten Neurofibrillen die Grenzen der Scheibe nicht übertreten und folglich in das Protoplasma der Stützzellen nicht eindringen<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> *Lawrentjew*: Z. mikrosk.-anat. Forsch. 6 (1926).

<sup>2</sup> *Boeke*: Z. mikrosk.-anat. Forsch. 4 (1926).

<sup>3</sup> *Martínez Pérez*: Trav. Labor. Rech. biol. Madrid 28 (1932).

<sup>4</sup> Die Frage der Regeneration des periterminalen Netzes ist bisher für uns noch nicht spruchreif. Zur Klärung des Problems sind noch weitere Untersuchungen und das Studium der Veränderungen auf Grund der Silberreduktionsformeln sowie der *Groß-Bielschowskyschen* Methoden notwendig.

*Eigene Beobachtungen über die Grandryschen und Herbstschen Körperchen.* In Anbetracht dessen, daß uns vor Jahren die Anwendung unserer ersten Silber-Imprägnationsformel das Studium dieser von *Dogiel*<sup>1</sup> erforschten Gebilde sehr gut ermöglichte, versuchten wir die erwähnten Tastkörperchen von neuem mit der Imprägnationsmethode darzustellen. Die von uns bevorzugte Fixierungsflüssigkeit besteht aus einer 3—4%igen

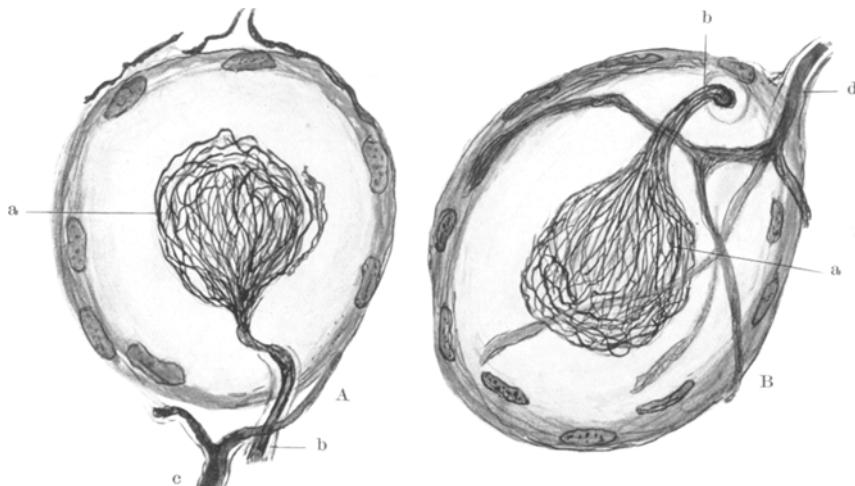


Abb. 4. Struktur der Endscheibe der *Grandry-Merkelschen* Körperchen. In der Abbildung rechts (bei d) erscheint außerdem eine Endverästelung, die sich an der Kapsel endigt. a Neurofibrillennetz der Scheiben. d eine von *Dogiel* beschriebene Kapselndfaser.

Silbernitratlösung unter Zugabe von 15—25 cem Alkohol. Auch die Chloralhydratfixierung mit Nachbehandlung im ammoniakalischen Alkohol hat uns vorzügliche Dienste geleistet. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate stimmen im allgemeinen mit denen überein, zu welchen die *Bielschowskysche* Methode und ihre Varianten führen.

Auf der Abb. 4 bei A und B haben wir zwei *Grandry'sche* Körperchen von oben geschen dargestellt.

Es ist bemerkenswert, daß hier keine einzige Neurofibrille aus dem Gebiet der nervösen Scheibe heraustritt. Aber vielleicht eignen sich die

<sup>1</sup> *Dogiel*: Anat. Anz. 25 (1904). In dieser Arbeit beschreibt *Dogiel* als erster die Neurofibrillen der *Grandryschen* und *Herbstschen* Organe. Vgl. auch seine grundlegende, mit Hilfe der *Ehrlichschen* Methode ausgeführte Arbeit: Die Nervenendigungen der Tastkörperchen (Arch. f. Anat. 1891), sowie die Untersuchungen von *Szymonowicz*: Arch. mikrosk. Anat. 48 (1896). Ich selbst habe die *Grandryschen* Körperchen mit der Silbernitratmethode untersucht, ohne bei diesem Gegenstand in Anbetracht der erschöpfenden Darstellung *Dogiels* länger zu verweilen. (Vgl. *Cajal*: Histologie du système nerveux, Tome 1, p. 476, Abb. 121). Alle unsere Kenntnisse über das neurofibrilläre Gerüst der Tastkörperchen verdanken wir in der Tat diesem Forscher.

mit der Endplatte parallel geführten Schnitte nicht gut zur Erkennung der im Protoplasma der Stützzellen vermuteten periterminalen Netze. Aus diesem Grunde untersuchten wir antero-posteriore Längsschnitte.

Wie aus der Abb. 5 ersichtlich ist, blieb das Ergebnis dasselbe. Aus der quergeschnittenen Nervenplatte, deren Neurofibrillen kräftig imprägniert erscheinen, treten keine für die Stützzellen bestimmte Fasern heraus. An dieser Abbildung finden wir auch die bekannten pericapsulären, von der plattenbildenden

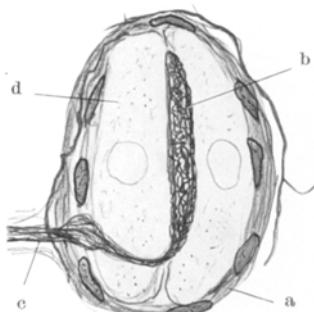


Abb. 5. *Grandry'sches Körperchen.*  
Querschnitt.

Faser unabhängigen Nervenfibrillen gut dargestellt (*Dogiel* und seine Schule).

Die *Herbstschen* Körperchen oder die kleinen *Pacinischen* Apparate des Entenschnabels wurden in den letzten Jahren weniger eingehend berücksichtigt; sie waren damit auch weniger umstritten als die *Grandry'schen* Körperchen. Es sei uns erlaubt, auch darüber einige Bemerkungen zu machen, um so mehr, weil sie in unseren neueren Präparaten eine kräftige Imprägnation zeigten.

Die Abb. 6 zeigt uns am Endkolben der Nervenfaser ein freies neurofibrilläres Netz, bestehend hauptsächlich aus henkelförmigen Maschen, von denen einige die Endausbreitung des Axons überragen. Der wichtigste Punkt dieser Beobachtung besteht meines Erachtens im völligen Mangel von in die zentrale körnige Masse (b) eindringenden Neurofibrillen bei voller Klarheit und Feinheit der Imprägnation.

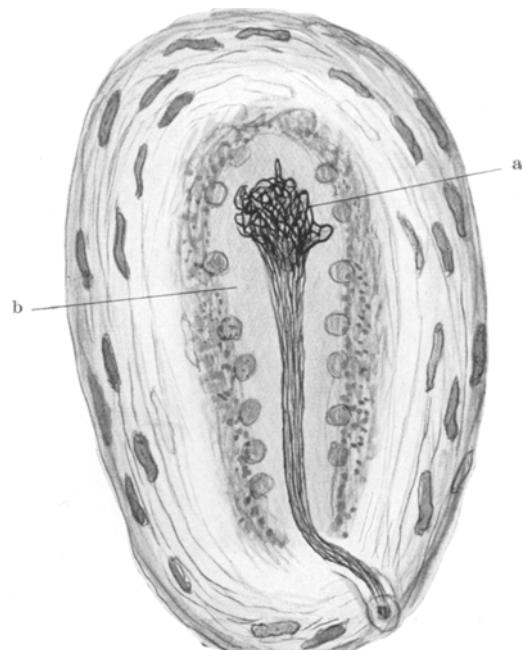


Abb. 6. *Herbstsches Körperchen*. Erwachsene Ente.  
Schnabel. Reduzierte Silbernitratmethode, nach  
Nitratalkoholfixierung. a Komplizierter Neuro-  
fibrillenplexus der Endkeule des Axons. b Blasses  
Protoplasma der fibrillenfreien Stützzellen.

Die *Herbstschen* Körperchen haben neuerdings eine Aktualität und theoretische Wichtigkeit durch die erwähnten Untersuchungen von *Martinez Pérez* erworben. Dieser Verfasser hat die verschiedenen Stadien der traumatischen Regeneration dieser Apparate verfolgt, wobei er feststellen konnte, daß die nach  $2\frac{1}{2}$  Monaten beginnende Regeneration ihren Höhepunkt mit 11 Monaten erreicht. Aber das bezeichnendste und interessanteste Resultat dieser Versuche besteht darin, daß der zentrale Nervenstamm durch ein aus feinen Ästchen bestehendes kompliziertes Geflecht ersetzt wird, dessen Endzweige in die zentrale körnige Masse sozusagen blindlings hineinwachsen, ohne sich zu einer Endkeule zu vereinigen.

Die von *Martinez* erhobenen Befunde ergaben noch eine weitere interessante Tatsache zu ungünstigen der, auch von *Boeke* angenommenen Theorie der Leitzellen (*Held*). Alle die neugebildeten Endäste verlaufen nämlich ganz frei, ohne Inanspruchnahme von vorgebildeten Bahnen. Eine Lehre, zu der wir uns schon seit mehr als 25 Jahren bekennen. Das Erscheinen der sog. Leitzellen sowohl bei der Regeneration der Nerven als auch in der Neurogenesis der Embryonen, ist immer eine späte und nie eine einleitende Erscheinung<sup>1</sup>.

Im allgemeinen möchten wir uns noch folgende Bemerkung erlauben: Bei der aufmerksamen Betrachtung der Abbildungen *Boekes* fällt besonders der große Unterschied zwischen der kräftigen Imprägnation der neurofibrillären Netze der nervösen Endscheibe sowie der motorischen Endplatte und der blassen, kaum wahrnehmbaren Zeichnung der periterminalen Strukturen auf.

Es ist aber noch mehr überraschend, daß in den Präparaten von *Boeke* jene deutlichen plasmatischen Grenzen, die in jedem Endorgan die feinen marklosen Äste von der Umgebung scheiden, nicht oder kaum wahrnehmbar sind. Gerade diese Grenzen lassen sich aber auf den Goldpräparaten (z. B. bei der *Loewitschen* Methode), auf den *Dogiel'schen* (gewonnen mit der Methode von *Ehrlich*) sowie auf den Silberpräparaten nie vermissen (vgl. die Abbildungen *Boekes* mit unseren, sowie jenen von *Tello* und denen der Anhänger der *Bielschowskyschen* Methode). Eine derartige Unsicherheit in der Darstellung der Beziehungen des periterminalen Netzes zu dem Neuroplasma bedeutet einen großen Nachteil für die von *Boeke* verwendete Methode.

### Zusammenfassung.

Wir bestreiten nicht die objektive Realität des periterminalen Netzwerkes, sondern, wie wir oben ausgeführt haben, seine unbedingt nervöse Natur und seine Kontinuität mit den Neurofibrillen. Dies alles schmälert

<sup>1</sup> Vgl. auch mein leider wenig bekanntes Buch „Degeneration and Regeneration of the nervous System. London 1928. I./II. Übersetzt von *R. May*.

die physiologische Bedeutung des periterminalen Netzwerkes keineswegs. Dieses Reticulum mag sehr wohl ausschließlich der innervierten Zelle angehören und ein zwischengeschaltetes System für die Fortpflanzung des nervösen Impulses zu den rezeptiven (motorischen Endplatten) oder den kollektiven Endkörperchen (*Grandrysche Apparate*) darstellen. Und den Impuls kann dieses Netzwerk sowohl vom Neuroplasma als von den Neurofibrillen empfangen, deren ausschließlich leitende Funktion wir bisher noch als hypothetisch erachteten<sup>1</sup>.

Wir sind weder hartnäckig noch dogmatisch. Wir möchten uns dessen rühmen, daß wir eine geistige Geschmeidigkeit bewahrt haben, die sich vor Richtigstellung nicht schämt. Die an der Hand von unzähligen, hier nicht berührten Beispielen offenkundige Diskontinuität der Neuronen könnte auch Ausnahmen erleiden, selbst wie z. B. die vermutliche Kontinuität zwischen gewissen Zellen der Drüsen, der Gefäße und des Darmsystems (interstitielle Neurone). Neuerdings fand *Lawrentjew*<sup>2</sup> in diesem letzten Zelltyp Anastomosen und Neurofibrillen. Der Nachweis dieser Verbindungen durch Kontinuität bei den Coelenteraten würde uns auch nicht überraschen, obwohl neuerdings *Bozler*<sup>3</sup> in seinen *Ehrlich*-präparaten solche nicht beobachten konnte. Es ist dies ein Punkt, der noch weiterer Untersuchungen mit modernen Methoden bedarf.

<sup>1</sup> Vgl. unter anderem *Cajal*: *Trab. Labor. Inv. biol.* **4** (1905). Sowie: *Internat. Mschr. Anat. u. Physiol.* **21** (1904). In der Netzhaut besitzt ein ganzes sehr wichtiges Leitungssystem, und zwar jenes der bipolaren Nervenzellen, keine wahrnehmbaren Neurofibrillen, wohingegen die horizontalen Neuronen, deren Mitbetätigung an der Weiterleitung der nervösen Erregung sehr zweifelhaft ist, überaus reich mit Neurofibrillen ausgestattet sind.

<sup>2</sup> *Lawrentjew*: Über die Umbildung der nervösen Elemente (einschließlich der interstitiellen Zellen *Cajals*). *Z. mikrosk.-anat. Forsch.* **6** (1926). Bezüglich der Deutung dieser Zellen sind wir anderer Ansicht als *Lawrentjew*. Dabei ist es durchaus möglich, daß es sich dabei nicht um dieselben Zellen handelt, die ich 1892 und 1893 beschrieb.

<sup>3</sup> *Bozler*: *Z. mikrosk.-anat. Wiss. Biol.* **B 1927**.