

Aus dem Inst. für Neuropathologie der Univ. Bonn (Direktor: Prof. Dr. G. PETERS)
und dem Inst. für Elektronenmikroskopie der Medizinischen Akademie Düsseldorf
(Direktor: Prof. Dr. H. RUSKA)

Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Spinalganglien*

II. Satellitenzellen

Von

JORGE CERVÓS-NAVARRO

Mit 9 Textabbildungen

(Eingegangen am 29. Oktober 1959)

In einer früheren Mitteilung wurden die Nervenzellen des Spinalganglions der Ratte beschrieben. Das Ziel der jetzigen Arbeit ist die Darstellung der strukturellen Eigenschaften der Satellitenzellen und ihrer Beziehungen zueinander, zur Spinalganglienzelle und zum interstitiellen Raum. Bezüglich des Materials und der Methoden verweisen wir auf die erste Arbeit (CERVÓS-NAVARRO). Unter Satellitenzellen verstehen wir lediglich die Zellen, die innerhalb des Spinalganglions direkt an den Nervenzellen oder ihren Fortsätzen liegen und sich nicht an der Kapselbildung beteiligen. Aus der rein elektronenmikroskopischen Betrachtung heraus lassen sich im Spinalganglion nur zwei Arten von Satellitenzellen unterscheiden. Bindegewebszellen, die zwischen kollagenen Fasern des interstitiellen Raumes liegen, sind, obwohl sie den Satellitenzellen zugerechnet wurden, topographisch, strukturell und funktionell von den Zellen mit Kontakt am Neuron zu trennen.

Satellitenzellen I (Hüllzellen). Sie liegen schalenförmig dem Körper der Nervenzellen an. Ihre Kerne haben eine rund-ovale Form mit einer durchschnittlichen Größe von $4\ \mu$ im Querdurchmesser und $7\ \mu$ im Längsdurchmesser. Der Inhalt wird von einer homogen bis feinkörnig erscheinenden Substanz gebildet (Abb. 1). Verdichtungen oder besondere Anordnungen der feinkörnigen Substanz, wie sie in den Nervenzellkernen beschrieben worden sind (CERVÓS-NAVARRO), treten in den Satellitenzellkernen viel weniger deutlich hervor. Man findet lediglich eine oder zwei kleine kernkörperchen-ähnliche Verdichtungen, die meistens exzentrisch gelegen sind.

Die Kerne der Satellitenzellen I befinden sich immer in unmittelbarer Nachbarschaft der Nervenzelle und sind manchmal gegen die Nerven-

* Durchgeführt mit dankenswerter Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

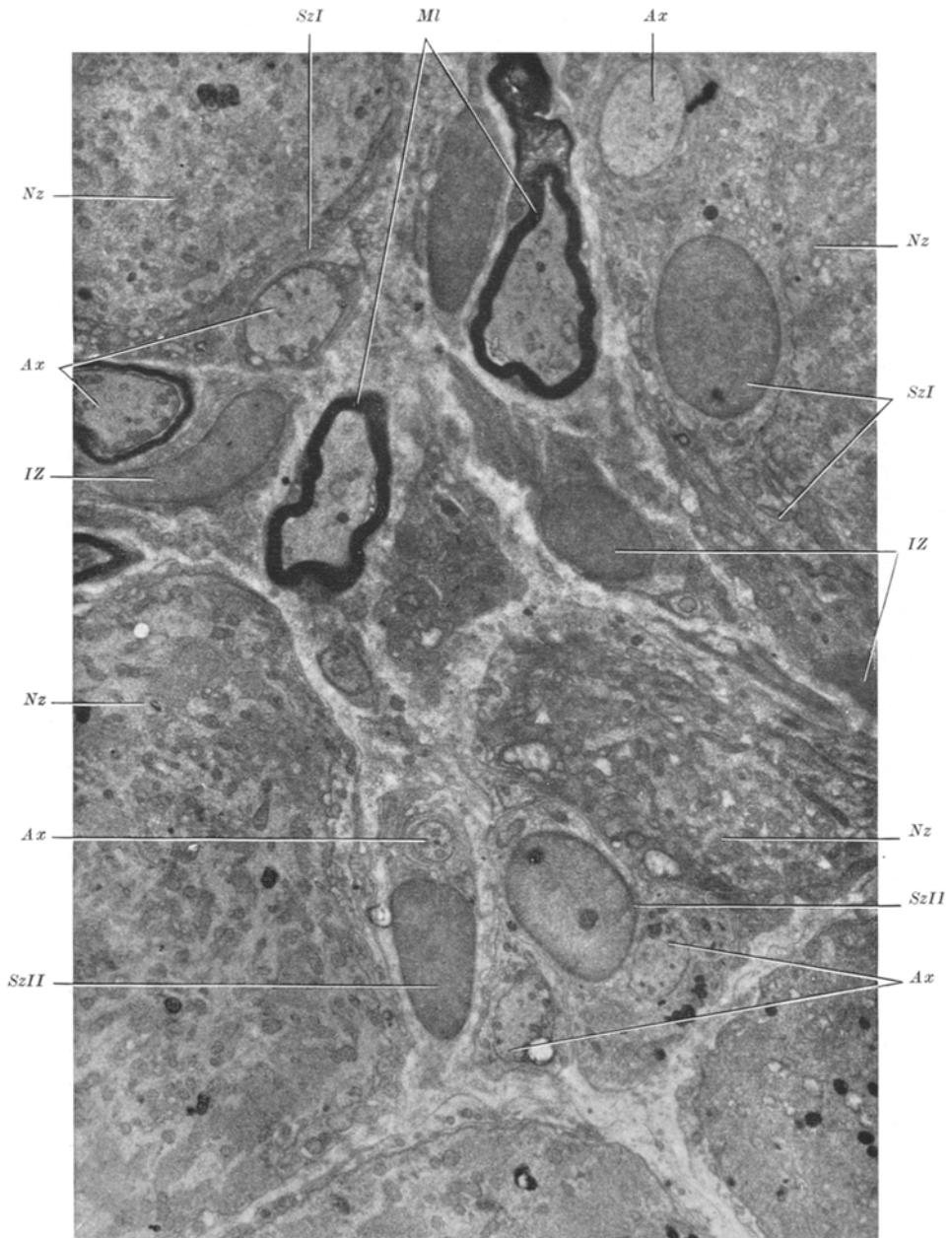


Abb.1. Übersichtsbild aus einem Spinalganglion der Ratte *Nz* Nervenzelle, *Ax* Achsenzylinder, *MI* Myelinscheide, *SzI* Satellitenzelle I (Hüllzelle), *SzII* Satellitenzelle II (Schwannsche Zelle), *IZ* interstitielle Zelle. Elektronenoptische Vergrößerung 1300:1, Abbildung 4200:1

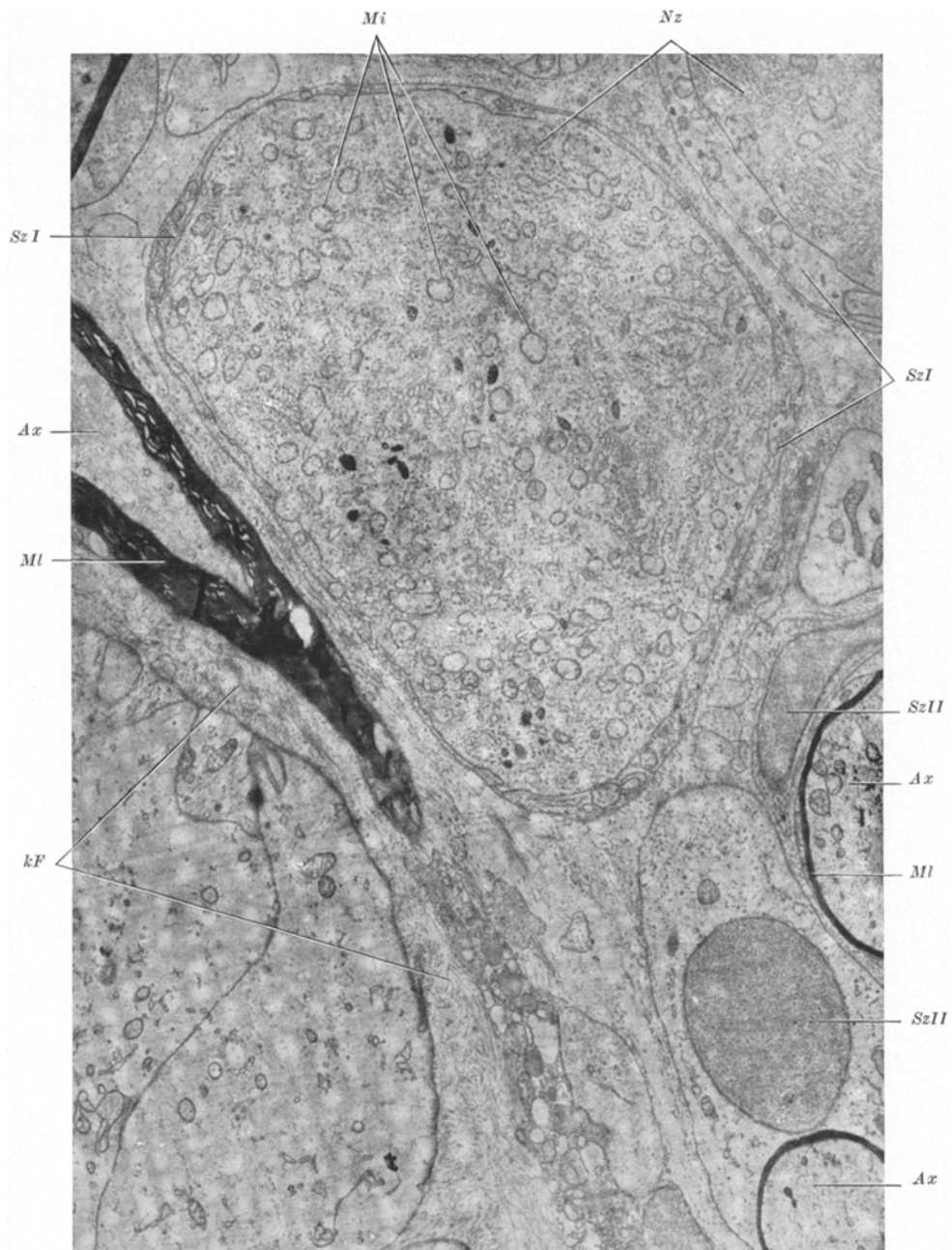


Abb.2. Übersichtsbild. *Mi* Mitochondrien, *kF* kollagene Fibrillen. Sonstige Abkürzungen wie in Abb.1. Die Nervenzellen sind von den Satellitenzellen I ganz überzogen. Elektronenoptische Vergrößerung 1300:1, Abbildung 5000:1

zelle leicht vorgewölbt. Sie zeigen die innere Kernmembran und die äußere cytoplasmatische Membran. Wie schon frühere Arbeiten hervorhoben (HESS 1955, HOSSAK u. WYBURN 1952—55) umschließt das Cytoplasma der Satellitenzellen I die ganze Spinalganglienzelle. Besonders an Übersichtsaufnahmen kann man sich von dieser Tatsache immer wieder überzeugen (Abb. 2), obwohl an manchen Stellen der Satellitenzellüberzug nur $150\text{ }\mu$ breit ist (d. h. er liegt unter der Grenze der licht-optischen Auflösung). In der Umgebung des Satellitenkerns dagegen kann das Cytoplasma eine Breite von $10\text{ }\mu$ erreichen. Dies geschieht im allgemeinen nur dann, wenn die Nervenzelle an dieser Stelle eine Eindellung des Cytoplasmas aufweist. Ganz selten findet man Stellen, an denen die Nervenzellen direkt der Basalmembran angrenzen, ohne daß die entsprechende Hüllzelle dazwischen zieht (Abb. 4). Diese „nackten“ Stellen sind eine Rarität und erstrecken sich über kleine Gebiete von $1\text{--}2\text{ }\mu$. Das Cytoplasma zeigt je nach der Lokalisation einen verschiedenen Aufbau. In den Gebieten, die eine größere Breite zeigen, findet man ein *endoplasmatisches Reticulum* (e. R.), das aus unregelmäßig angeordneten, im Schnitt als kurze Tubuli erscheinenden Strukturen besteht. Diese weisen nie die geschichtete Anordnung und die Länge der „tubulären“ Komponenten des e. R. in den Spinalganglienzellen auf. Die Paladeschen Granula sind in den Satellitenzellen spärlicher als in den Nervenzellen und öfter als in diesen Zellen unmittelbar an den Membranen der „Tubuli“ angeordnet (Abb. 3 u. 4).

Die *Mitochondrien* der Satellitenzellen I sind im allgemeinen kleiner als die der Spinalganglienzellen. Immer wieder findet man aber längliche und größere Exemplare, die an dünnen Stellen des Satellitenzellüberzuges die ganze Cytoplasmabreite einnehmen können (Abb. 4).

Golgi-Zonen sind spärlich vorhanden und im allgemeinen nur in der Nähe des Kerns. Sie sind erkennbar an eng aneinanderliegenden, in sich geschlossenen Membranen, denen die äußere Anlagerung der granulären Komponente, die man am e. R. immer wieder findet, fehlt (Abb. 5).

Die in der Spinalganglienzelle beschriebenen *Bläschen*, die durch eine Membran abgegrenzt werden und einen Durchmesser von $20\text{--}50\text{ }\mu$ aufweisen, sind auch in der Satellitenzelle I vorhanden. Ihre Zahl ist gering und nur selten bilden mehrere Bläschen eine Gruppe.

In der *Satellitenzelle I* findet man außerdem *Pigmentgranula*, die eine rund-elliptische Form aufweisen. Sie erreichen selten in ihrer Längsachse eine Größe über $0,3\text{ }\mu$ und sind kleiner als die Pigmentkörnchen der Nervenzellen. Oft erkennt man, daß die Körnchen durch eine doppelt konturierte Membran von dem umgebenden Cytoplasma abgegrenzt werden. Auf einem granulierten, mittelgradig kontrastierendem Grund befinden sich stärker kontrastierende Granula (Abb. 5). Die Pigmentkörnchen der Satellitenzelle I sind der zweiten Art von Pigment, die

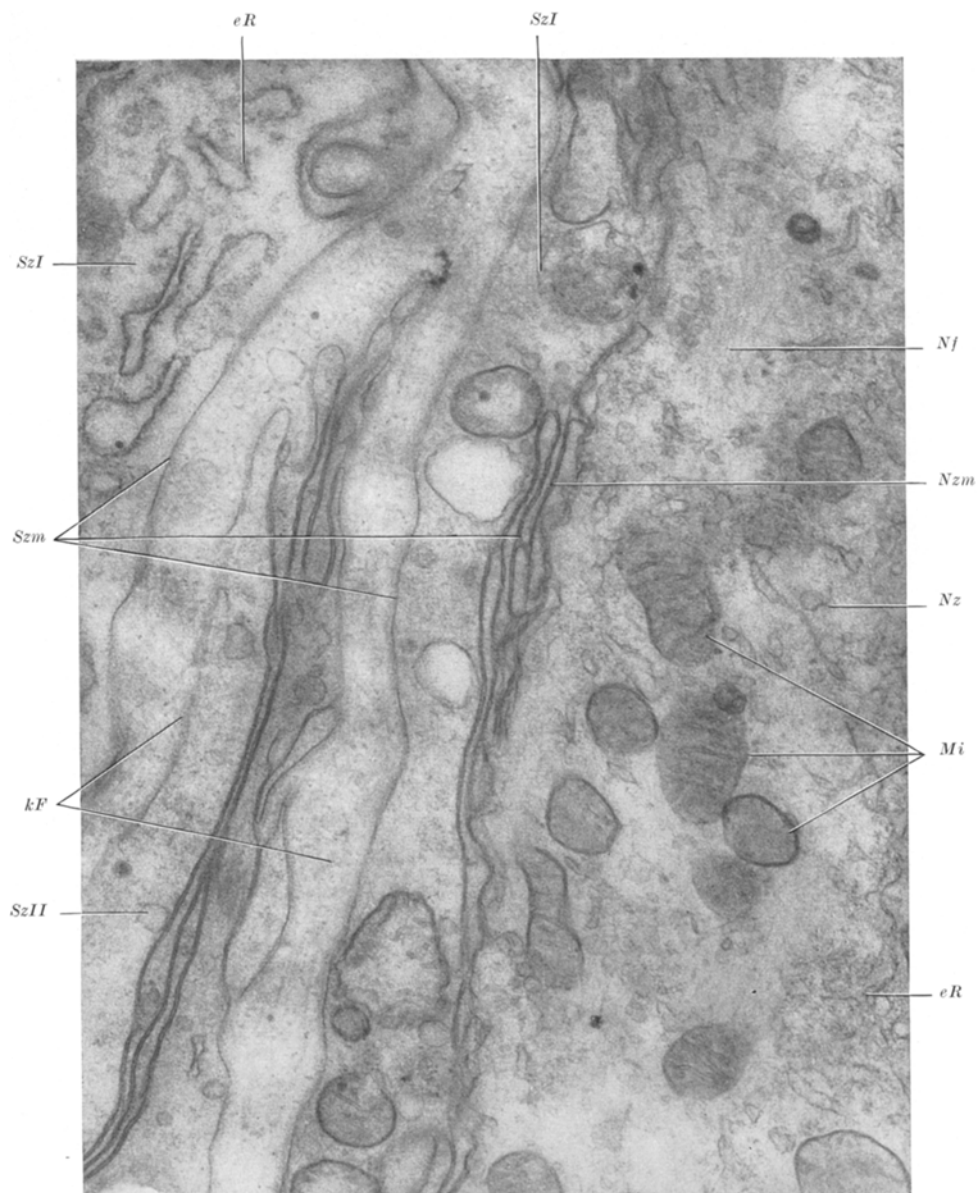


Abb.3. Teilansicht einer Nervenzelle mit ihrem Satellitenüberzug. In dem interstitiellen Raum zwischen 2 Satellitenzellen I Anschnitt einer Schwannschen Zelle. *eR* endoplasmatisches Reticulum, *Nzm* Plasmamembran der Nervenzelle, *Szm* Plasmamembranen der Satellitenzellen, *Nf* Neurofilamente. Sonstige Abkürzungen wie in vorhergehenden Abbildungen. Elektronenoptische Vergrößerung 7900:1, Abbildung 20000:1

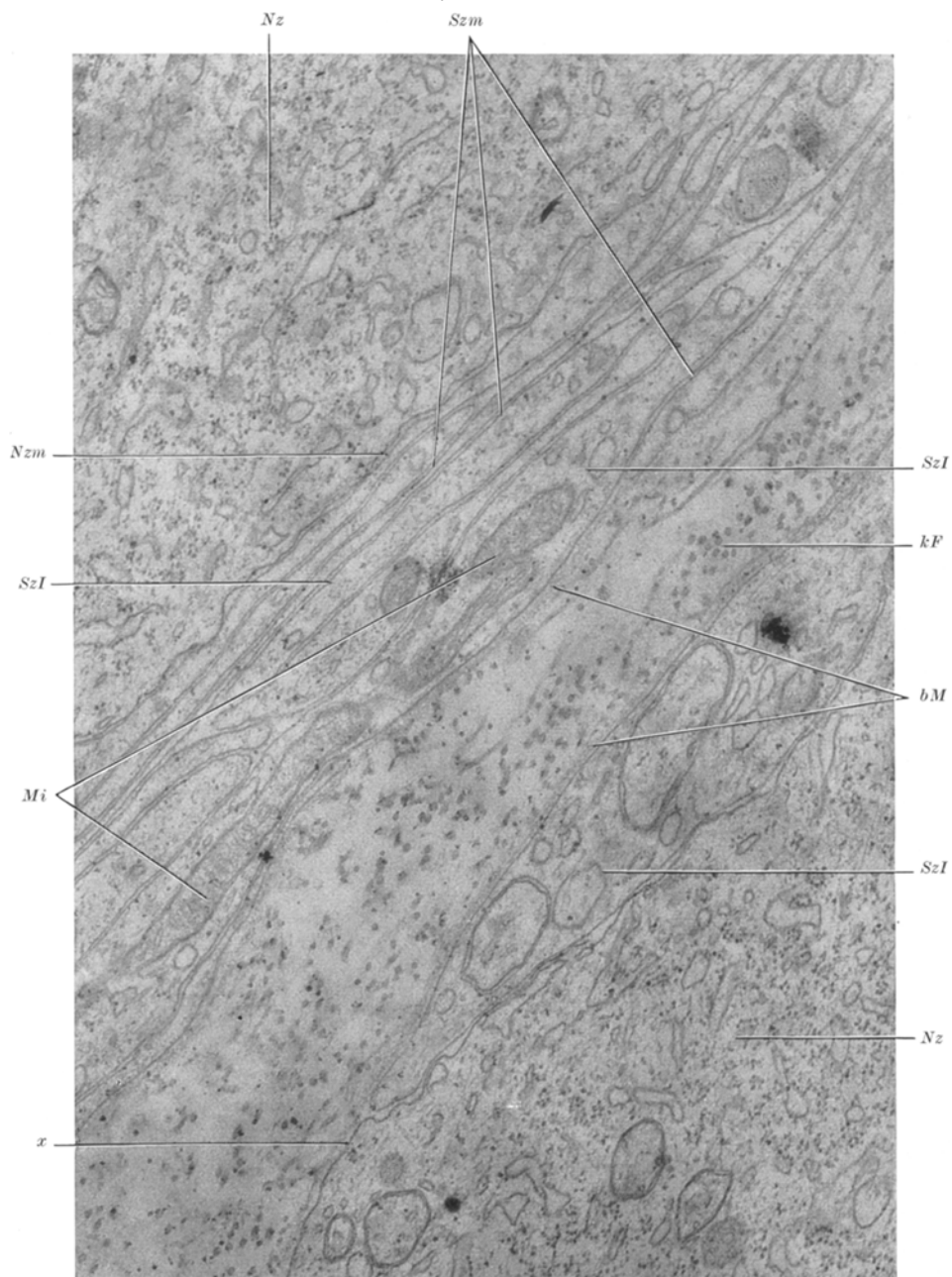


Abb. 4. Teilansicht zweier benachbarter Nervenzellen mit den entsprechenden Überzugszellen. In der oberen Satellitenzelle I starke Faltung der Plasmamembran. *x* Auf einer kurzen Strecke ist die Ganglienzelle „nackt“ (ohne Überzugszelle). Abkürzungen wie in den vorhergehenden Abbildungen. Elektronenoptische Vergrößerung 7900:1, Abbildung 20600:1

wir in der Nervenzelle des Spinalganglions beschrieben haben, sehr ähnlich. In den Nervenzellen sind sie im allgemeinen größer und zeigen feinkörnigere und regelmäßigere Granula.

Die *Plasmamembranen* der Satellitenzellen I grenzen auf einer Seite an die Levi-Plenksche Gitterfasernscheide, auf der anderen Seite an die Nervenzellen und dazwischen liegende andere Satellitenzellen.

Wie HESS (1958) an den Satellitenzellen von Insektenganglien gezeigt hat, werden die Beziehungen zwischen Nerven- und Satellitenzellen durch starke Ineinanderfaltungen der Membranen beider Zellen kompliziert. Die Nerven-Satellitenzellgrenzen in Rattenspinalganglien verlaufen etwas einfacher, da die Plasmamembran der Nervenzellen viel weniger gefaltet ist als die der Satellitenzellen, deren Falten nicht in die Nervenzelle eindringen, sondern sich nur gegen die eigene Zelloberfläche anlegen (Abb. 3 u. 6).

An der Grenze zweier Satellitenzellen, die dieselbe Nervenzelle überziehen, kann man Überlappungen ohne besondere Faltenbildungen sehen.

Gegenüber der Levi-Plenkschen *Gitterfasernscheide* sind die Satellitenzellen I immer durch eine *basale Membran* begrenzt (Abb. 4 u. 5). Die basale Membran ist kontrastarm und von den im intercellulären Raum vorhandenen Gitter- bzw. Kollagenfasern nicht immer leicht zu trennen. Wenn ihre Darstellung deutlich gelingt, zeigt die basale Membran eine Dicke von $15\text{ m}\mu$ und ist durch einen Spaltraum von $20\text{ m}\mu$ von der Plasmamembran der Satellitenzellen getrennt. Zwischen einer Spinalganglienzelle und ihren Überzugzellen sowie zwischen Satellitenzellen I, die dieselbe Nervenzelle überziehen, ist niemals eine basale Membran zu sehen.

Satellitenzellen II (Schwannsche Zellen). In Fortsetzung der Hüllzellen findet man die Zellen, die die Achsenzyylinder von ihren Austrittsstellen an begleiten. Wir behalten für diese Zellen, die in der Lichtmikroskopie fest eingeführte Bezeichnung „Schwannsche Zellen“ bei. Die Beziehungen zwischen peripheren Axonen, Myelinscheiden und Schwannschen Zellen sind elektronenmikroskopisch vielfach untersucht worden und weitgehend geklärt. Hier wird insbesondere der Übergang zu den Satellitenzellen I und das cytologische Aussehen der Schwannschen Zelle beschrieben. Der *Kern* hat eine unregelmäßige, zum Axon hin abgeflachte oder vom Axon her eingebuchtete Form und zeigt ebenso wie bei den anderen Satellitenzellen eine fast homogene Verteilung seiner Substanz. Das *Kernkörperchen* erscheint als eine ziemlich kleine Zone dichter Struktur.

Mit zunehmender Myelinbildung nimmt das *Cytoplasma* der Schwannschen Zelle immer mehr ab, so daß sehr oft die periphere Plasmamembran unmittelbar an der Myelinscheide gelegen ist (Abb. 7). Auch die Cytoplasmaschicht um den Kern kann sehr dünn sein. Nur in dem „Kernmyelinscheidenwinkel“ können cytoplasmatische Strukturen leicht

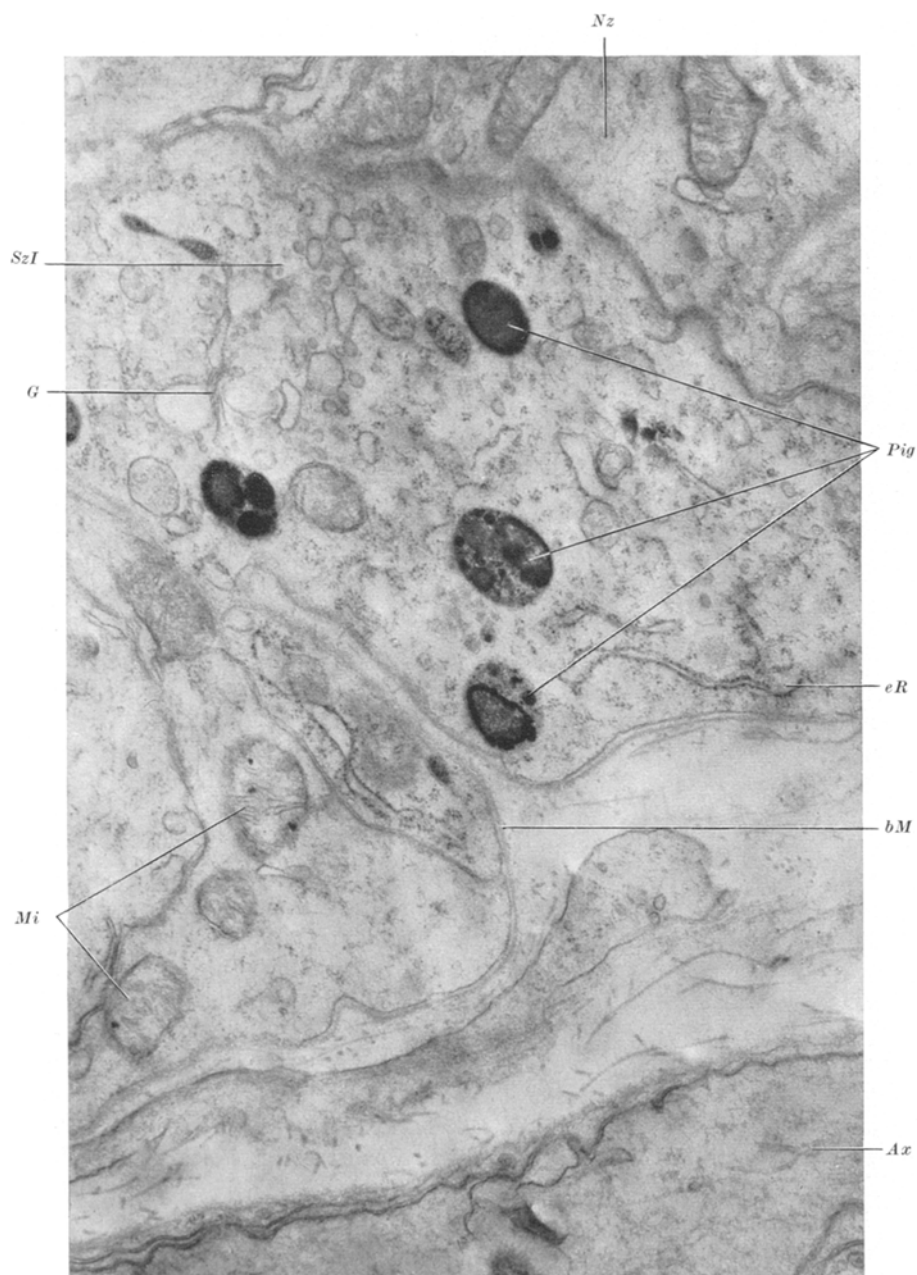


Abb. 5. Satellitenzellen I. *Pig* Pigmentgranula, *bM* basale Membran, *G* Golgi-Zone. Sonstige Abkürzungen wie in vorhergehenden Abbildungen. Elektronenoptische Vergrößerung 6800:1, Abbildung 22400:1

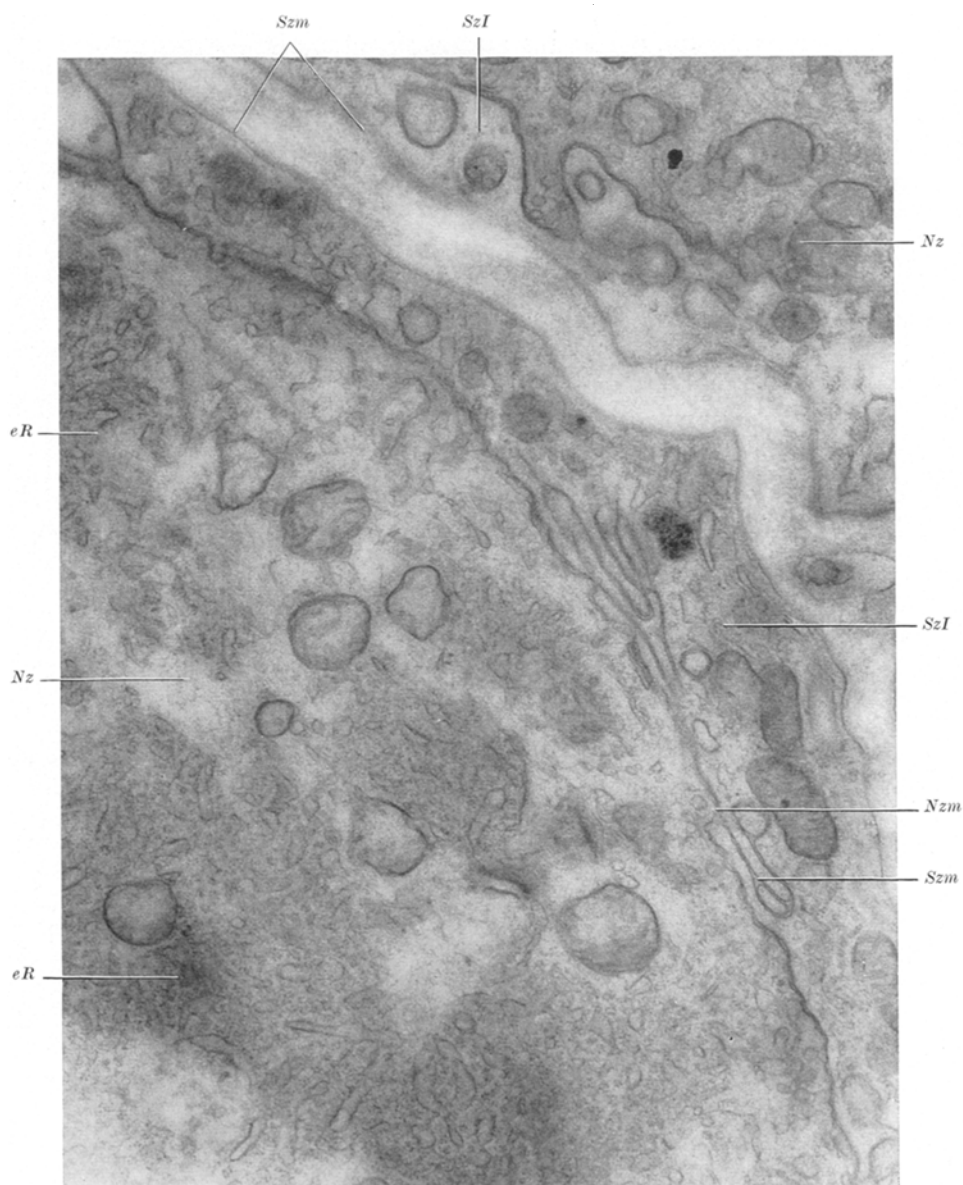


Abb.6. Teilansicht zweier benachbarter Nervenzellen mit ihrem Satellitenzellüberzug. Die Plasmamembran der Nervenzellen ist viel weniger gefaltet als die der Satellitenzellen. Abkürzungen wie in den vorhergehenden Abbildungen. Elektronenoptische Vergrößerung 7900:1, Abbildung 16500:1

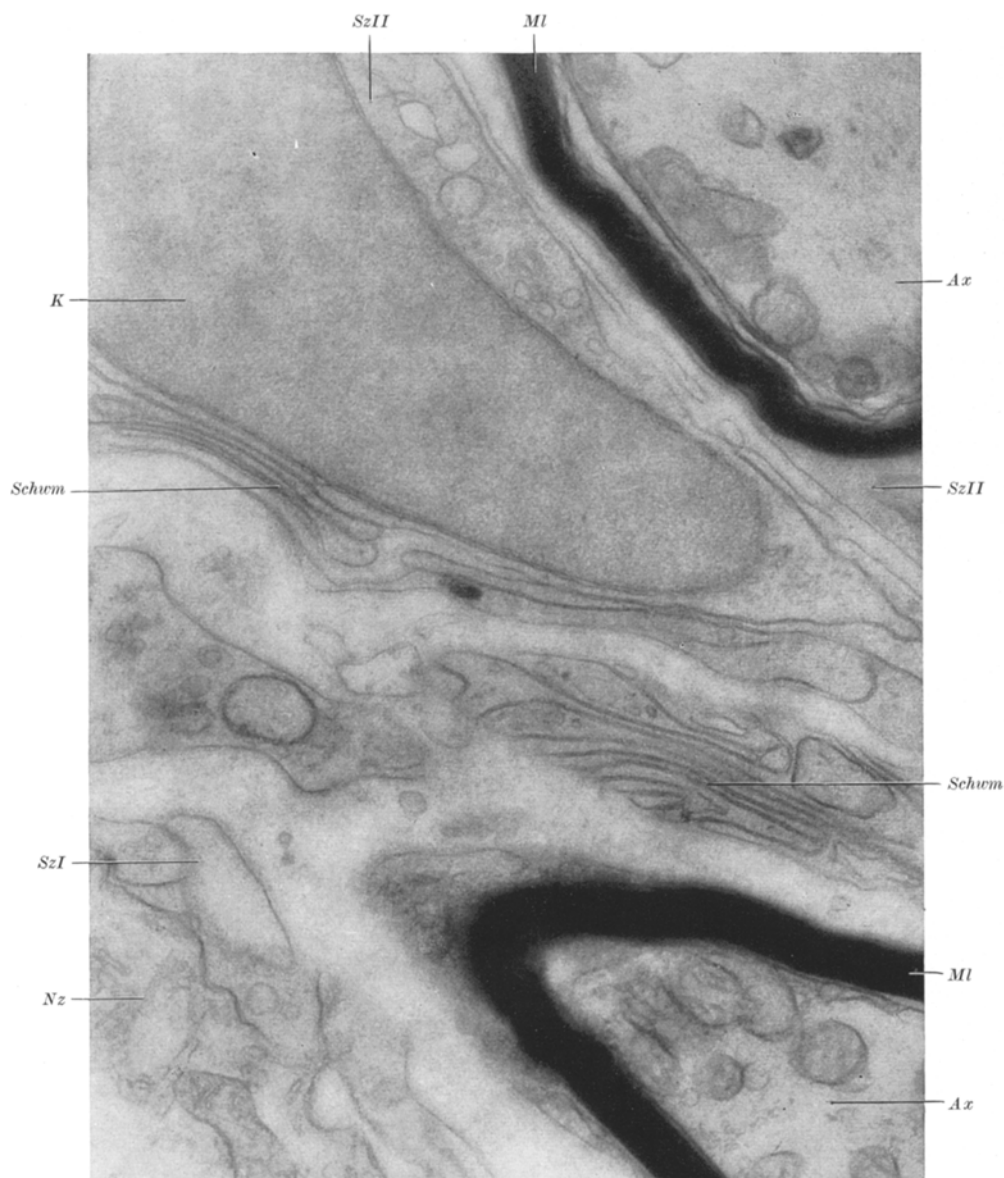


Abb.7. Teilansicht einer Schwannschen Zelle (Satellitenzelle II) mit ihrem Kern (K). Schw Plasmamembranen verschiedener Schwannscher Zellen, die membranöse Systeme bilden. An einigen Stellen ist die periphere Plasmamembran der Schwannschen Zellen unmittelbar an der Myelinscheide gelegen. Sonstige Abkürzungen wie vorher. Elektronenoptische Vergrößerung 7900:1, Abbildung 22800:1

erkannt werden. In diesen Gebieten wie auch in den Satellitenzellen, die noch ein markloses Axon umhüllen, zeigen die Mitochondrien und das endoplasmatische Reticulum einen ähnlichen Aufbau wie in den Satellitenzellen I. Gelegentlich kommen Pigmentgranula vor.

Als besonderes Merkmal der Satellitenzellen II ist die Bildung von membranösen Systemen durch Faltung der äußeren Plasmamembran hervorzuheben. Diese membranösen Systeme (Abb. 7 u. 8) sind wesentlich weiter entwickelt als diejenigen der Satellitenzellen I. Ihr Aufbau ist jedoch im Prinzip derselbe, d. h. es bestehen komplizierte Faltungen der Plasmamembran. Auch in den Satellitenzellen II ist die Zugehörigkeit eines membranösen Faltsystems zu jeweils einer Zelle durch das Vorhandensein der die äußeren Grenzen des Systems umhüllenden Basalmembran deutlich zu erkennen (Abb. 8). Das membranöse System der Schwannschen Zellen steht in enger struktureller Beziehung zum Mesaxon und damit zu den Myelinscheiden, wobei offenbleiben muß, ob zwischen all diesen Systemen völlige Kontinuität besteht.

Die Angrenzung der Satellitenzellen I an die Satellitenzellen II an der Abgangsstelle des Axons von den Nervenzellen erfolgt über eine schmale Fuge zwischen den Plasmamembranen beider Zellen. In der an das Neuron nicht angrenzenden Seite zieht die Basalmembran von den Satellitenzellen I über die Satellitenzellen II und überbrückt somit die aneinandergrenzenden Satellitenplasmamembranen, d. h. die Grenzbeziehungen zwischen Satellitenzellen I und II sind mit denjenigen, die zwischen Nervenzellen und Satellitenzellen I bestehen, identisch.

Interstitielle Zellen (Bindegewebszellen, mesodermale Kapselzellen RAMÓN Y CAJALS). Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Zellen zeigen die interstitiellen Zellen keinen Kontakt mit den Nervenzellen oder ihren Fortsätzen. Ferner bestehen strukturelle Unterschiede gegenüber Satellitenzellen. Der *Kern* hat eine unregelmäßigere Form und ist länglicher als der der Satellitenzellen I. Er kann ähnlich wie der der Satellitenzellen II eine eingekerbte, kommaartige Gestalt aufweisen (Abb. 1). Die Kernstruktur ist der der Satellitenzellen I sehr ähnlich und erscheint feinkörnig verteilt (Abb. 9).

Das e. R. verteilt sich über das ganze Cytoplasma; seine „Tubuli“ sind stärker entwickelt als diejenigen der Satellitenzellen I und die Palade-Granula liegen bevorzugt an den Membranen. Die Plasmagrenzmembran verläuft entlang der sehr unregelmäßigen Zelloberfläche, zeigt jedoch keine Membranfaltungen. Dies ist einer der wesentlichsten strukturellen Unterschiede zwischen den interstitiellen Zellen und den Schwannschen Zellen. Die langen Cytoplasmafortsätze der interstitiellen Zellen bilden sehr oft um die Schwannschen Zellen eine lockere Hülle. Doch erkennt man immer wieder, daß zwischen Cytoplasmafortsätzen dieser Zellen und dem eigentlichen Zellüberzug des Axons ein inter-

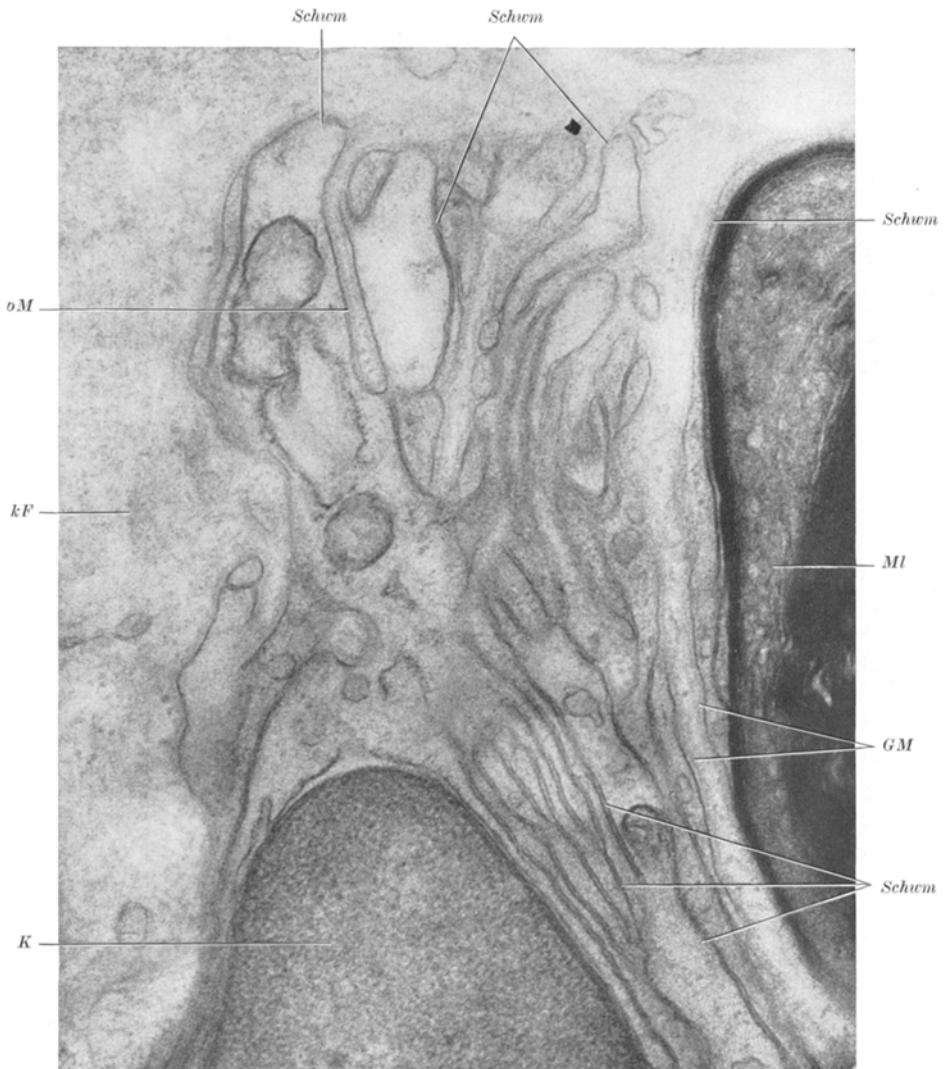


Abb.8. Membranöses System, das durch Faltung der Plasmamembran einer Satellitenzelle II entstanden ist. Die Zugehörigkeit eines membranösen Systems zu jeweils einer Zelle ist durch das Vorhandensein einer Basalmembran (*bM*) zu erkennen. Abkürzungen wie in vorhergehenden Abbildungen. Elektronenoptische Vergrößerung 7900:1, Abbildung 27400:1

cellulärer Raum liegt, durch den bindegewebige Fasern hindurchziehen (Abb.9). Die interstitiellen Zellen bilden darüber hinaus niemals eine geschlossene Zellschicht. Ihre Plasmamembranen grenzen frei, d. h. ohne Basalmembran, an die interstitielle Grundsubstanz mit ihren kollagenen Fibrillen.

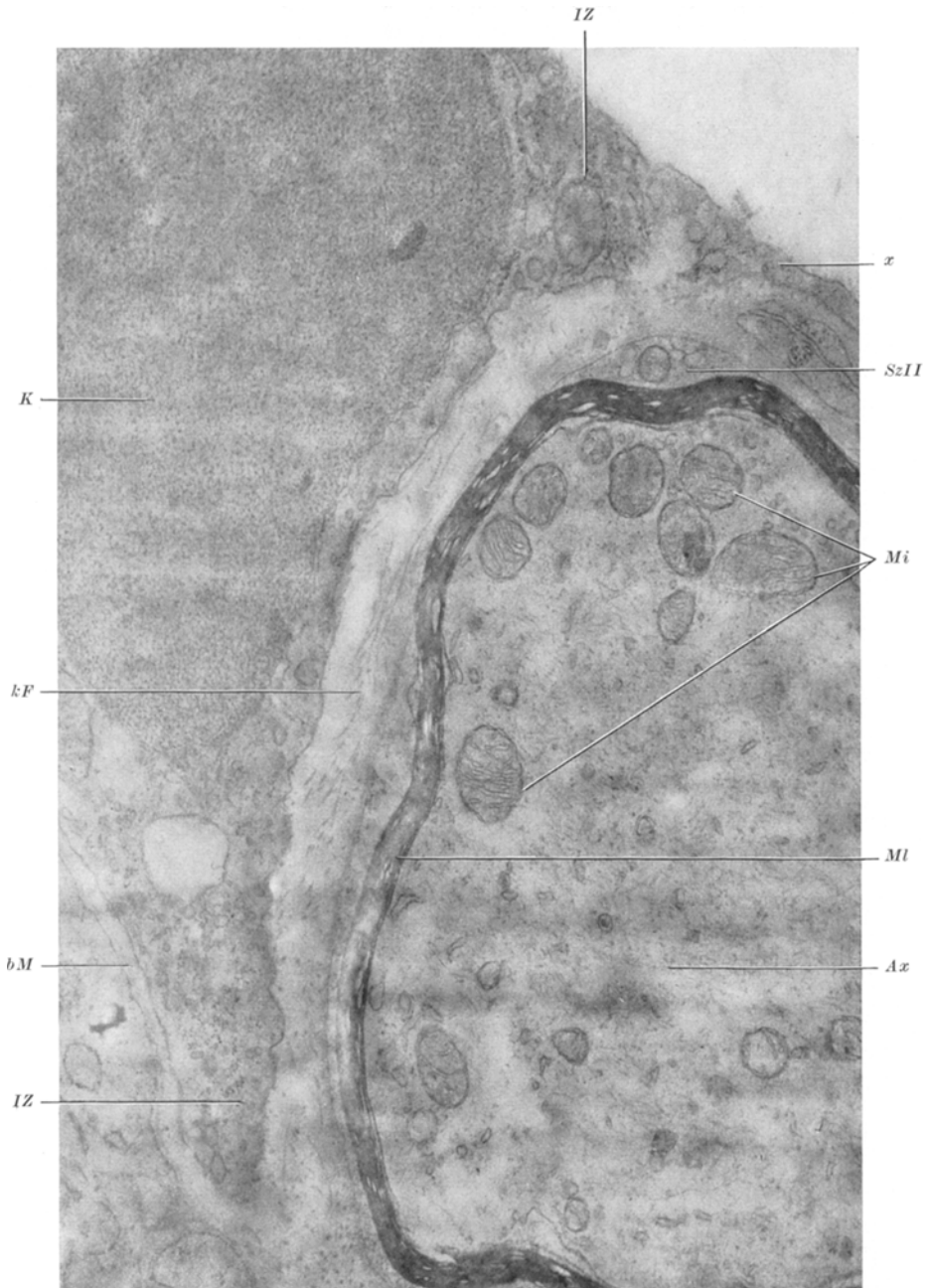


Abb.9. Teilansicht einer interstitiellen Zelle. Die Cytoplasmafortsätze (x) bilden eine lockere Hülle um den Achsenzylinder und seine Myelinscheide. Zwischen den interstitiellen Zellen und den Satellitenzellen bleibt ein zellfreier Raum. Abkürzungen wie vorher. Elektronenoptische Vergrößerung 6800:1, Abbildung 23800:1

Besprechung der Befunde

In der Arbeit über Spinalnervenzellen wurde eine einleitende Übersicht über die heutige Auffassung der cellulären Konstruktion und Funktionsverteilung gegeben, die man an Hand der neueren Erkenntnisse — vor allem von Seiten der Cytochemie und der Elektronenmikroskopie — gewonnen hat.

Zu besprechen bleiben die Unterschiede zwischen den verschiedenen Satellitenzellen und den Nervenzellen und ihre gegenseitigen Beziehungen.

Der Kern der zwei beschriebenen Arten von Satellitenzellen läßt bei der angewandten Methode eine ähnliche Struktur erkennen. Abgesehen von einem dem Nucleolus entsprechenden dichteren Gebiet erscheint die Kernsubstanz gleichmäßig diffus verteilt und feiner strukturiert als in den Nervenzellen. Man kann diesen Befund jedoch nicht verallgemeinern, da bekannt ist, wie unterschiedlich die lichtmikroskopischen Kernstrukturen derselben Zellen (z. B. Gliazellen) in verschiedenen Tierstämmen und sogar unter den Vertebraten sind. In diesem Sinne wären die Befunde von HESS (1958) an den Ganglien der Schabe (*Periplaneta americana*) zu verstehen, bei der dieser Autor an Satellitenzellen eine Verdichtung der „granulären“ Substanz zur Kernmembran hin findet. Was die älteren Befunde von HESS (1955) über die Spinalganglien der Ratte anbelangt, so sind die Verklumpungen des Chromatinmaterials, die er gelegentlich in Satellitenzellen findet, wahrscheinlich als Artefakte zu deuten. Es scheint jetzt, daß bei Ratten gerade die homogene Verteilung des Nucleoplasmas das wichtigste strukturelle Differentialmerkmal der Satellitenzellkerne gegenüber den Nervenzellkernen ist.

Die Feinstruktur der Zellen, wie sie elektronenmikroskopisch darstellbar ist, liegt in Einzelheiten weit außerhalb des Bereichs des lichtoptischen Auflösungsvermögens. Daraus ergibt sich, daß — obwohl die mannigfachen Erkenntnisse in der lichtoptischen Forschung der letzten 100 Jahre als Grundlagen für die Elektronenmikroskopie unentbehrlich sind — die elektronenoptischen Ergebnisse nicht nur als eine Überprüfung der früheren Ansichten aufzufassen sind; sie bringen vielmehr eine Fülle neuer Erkenntnisse und sich daraus ergebende Fragestellungen mit sich, die zum Teil eine selbständige Lösung erfordern. Aus diesem Grunde verzichten wir auf eine vollständige Zusammenstellung der früheren Arbeiten über die Satellitenzellen des Spinalganglions und verweisen auf den ausführlichen Handbuchbeitrag von SCHARF (1958) (im Handbuch der mikroskopischen Anatomie von MÖLLENDORFF u. BARGMANN).

Schon FRAENTZEL (1867) hatte die „polygonal-plattenepithelähnlichen“ Formen der Satellitenzellen erkannt, was durchaus den jetzigen Befunden an Satellitenzellen I und II (Hüllzellen und Schwannsche Zellen)

entspricht. Diese Zellen grenzen lückenlos aneinander nach einem in zahlreichen Geweben gültigen Bauprinzip, nämlich durch ihre Plasmamembranen, zwischen denen ein konstanter schmaler Spaltraum sichtbar bleibt. Sie bilden eine geschlossene Zellschicht um das Neuron, jedoch kein Hüllplasmodium im Sinne von STÖHR jr. (1941, 43, 43/44, 51/53).

RAMÓN Y CAJAL (1907) und NEMILOFF (1908), DEL RIO HORTEGA (1922, 1928, 1945), DEL RIO HORTEGA, POLAK u. PRADO (1942), ORTIZ-PICON (1932, 1949, 1955), BERTRAND u. GUILLAIN (1933, 1937), DELLA PIETRA (1937), SCHARENBERG (1952) usw. glaubten an eine sternförmige oder spindelige Gestalt der Satellitenzellen, die nur stellenweise durch protoplasmatische Fortsätze aneinandergrenzen würden (nach RAMÓN Y CAJAL sogar untereinander verschmelzen im Sinne von Syndesmen). Eine lockere Berührung von Zellen, jedoch ohne Syndesmen kann nur für die interstitiellen Zellen nachgewiesen werden.

DE CASTRO (1951) hat über sympathischen Nervenzellen einen kontinuierlichen Zellüberzug angenommen. Eine plasmatische Kontinuität zwischen Satelliten und Ganglienzellen untereinander hat er jedoch im Gegensatz zu STÖHR jr. (1941, 1943, 1951, 1953), SUNDER-PLESSMANN u. RICHTER (1943) und zum Teil auch ORTIZ-PICON (1955) abgelehnt. Unsere Befunde bestätigen die Ansicht DE CASTROS. Man erkennt, daß die Zellgrenzen zwischen Satellitenzellen und Nervenzellen immer von den entsprechenden zwei Plasmamembranen gebildet werden.

Die basale Membran wird als eine der peripheren Plasmamembran der Satellitenzellen I und II anliegende zweite Membran beschrieben. Sie grenzt den engen Zellverband von Neuron und Satelliten gegen die Levi-Plenksche Gitterfaserscheide ab. In der Lichtmikroskopie wurde unter Basalmembran die verdichtete Grundsubstanz und ein Netz von Gitterfasern an der Basis der Epithelien verstanden. Die gleiche Struktur findet sich aber überall, wo sich Zellverbände gegen den interstitiellen Raum abgrenzen, z. B. um das Endothelrohr der Capillaren als Capillargrundhäutchen und um Muskelfasern und -zellen als äußere Schicht des Sarkolemmas. Deshalb wurde der Begriff der Basalmembran von den Elektronenmikroskopikern auf diese und ähnliche Strukturen erweitert, gleichzeitig aber auch eingeengt, indem die Gitterfasern nicht mehr zur Basalmembran gerechnet werden.

Die Basalmembranen grenzen immer funktionell zusammengehörige Einheiten ab, in unserem Falle das Neuron mit den Hüll- und Schwannzellen. Da die Satellitenzellen einen lückenlosen Überzug bilden, müssen Stoffe, bevor sie die Nervenzelle erreichen (z. B. Sauerstoff, Traubenzucker, Aminosäuren) von den Capillaren kommend Basalmembran und Satellitenzellen passieren. Den umgekehrten Weg durchlaufen die Abbauprodukte des Stoffwechsels der Nervenzelle. Die Annahme liegt nahe, daß die Satellitenzellen für diese Vorgänge nicht nur eine passive „Blut-

Neuron-Schranke“ darstellen, sondern auch aktive Ammendienste leisten. Die Basalmembran muß dagegen als passiv angesehen werden.

Zwischen der Basalmembran und der Plasmamembran der Satellitenzelle ist meist ein etwa 20 μ breiter Spaltraum feststellbar. Diesen muß man sich ebenso wie den Spaltraum zwischen zwei aneinander grenzenden Plasmamembranen verschiedener Zellen oder derselben Zelle mit einer Schicht von „Kittsubstanz“ erfüllt denken.

Diese Schicht läßt sich durch Trypsin auflösen (Technik der Zellisolierung). Die Substanz, die verkittet, schließt aber nicht aus, daß quer zur Schicht, d. h. zwischen benachbarten Zellen, Stoffaustausch erfolgt. Transport längs zwischen den Plasmamembranen benachbarter Zellen ist am resorbierenden Darmepithel für Fette und wäßrige Lösungen erwiesen (PALAY u. KARLIN 1959, C. RUSKA, unveröffentlicht).

Die interstitiellen Zellen waren in unserem Material viel seltener als die Hüll- und Schwann-Zellen zu finden. Ihre Struktur ähnelt derjenigen der bindegewebigen Zellen in der Kapsel des Spinalganglions. Wie andere freie Zellen des Bindegewebraums sind die interstitiellen Zellen weder zu einem Syncytium vereinigt, noch besitzen sie Basalmembranen. Sie bilden keine geschlossene Zellschicht und stehen zum Neuron in keiner so engen topographischen Beziehung, daß es sinnvoll wäre, sie weiterhin den Satellitenzellen zuzurechnen.

Zusammenfassung

Elektronenmikroskopische Beobachtungen an Satellitenzellen des Spinalganglions der Ratte werden beschrieben. Zwei Arten von Satellitenzellen lassen sich unterscheiden: Die *Satellitenzellen I* (Hüllzellen), die schalenförmig dem Körper der Nervenzellen anliegen, und die *Satellitenzellen II* (Schwannsche Zellen), die als Fortsetzung der Hüllzellen das Axon von der Stelle seines Austritts an begleiten. Beide Arten von Satelliten sind dadurch gekennzeichnet, daß sie direkt dem Neuron anliegen, daß ihre Plasmamembranen eigenartige Faltungen entwickeln können und daß ihre Peripherie gegenüber den Levi-Plenkschen Gitterscheiden durch eine basale Membran abgegrenzt wird.

Die interstitiellen Zellen rechnen wir nicht zu den Satellitenzellen, da sie keinen unmittelbaren Kontakt mit dem Neuron haben. Sie stellen die „mesodermalen Kapselzellen“ RAMÓN Y CAJALS dar. Ihre Plasmamembranen entwickeln keine Faltungen. Die einzeln und freiliegenden Zellen sind wie andere interstitielle Zellen nicht durch basale Membranen gegen den interstitiellen Raum begrenzt.

Literatur

BERTRAND, I., et J. GUILLAIN: La microglie et l'oligodendrogliie ganglionnaires. C. R. Soc. Biol. (Paris) **113**, 382 (1933). — L'oligoglie interfasciculaire des ganglions rachidiens. Rev. neurol. **67**, 312 (1937). — CASTRO, F., DE: Die normale Histologie des peripheren vegetativen Nervensystems. Das Synapsenproblem: Anatomisch-

experimentelle Untersuchungen. *Verh. dtsch. path. Ges.* **34**, 1 (1951). — CERVÓS-NAVARRO, J.: Elektronenmikroskopische Untersuchungen am Spinalganglion. I. Nervenzellen. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **199**, 643 (1959). — DELLA PIETRA, V.: Contributo allo studio istologico dei gangli spinali. *Riv. Neurol.* **10**, 63 (1937). — DEL RIO HORTEGA, P.: Son homologables la glía de escasas radiaciones y la célula de SCHWANN. *Bol. Soc. esp. Biol.* **10**, 25 (1922). — Tercera aportación al conocimiento morfológico e interpretación funcional de la oligodendroglía. *Mem. Soc. esp. Hist. Natur.* **14**, 1 (1928). — El método del carbonato argéntico. Coloración de la neuroglía ganglionar. *Arch. Histol. (B. Aires)* **2**, 587 (1945). — DEL RIO HORTEGA, P., y J. M. PRADO: Estudios sobre la neuroglía periférica. I. La neuroglía de los gánglios simpáticos. *Rev. Soc. argent. Biol.* **17**, 512 (1941). — Investigaciones sobre la neuroglía de los gánglios simpáticos. *Arch. Histol. (B. Aires)* **1**, 83 (1942). — DEL RIO HORTEGA, P., M. POLAK y J. M. PRADO: Investigaciones sobre la neuroglía de los ganglios sensitivos. *Arch. Histol. (B. Aires)* **1**, 233 (1942). — FRAENTZEL, O.: Beitrag zur Kenntnis von der Struktur der spinalen und sympathischen Ganglienzellen. *Virchows Arch. path. Anat.* **38**, 549 (1867). — HESS, A.: The fine structure of young and old ganglia. *Anat. Rec.* **123**, 150 (1952). — The fine structure of nerve cells and fibers, neuroglia and sheaths of the ganglion chain in the cockroach. *J. biophys. biochem. Cytol.* **4**, 731 (1958). — HOSSAK, I., and G. M. WYBURN: Electron microscopic studies of spinal-ganglion cells. *Proc. roy. Soc. Edinb.* **B65**, 239 (1952–55). — NEMILOFF, A.: Beobachtungen über die Nerven-elemente bei Ganoiden und Knochenfischen. I. Teil: Bau der Nervenzellen. *Arch. mikr. Anat.* **72**, 1 (1908). — II. Teil: Bau der Nervenfasern. *Arch. mikr. Anat.* **72**, 575 (1908). — ORTIZ-PICÓN, J. M.: La oligodendroglía de los ganglios sensitivos. *Rev. esp. Biol.* **1**, 19 (1932). — Nouvelle contribution a l'étude de la néuroglie (oligodendroglie) des ganglions sensitifs. *Bull. Histol. appl.* **26**, 113 (1949). — The neuroglia of the sensory ganglia. *Anat. Rec.* **121**, 513 (1955). — PALAY, S. L., and L. J. KARLIN: An electron microscopic study of the intestinal villus, II The passway of fath absorption. *J. Biophys. and Biochem. Cytol.* **5**, 373–384 (1959). — PEASE, D. C.: Infolded basal plasma membranes found in epithelia noted for their water transport. *J. biophys. biochem. Cytol. (Suppl.)* **2**, 303 (1956). — The subendothelial space in certain endocrine tissues. *J. biophys. biochem. Cytol.* **3**, 293 (1956). — RAMÓN y CAJAL, S.: Die Struktur der sensiblen Ganglien des Menschen und der Tiere. *Ergebn. Anat. Entwickl.-Gesch.* **16**, 177 (1907). — SCHARRENBURG, K.: Glia and the elements of SCHWANN of the human GASSERIAN ganglion. *Trab. Inst. Cajal Invest. biol.* **44**, 75 (1952). — SCHARF, J. H.: Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen. W. v. Möllendorff u. W. Bargmann, Kiel, 4, Nerven-system, III. Teil: Sensible Ganglien. Berlin: Springer 1958. — SELBY, C. C.: An electron microscope study of the epidermis of mammalian skin in thin sections. *J. biophys. biochem. Cytol.* **1**, 429 (1955). — STÖHR, PH. jr.: Zusammenfassende Ergebnisse über die normale und pathologische Histologie der sympathischen Ganglienzelle und der Endapparate im vegetativen Nervensystem. *Ergebn. Anat. Entwickl.-Gesch.* **33**, 135 (1941). — Studien zur normalen und pathologischen Histologie vegetativer Ganglien. Regensburg. *Jb. ärztl. Fortbild.* **2**, 203 (1943). — Anatomische Grundlagen der Lehre vom vegetativen Nervensystem. Regensburg. *Jb. ärztl. Fortbild.* **2**, 203 (1951/53). — Studien zur normalen und pathologischen Histologie vegetativer Ganglien, II. *Z. Zellforsch.* **33**, 457 (1943/44). — SUNDER-PLASMANN, P., u. W. H. RICHTER: Beobachtungen an Nebenzellplasmodium der Grenzstrangganglien von Hingerichteten und resezierter Grenzstrangganglien bei Endangitis obliterans des Gehirns und der Extremitäten. *Dtsch. Z. Chir.* **258**, 133 (1943).

Dr. JORGE CERVÓS-NAVARRO,

Bonn/Rh., Institut für Neuropathologie der Univ., Wilhelmsplatz 7