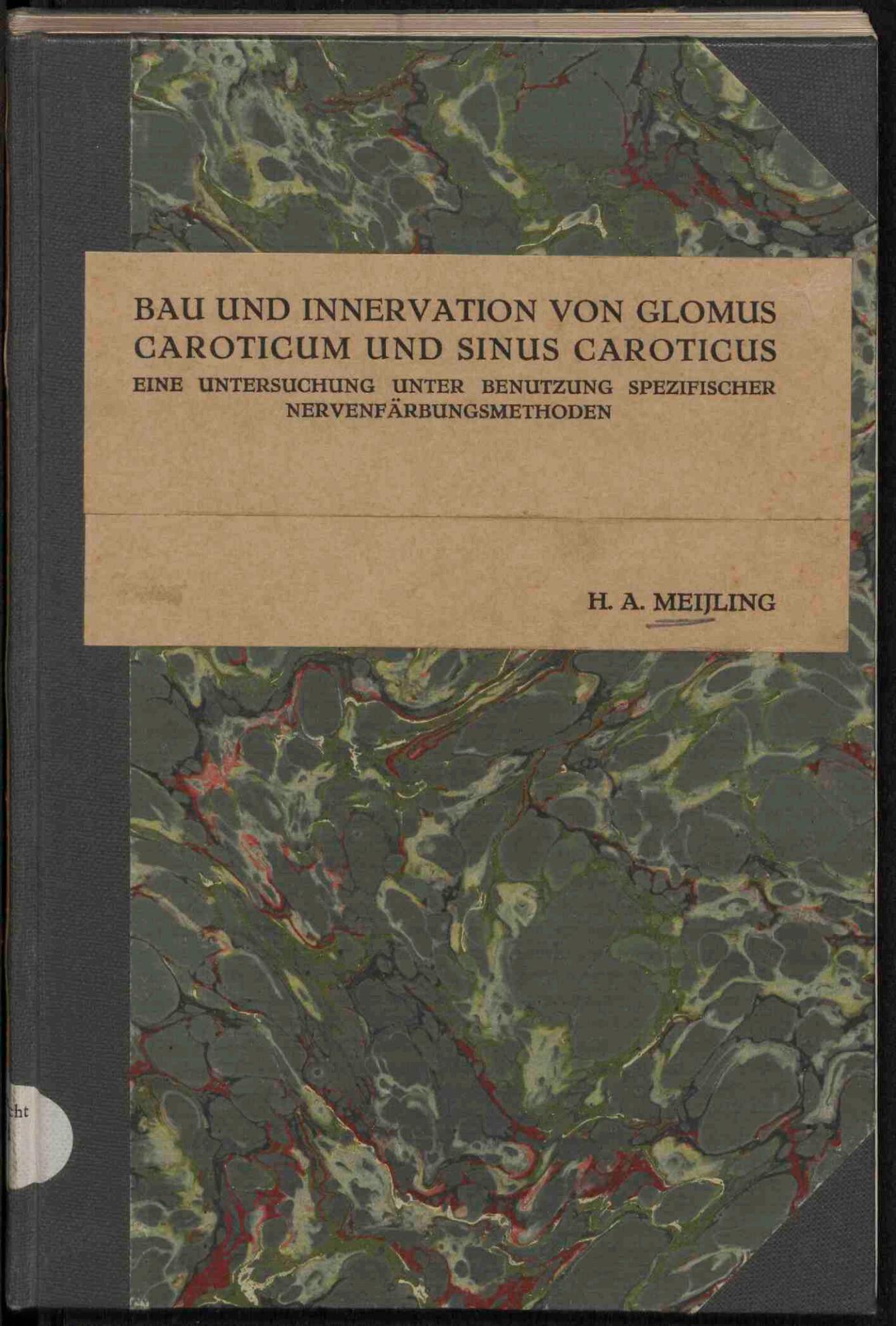




# **Bau und Innervation von Glomus caroticum und Sinus caroticus : eine Untersuchung unter Benutzung spezifischer Nervenfärbungsmethoden**

<https://hdl.handle.net/1874/324231>

The book cover features a marbled paper design with a pattern of green, red, and greyish-blue veins. A central rectangular label is pasted onto the cover, containing the title and author information in black, serif, all-caps font. The label is divided into two horizontal sections by a thin line.

BAU UND INNERVATION VON GLOMUS  
CAROTICUM UND SINUS CAROTICUS

EINE UNTERSUCHUNG UNTER BENÜTZUNG SPEZIFISCHER  
NERVENFÄRBUNGSMETHODEN

H. A. MEIJLING







BAU UND INNERVATION VON GLOMUS  
CAROTICUM UND SINUS CAROTICUS

RIJKSUNIVERSITEIT UTRECHT



1295 7613

*A. qu 192, 1938*

# BAU UND INNERVATION VON GLOMUS CAROTICUM UND SINUS CAROTICUS

EINE UNTERSUCHUNG UNTER BENUTZUNG SPEZIFISCHER  
NERVENFÄRBUNGSMETHODEN

## PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DEN GRAAD VAN  
DOCTOR IN DE VEEARTSENIJKUNDE AAN DE  
RIJKS-UNIVERSITEIT TE UTRECHT OP GEZAG  
VAN DEN RECTOR-MAGNIFICUS DR. J. BOEKE,  
HOOGLEERAAR IN DE FACULTEIT DER GE-  
NEESKUNDE, VOLGENS BESLUIT VAN DEN  
SENAAT DER UNIVERSITEIT TEGEN DE BE-  
DENKINGEN VAN DE FACULTEIT DER VEE-  
ARTSENIJKUNDE TE VERDEDIGEN OP DON-  
DERDAG 19 MEI 1938, DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

HENDRIK ANTOON MEIJLING

GEBOREN TE BORNE (O.)



Het verschijnen van dit proefschrift biedt mij een welkome gelegenheid U Hoogleeraren en Docenten in de Faculteit der Veeartsenijkunde te danken voor het van U genoten onderwijs.

In de eerste plaats geldt dit U, Hooggeleerde KREDIET, Hooggeachte Promotor. Gij hebt mij, door me een assistentplaats in Uw laboratorium waardig te keuren, in de gelegenheid gesteld de studie te vervolgen in een richting, die mijn voorliefde heeft. Hiervoor en voor de belangstelling, die Gij steeds in mijn werk toont, ben ik U ten zeerste dankbaar. Mede door de prettige verhoudingen en de geest die er in Uw instituut heerschen, acht ik het dan ook een voorrecht, dat ik als conservator het werk in deze omgeving mag voortzetten.

Zeergeleerde VERMEULEN. Uw bezielende wijze van onderwijs geven heb ik steeds bewonderd; het overnemen van Uw taak heeft dan ook bijzondere verplichtingen op me gelegd.

Hooggeachte SCHULTZE. Gij hebt me ingeleid tot de histologie. Uw steeds op een hartelijke wijze verleende hulp en Uw opbouwende critiek, gepaard aan een vriendschappelijke omgang, zijn voor mij van groote waarde.

Hooggeleerde BOEKE. De wijze waarop gij steeds in dit werk belangstelling hebt getoond, was voor mij een zeer bijzonder voorrecht.

Hooggeleerde HARTOG, U dank ik dat Gij de, voor het experimenteele gedeelte van dit onderzoek vereischte, operaties in Uw kliniek hebt willen verrichten.

Vele raadgevingen mocht ik van U, Zeergeleerde AKKERINGA, ontvangen op het gebied der zenuwkleuringen. Dat er tusschen ons in de bijna dagelijksche omgang een vriendschap is ontstaan, zegt reeds genoeg.

Zeergeleerde BERKELBACH VAN DER SPRENKEL. Door de door U samengestelde bibliographie te mijner beschikking te stellen, hebt Gij mij ten zeerste aan U verplicht.

De resultaten van Uw onderzoek, Zeergeleerde LEEUWE, zijn voor de verdere uitwerking van dit onderzoek van groot belang geweest. U dank ik tevens voor de inlichtingen omtrent de methyleenblauwkleuring.

Voor de aangename wijze waarop Gij, Hooggeachte VAN DER SLOOTEN, mij steeds in de gelegenheid stelt materiaal uit het Abattoir te betrekken ben ik U zeer erkentelijk.

U, Prof. Dr. NIESCHULZ en Dr. SLIJPER dank ik ten zeerste voor de hulp bij het correctiewerk.

Waarde VAN DER ZWEEP. Met groote vaardigheid en toewijding hebt Gij de teekeningen verzorgd. Voor de prettige samenwerking zeg ik U hartelijk dank.

Tenslotte dank ik allen die verder op eenigerlei wijze bij het tot stand komen van dit proefschrift behulpzaam zijn geweest.



## INHALTSÜBERSICHT.

Einleitung . . . . .	1
I. Makroskopische Anatomie des Gebietes von Sinus caroticus und Glomus caroticum . . . . .	5
II. Mikroskopische Anatomie des Glomus caroticum . . . . .	10
III. Untersuchung des Glomus caroticum mit Hilfe der Silberim- prägnation . . . . .	20
IV. Die NISSL-Substanz der Glomuszellen . . . . .	39
V. Untersuchung des Glomus caroticum mit der vitalen Methylen- blaufärbung . . . . .	44
VI. Vergleich der Silber- und der Methylenblaupräparate . . . . .	54
VII. Schlussfolgerungen über die Art der Glomuszellen . . . . .	55
VIII. Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung über die Inner- vation des Glomus caroticum mit den Resultaten anderer Autoren . . . . .	57
IX. Gehört das Glomus caroticum zu der von KOHN mit dem Namen Paraganglien bezeichneten Gewebegruppe? . . . . .	58
X. Die Innervation des Sinus caroticus . . . . .	61
XI. Über die Beziehung zwischen Morphologie und Physiologie des Gebietes des Sinus caroticus, unter besonderer Berück- sichtigung des Glomusgewebes . . . . .	80
Zusammenfassung . . . . .	87



### Einleitung.

Das *Glomus caroticum*, dies eigenartige Organ in der Gabelung der Carotiden, erregte schon früh die Aufmerksamkeit der Anatomen und Histologen, und in neuerer Zeit interessieren sich auch vor allem die Physiologen dafür. Trotzdem gelang eine übereinstimmende Deutung des Organes bisher noch nicht. Jedem Forscher fiel der ausserordentliche Nervenreichtum und die unverhältnismässig starke Durchblutung auf, aber die Bestimmung der zelligen Bestandteile, die bei den meisten Tieren und beim Menschen in einem mikroskopischen Übersichtspräparat als Zellstränge oder -ballen erscheinen, stiess auf die grössten Schwierigkeiten. Je nach der Bedeutung, die man in dem Organ suchte, und den damit zusammenhängenden Untersuchungsmethoden bildeten sich sehr verschiedene Auffassungen.

Die Literatur über diese Frage ist daher ausserordentlich umfangreich, besonders seit den Veröffentlichungen von KOHN, der das Organ zu den Paraganglien zählte. Ich möchte an dieser Stelle nicht auf alle Arbeiten eingehen, sondern verweise hierfür auf die Literaturübersichten bei KOHN (1900, 1902) und BERKELBACH VAN DER SPENKEL im Handbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere (BOLK, GÖPPERT, KALLIUS und LUBOSCH). Aber trotzdem scheint es mir erwünscht, die wichtigsten Auffassungen, die nacheinander aufkamen, einleitend kurz zu besprechen.

HALLER (1743) und ANDERSCH (1797) sahen in dem in der Gabelung der *Arteria carotis communis* gelegenen Knoten auf Grund des makroskopisch-anatomischen Befundes ein kleines Ganglion.

LUSCHKA (1862) war der erste, der das Organ mikroskopisch untersuchte, wenn auch mit sehr einfachen Hilfsmitteln. Er sah Gebilde, die er für Drüsenschläuche hielt. Auf Grund des von ihm beobachteten grossen Reichtums an Nerven und Gefässen, fasste er das Organ mit solchen von ähnlichem Bau, wie z.B. Nebenniere, Vorderlappen der Hypophyse und

dergleichen zur Gruppe der Nervendrüsen zusammen. Von ihm stammt der Name *Glandula carotica*.

ARNOLD (1865) hielt die Blutgefäße für den wesentlichen Bestandteil und sprach von Gefässknäueln, wobei er die Zellen für gewuchertes Epithel der Gefässwände (Endothel) hielt. Er schlug den Namen *Glomeruli arteriosi intercarotici* vor.

Die genaueren histologischen Untersuchungen von MARCHAND (1891), PALTAUF (1892) und SCHAPER (1892) erweiterten unsere Kenntnisse um neue strukturelle Einzelheiten. Auf diese Arbeiten, vor allem auf die von SCHAPER, werde ich in den betreffenden Kapiteln noch näher eingehen. Die obengenannten Forscher verwerfen die einfachen Auffassungen von LUSCHKA und ARNOLD, als handle es sich lediglich um Drüenschläuche oder Gefässknäuel, ohne jedoch eine andere endgültige oder übereinstimmende Deutung an ihre Stelle zu setzen.

Etwa um die Jahrhundertwende fand KOHN eine neue Deutung für das Organ und gab der Forschung damit eine neue Wendung. Bei seiner Untersuchung über das *Glomus caroticum* im Jahre 1900 gelangte er zu dem Schluss, dass die zelligen Bestandteile des Organes verwandt sind mit den Zellgruppen, die im Bauchsympathicus eingeschaltet sind und mit denen, die die Marksubstanz der Nebenniere bilden. Für alle diese Zellgruppen sei charakteristisch, dass sie aus dem Sympathicus entstehen und eine sehr bestimmte Lage zu sympathischen Fasern besitzen. Ausserdem liessen sie sich ausschliesslich in kaliumbichromathaltigen Lösungen gut fixieren, denn nur dann färbe sich ihr Protoplasma gleichmässig. Ausserdem färbten sich viele Zellen durch das Chrom braun. Er nannte sie daher chromaffine Zellen. Auf Grund all dieser Eigenschaften zählt er die Zellen des *Glomus caroticum* zu der von ihm aufgestellten Gruppe der Paraganglien. Von diesem Zeitpunkt an spricht die KOHN'sche Schule von *Paraganglion intercaroticum*. Seine 1902 erschienene Monographie nennt als drittes Kriterium für das Paraganglion noch die Anordnung der Zellen zu Zellnestern oder Zellsträngen, die mit Blutgefässen in einen innigen Kontakt treten.

Was die oben erwähnte Chromaffinität angeht, so hat man in späterer Zeit oft einen zu starken Nachdruck auf die Braunfärbung der Zellen gelegt. So trennte z.B. DE CASTRO (1926) auf Grund der Tatsache, dass sich die Zellen des *Glomus caroticum* mit Chromlösungen nicht bräunen, dies Organ von der Gruppe der Paraganglien.

Die Schule von KOHN war hiermit nicht einverstanden, denn schon KOHN betonte, dass nicht alle Zellen mit chromhaltigen Fixationsmitteln braun werden müssen. Auch ist die Braunfärbung nicht das einzige Kriterium, weswegen eine Zellgruppe zu den Paraganglien gehört. So hat z.B. WATZKA (1934) auf Grund dieser Erkenntnis eine nähere Einteilung der Paraganglien gegeben. Er unterscheidet:

1. Paraganglien, die aus chromaffinen Zellen bestehen; sie entwickeln sich aus dem Sympathicus und bilden Adrenalin.
2. Paraganglien, die ausschliesslich im Bereiche von Hirnnerven liegen und deren Zellkomponenten nicht chromaffin sind.

3. Paraganglien, die zu einem Nervengeflecht gehören, das aus Komponenten sowohl des Sympathicus, als auch der Hirnnerven besteht, und infolgedessen auch teils aus chromaffinen und teils aus nicht chromaffinen Zellen aufgebaut ist.

Als nun KOHN den Begriff der Paraganglien geprägt und auch das *Glomus caroticum* in diese Gruppe eingereiht hatte, wurde auch die Physiologie des Organs untersucht. Es war bekannt, dass die Einspritzung von Extrakten aus dem Mark der Nebenniere den Blutdruck der Versuchstiere erhöht. Man hat daher mit dem Gewebe des *Glomus caroticum* ähnliche Versuche angestellt. So injizierte MULON (1904) Extrakte des Glomusgewebe vom Pferd, CHRISTIE (1933) Extrakte von Tumoren des *Glomus caroticum* bei Versuchstieren.

Das Interesse erneuerte sich seitens der Physiologen und seitens der Histologen, als HERING 1924 den Sinusreflex entdeckte. Dieser besteht darin, dass Blutdruckschwankungen im *Sinus caroticus*, dem Anfangsteil der *Arteria carotis interna*, reflektorisch ausgleichende Blutdruckveränderungen im gesamten arteriellen System, sowie Änderungen in der Frequenz des Herzschlages hervorrufen. Später stellte sich heraus, dass hierbei auch Veränderungen in anderen vegetativen Funktionen auftreten.

Bei der Erörterung der Frage, wo der Ausgangspunkt dieser Reflexe zu suchen sei, dachte man, abgesehen von der Wand des *Sinus caroticus* selbst, auch an das benachbarte *Glomus caroticum*. DRÜNER (1925) ging selbst so weit, dass er das letztere ausschliesslich dafür verantwortlich machte, da es das einzige in der Nähe liegende Organ sei.

Auf Grund dieser Überlegung untersuchte DE CASTRO das ganze Gebiet, sowohl des *Sinus caroticus* als auch das des *Glomus caroticum* mit Hilfe spezifischer Nervenfärbungen. Diese Untersuchung ergab, dass in der Wand des *Sinus caroticus* Nervenendigungen liegen, die mit denen, welche TELLO im Depressorgebiet der *Aorta* gefunden hatte, vollkommen identisch waren. DE CASTRO erblickte also im *Sinus caroticus* selbst den Ausgangspunkt des Sinusreflexes von HERING. Im *Glomus caroticum* fand er 1926 Nervenendigungen, die er ursprünglich für efferent, also für eine Art Drüseninnervation, hielt. Im Jahre 1928 änderte er seine Meinung auf Grund von Degenerationsexperimenten und von physiologischen Versuchen. Aus beiden schloss er, dass das *Glomus caroticum* eine afferente, d.h. sensorische Innervation besitzt. Aus seinem Schwanken ergibt sich m.E., dass er das von ihm beobachtete histologische Bild nicht eindeutig zu erklären vermochte.

Hierzu kommt noch, dass die Ergebnisse späterer Untersuchungen über die Innervation des Glomusgewebes von denen von DE CASTRO vollkommen abweichen.

RIEGELE (1928), der unmittelbar nach DE CASTRO seine Untersuchung über die Innervation des *Glomus caroticum* beim Menschen veröffentlichte, sieht das Wesentliche der Innervation in der Bildung eines Endplexus mit geschlossenen Maschen, die die Zellen umfassen. Er äussert sich sehr vorsichtig und sagt, man könne diese Innervation als sekretorisch auffassen, wenn man die Zellen für chromaffin und das *Glomus caroticum* also für ein

innersekretorisches Organ halte. Auch SUNDER-PLOSSMANN (1933) spricht von einer efferenten Innervation.

Bei dieser kurzen Übersicht über die Ergebnisse der Untersuchungen über die Innervation des *Glomus caroticum* glaube ich die Untersuchungen, die sich auf bestimmte Zellgruppen im Depressorgebiet der Aorta beziehen, heranziehen zu müssen, denn diese Zellhaufen können wir mit denen des *Glomus caroticum* vollkommen homologisieren; NONIDEZ (1935) spricht daher wohl auch von einem *Glomus aorticum*. Seine Beschreibung der Innervation dieses *Glomus aorticum* stimmt zum grössten Teil mit der von DE CASTRO über die des *Glomus caroticum* überein; nach ihm haben auch diese Zellgruppen eine afferente, also sensorische Innervation. SETO (1935) stellt die Innervation dieser Zellgruppen in der Form des von STÖHR und REISER beschriebenen „Terminalreticulum“ fest. Letzteres bezeichneten STÖHR und REISER als die äusserste periphere Endausbreitung des vegetativen Nervensystems.

Aus all dem oben Angeführten ergibt sich, dass auch eine ins Einzelne gehende Untersuchung des *Glomus caroticum* noch zu keinem klaren Bilde seiner Innervation führte.

Die bisher beschriebenen Bilder geben gleichfalls keine befriedigende Erklärung für das ungewöhnliche Verhältnis, das besteht zwischen der grossen Zahl von Nervenfasern, die das Organ versorgen und den gefundenen Endigungen. Eine nähere Untersuchung des Zusammenhanges zwischen den Nervenfasern und den spezifischen Glomuszellen schien mir daher gerechtfertigt. Da das Glomusgewebe des Pferdes aus noch zu besprechenden Gründen ein hierfür hervorragend geeignetes Material ist, habe ich die Verhältnisse bei diesem Tier in den Mittelpunkt meiner Untersuchung gestellt und die Befunde bei anderen Tieren hierauf bezogen.

Der *Sinus caroticus* wurde aus verschiedenen Gründen in die Untersuchung mit einbezogen. Dies geschah in erster Linie, weil das Glomusgewebe beim Pferd topographisch von der Sinuswand nicht zu trennen ist, aber auch weil sich bei der Untersuchung der erhaltenen Schnitte herausstellte, dass in beiden Gebieten das Problem der äussersten Endausbreitung des autonomen Nervensystems auftauchte.

Auf diesem Gebiet herrschen, wie STÖHR (1928) bemerkt, hinsichtlich der Struktur noch viele schematische Vorstellungen, die nach den Arbeiten LANGLEY's mehr auf physiologischen Experimenten als auf rein histologischen Befunden beruhen. In der letzten Zeit wurde dies Gebiet durch Forscher wie BOEKE, STÖHR, LAWRENTJEW, SCHABADASCH, LEONTOWITSCH, KONDRATJEW und LEEUWE, einem Schüler von BOEKE, schärfer beleuchtet. Vor allem die Arbeit des letztgenannten Forschers ermöglichte, dass auch ich in meinen Präparaten Beobachtungen machen konnte, die zur Kenntnis des peripheren autonomen Nervensystems beitragen können.

Auch für diese Untersuchungen eignete sich das Material des Pferdes am besten.

## I. Makroskopische Anatomie des Gebietes von Sinus caroticus und Glomus caroticum.

### LAGE DES SINUS CAROTICUS.

Die *Arteria carotis communis* teilt sich bei den meisten Säugetieren unmittelbar hinter dem Larynx in die *Arteria carotis interna* und *Arteria carotis externa*. Beim Rind bleibt die *Arteria carotis interna* nicht bestehen, sie obliteriert bald nach der Geburt, findet sich aber häufig noch als Bindegewebsstrang. Kurz nacheinander werden hier die dünne *Arteria occipitalis* und die *Arteria maxillaris externa* (*Arteria glossofacialis* der französischen Anatomen) abgegeben. Beim Schwein entspringen die *Arteria carotis interna* und die *Arteria occipitalis* als gemeinschaftlicher Stamm; dieser Zustand findet sich auch beim Pferd wiederholt als Variante.

Am Anfang der *Arteria carotis interna* sehen wir, besonders deutlich bei Pferd und Hund, eine bulbiforme Erweiterung mit verhältnismässig dünner Wand, den *Sinus caroticus*. Schon bevor Physiologen (HERING und HEYMANS) auf diesen besonderen Teil des Blutgefässsystems aufmerksam machten, war sie den Anatomen als *Bulbus caroticus* bekannt. Verschiedene Forscher hielten ihn sogar für ein pathologisches Gebilde, das vor allem im höheren Alter auftrete. HERING hat bei der Beschreibung des von ihm entdeckten Sinusreflexes darauf hingewiesen, dass es sich ganz bestimmt nicht um eine pathologische Bildung handelt, sondern dass sich der *Sinus caroticus* ständig sowohl bei älteren als auch bei jüngeren Individuen findet. Die bekannte Monographie von HEYMANS, BOUCKAERT und REGNIERS: „Le sinus carotidien et la zone homologue cardio-aortique“ gibt eine ausführliche Besprechung seiner Anatomie. DE CASTRO beschreibt eingehend das mit dem *Sinus caroticus* der anderen Säugetiere übereinstimmende Gebiet beim Rinde. Hier fehlt ja die *Carotis interna* und DE CASTRO findet ein homologes Gebiet am Ursprung der *Arteria occipitalis* oder, falls bei einer häufig vorkommenden Variante einige kleinere *Arteriae occipitales* von der *Arteria carotis externa* abgegeben werden, rings um die Verzweigungsstellen im Ganzen.

Dieser makroskopischen Beschreibung möchte ich noch hinzufügen, dass ARGAUD und DE BOISSEZON im Jahre 1936 beim Pferd im Winkel zwischen *Arteria carotis externa* und *interna* einen kleinen Knochen beschrieben, auf dem das *Glomus caroticum* liegt. Bei jungen Tieren besteht er noch aus Knorpel, bei älteren Tieren verknöchert er enchondral. Makroskopisch ist er zwar schwer zu sehen, lässt sich aber bei erwachsenen Pferden durch Palpieren leicht feststellen. Macht man die Carotisgabel mit dem Verfahren von SPALTEHOLZ durchsichtig, so ist dieser Knochen in der Arterienwand sehr gut sichtbar.

Beim Schwein liegt der *Sinus* am Anfang des gemeinschaftlichen Stammes der *Arteria carotis externa* und *interna*. Dies ist auch beim Pferd der Fall, wenn dort die *Arteria carotis interna* und die *Arteria occipitalis* ausnahmsweise als gemeinschaftlicher Stamm aus der *Carotis communis* entspringen.

## LAGE DES GLOMUS CAROTICUM.

In der Regel wird angegeben, dass das *Glomus caroticum* in der Gabelung der *Arteria carotis communis* liegt; dies ist jedoch nicht die einzige Stelle, wo in diesem Gebiet Glomusgewebe vorkommt. Sowohl makroskopisch als mikroskopisch kann man an vielen anderen Stellen dieses Gebietes zerstreutes Glomusgewebe antreffen. Das Wesentliche hieran ist jedoch, dass es stets im Verlauf der Nervenfasern liegt, die vor allem an der Stelle der Carotidengabelung ein ausgedehntes Geflecht bilden. Auf diese Lage des Glomusgewebes hat schon KOHN (1900) hingewiesen und sie sogar für ein besonderes Merkmal des Paragangliengewebes bezeichnet. Es scheint mir daher gut, zunächst die Innervation dieses Gebietes zu besprechen.

## INNERVATION.

Der wichtigste Nervenstamm, der sich in die Gegend des *Sinus caroticus* und des *Glomus caroticum* zieht, ist ein Zweig des *Nervus glossopharyngeus*. Dieser tritt bei allen Tieren ständig auf. HERING nannte ihn den Sinusnerven, während DE CASTRO vom *Nervus intercaroticus* spricht. In der Gabelung der *Carotis communis* wird er zu einem Flechtwerk von Nervenfasern, in dem die Hauptmasse des Glomusgewebes liegt. An der Bildung dieses Geflechtes beteiligen sich auch Verästelungen anderer Nerven; so behauptete schon SVITZER (1863), dass auch ein Zweig des *Nervus hypoglossus* sich dort hin ziehe. Eigentümlicherweise wurde dieser Zweig nach ihm von fast keinem Forscher erwähnt, abgesehen von RIJNDERS, auf dessen Arbeiten ich noch ausführlicher eingehen werde. Weiterhin geben alle Forscher (u.a. WILSON GERARD und BILLINGSLEY, DE CASTRO, RIEGELE, HOVELACQUE, MAES, BINET und GAYET, DE BOISSEZON, RIJNDERS) an, dass Nerven aus dem *Ganglion cervicale superius* und unter Umständen aus dem Grenzstrang zum *Glomus caroticum* verlaufen. Auch der *Nervus vagus* gibt einen oder mehrere Zweige in dies Gebiet ab, wie mehrere Untersucher feststellten. Nach RIEGELE wird dieser Zweig beim Menschen vom *Nervus laryngeus superior* entsandt.

1933 veröffentlichte RIJNDERS eine sehr ausführliche Untersuchung über die Innervation der Halsarterien beim Hund, die an Vollständigkeit die Beschreibungen der anderen Forscher übertrifft. Er ging nämlich von der Methode von WOROBIEW aus. Hierbei werden die Nerven mit Methylenblau gefärbt und bei Lupenvergrößerung beobachtet und präpariert. Er konnte mit dieser verfeinerten Methode, die gewissermassen einen Übergang zwischen makroskopischer und mikroskopischer Anatomie darstellt, nachweisen, dass die Nervenversorgung dieses Gebietes sehr kompliziert ist. Alle im Hals befindlichen grossen Nervenstämmen und -knoten, sowie ihre verschiedenen Verbindungen, geben Nerven für die dort liegenden Arterien ab. In der Adventitia entsteht ein äusserer Plexus, der immer wieder Zweige zu den nächstgelegenen Nervenstämmen entsendet, woran sich aber auch immer neue, segmentale Zweige beteiligen. Im Gebiet des *Glomus caroticum* und des *Sinus caroticus* stellt er eine Anhäufung dieses Nervenmaterials fest. Zum gleichen Komplex gehört auch die *Arteria vertebralis*, die zwar eine Sonderstellung einnimmt, deren Nervenplexus aber

über die *Arteria occipitalis* mit dem des Carotisgebietes zusammenhängt. Beide Gebiete werden einerseits beherrscht vom „Nervenkomplex der Schädelbasis“ (laterales System und *Nervus XII*) und andererseits vom Komplex der miteinander verbundenen Hals-Rückenmarksnerven. Wahrscheinlich sind die nach den oben genannten Gefässen ziehenden Nervenstämme nicht alle als wirkliche Gefässnerven anzusehen, doch geben sie alle Zweige an den Plexus in der Adventitia ab.

An Hand von zwei schematischen Zeichnungen (siehe Abb. 1 und 2), die ich nach den makroskopischen Befunden bei einer grossen Anzahl von Pferden zusammengestellt habe, möchte ich nun die Innervation dieses Gebietes und die Ausdehnung des Glomusgewebes beim Pferd näher beschreiben. Das Pferd eignet sich zum makroskopischen Präparieren dieses Gebietes deswegen so vorzüglich, weil es so gross ist und ausserdem der Vorteil besteht, dass die das Gebiet des *Glomus caroticum* versorgenden Nervenstämme vorwiegend auf der Wand des Luftsackes liegen. Ist dieser Luftsackwand nun gespannt, so kann man die Nervenstämme beim Präparieren unter Wasser mit Leichtigkeit auf einer durchscheinenden Unterlage verfolgen.

Der Zweig des *Nervus IX* (der Sinusnerv von HERING oder der *Nervus intercaroticus* von DE CASTRO) tritt stets an der gleichen Stelle aus und verläuft direkt zur Gabelung der *Carotis communis* (Abb. 1, S.N.). Dorthin

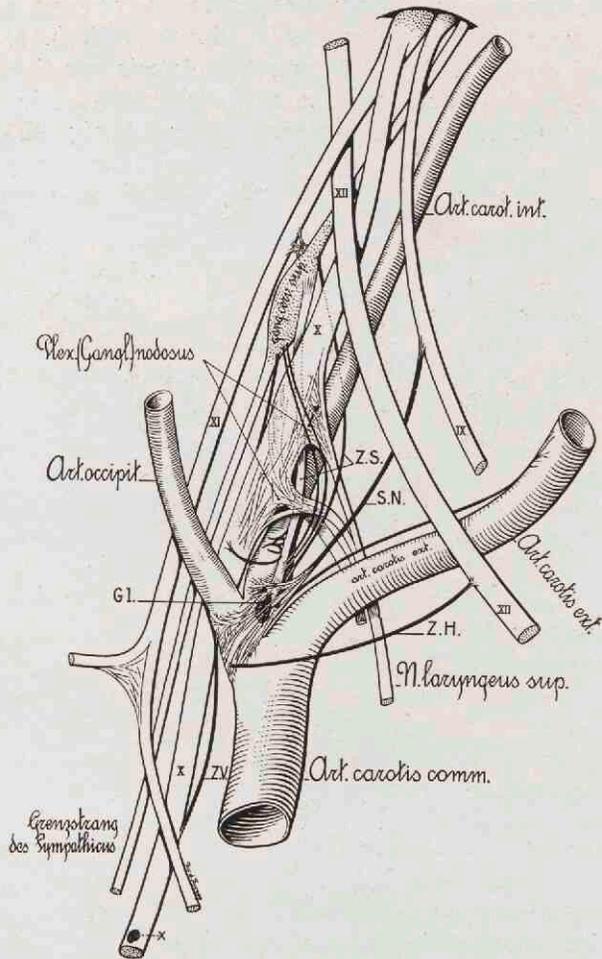


Abb. 1. Nervenversorgung des Sinus caroticus und Glomus caroticum des Pferdes. Von der medialen Seite gezeichnet. S.N. = Zweig des N. glossopharygeus = Sinusnerv (HERING). Z.V. = Zweig des N. vagus. Z.S. = Zweig des Gangl. cerv. sup. Z.H. = Zweig des N. hypoglossus. x = Stelle, an der im Vagus-Sympathicus eine Anhäufung von Glomus-Gewebe (Paraganglion?) angetroffen wurde.

ziehen sich gleichfalls mehrere Nerven aus dem *Ganglion cervicale superius* (Abb. 1, Z.S.), wo sie mit dem oben genannten Nerven ein Geflecht bilden. In diesem Geflecht, unmittelbar in der Gabelung, finden wir stets die Hauptmasse des Glomusgewebes, das *Glomus caroticum* im engeren Sinne.

Ebenso regelmässig beobachten wir einen oder mehrere Zweige des *Nervus X*, die in dies Gebiet eintreten (Abb. 1, Z.V.). Diese entspringen meist caudal der Gabelung der *Arteria carotis communis* aus dem Vagus und ziehen sich orad zu den Gefässwänden in der Nähe der Gabelung.

Der *Nervus XII* entsendet regelmässig einen oder mehrere Zweige nach seiner Kreuzung mit der *Carotis externa*. Diese Zweige verlaufen längs der Arterie zur Gabelung (Abb. 1, Z.H.).

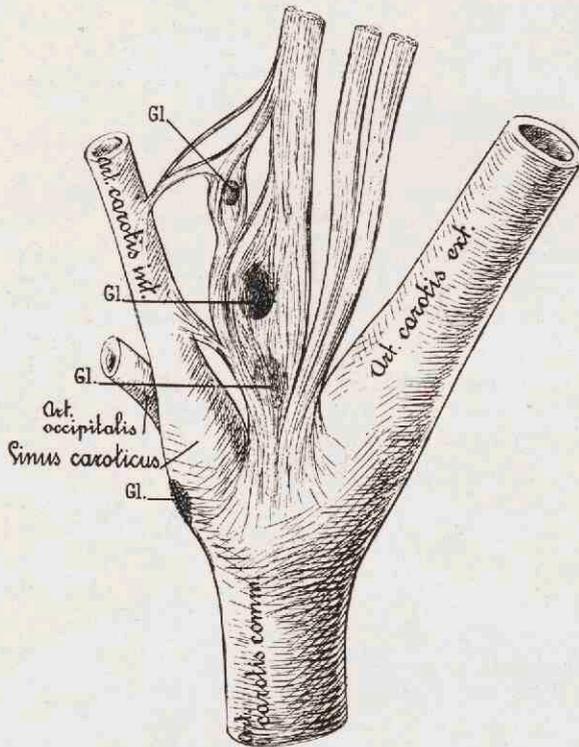


Abb. 2. Anhäufungen von Glomusgewebe (Gl.) im Plexus intercaroticus und in der Wand des Sinus caroticus.

und experimentelle Degenerationsversuche Aufschluss geben. So glaubte z.B. DE CASTRO auf Grund seiner Degenerationsversuche feststellen zu können, dass das *Glomus caroticum* ausschliesslich durch den Zweig des *Nervus IX* innerviert wird, während die Zweige des sympathischen Systems die Gefässe des Organs versorgen sollen.

Wie sich aus der weiteren Untersuchung ergeben wird, sind die Verhältnisse der Nerven im vorliegenden Gebiet komplizierter als man auf Grund des makroskopischen Befundes und nach den Versuchen von DE CASTRO annehmen könnte. Ich möchte jedoch an dieser Stelle hierauf nicht näher

Einmal beobachtete ich als Zufallsbefund im anatomischen Praktikum, dass ein Zweig des *Nervus cervicalis II* zu dem vom Sinusnerven und von Sympathicuszweigen gebildeten Geflecht in der Gabelung verlief.

Die Beteiligung jedes dieser Zweige an der Innervation der verschiedenen Teile des *Glomus caroticum*, *Sinus caroticus* und der übrigen Gefässwand lässt sich natürlich mit Hilfe makroskopischer Methoden nicht feststellen. Hier könnten höchstens die von RIJNDERS benutzte Methode von WOROBIEW und unter Umständen Schnittserien

eingehen, sondern diese Angelegenheit bei der Besprechung der mikroskopischen Untersuchung behandeln.

Was die makroskopische Ausdehnung des Glomusgewebes angeht, konnte ich feststellen, dass diese am besten sichtbar wird, wenn das Gewebe stark blutgefüllt ist. Diese Blutfüllung schwankt individuell stark und war bei den vielen Pferden, die ich untersuchte, sehr verschieden, obgleich alle Tiere in derselben Weise durch Verbluten in Chloralhydratnarkose getötet wurden. War wenig Blut vorhanden, so trat das Glomusgewebe so wenig hervor, dass selbst die Hauptmasse in der Carotidengabelung kaum sichtbar war. Bei starker Füllung mit Blut lässt sich die Verbreitung des Glomusgewebes durch seine rotbraune Farbe leicht feststellen.

So kommen, wie sich aus den Zeichnungen ergibt (vergl. Abb. 2), beim Pferd zerstreute, im Nervenengeflecht zwischen *Carotis externa* und *interna* gelegene Anhäufungen von Glomuszellen vor, oft bis auf mehrere Zentimeter Abstand von der Gabelung.

Ausserdem fand ich makroskopisch sichtbares Glomusgewebe sowohl in der lateralen als auch in der medialen Wand des *Sinus caroticus*.

Ein besonders interessanter Fund war die Entdeckung eines erbsengrossen, rotbraunen Körperchens im Vagus-Sympathicus des Pferdes, etwa eine Handbreit caudal der Carotidengabelung (Abb. 1, bei x). Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass, wie all die anderen zerstreut liegenden Körperchen, auch dieses aus Glomusgewebe bestand. Da gerade dies Organ besonders schöne Präparate nach BIELSCHOWSKY-GROS ergab, komme ich hierauf bei der Besprechung der Imprägnationspräparate zurück. Mikroskopisch konnte ich noch eine weitere Verbreitung des Glomusgewebes in der Form oft nur vereinzelter Zellen im Verlauf von Nervenfasern in der Wand des *Sinus caroticus* feststellen.

Beim Rind fand ich auf Schnitten stets eine grosse Anhäufung von Glomuszellen an der Wurzel der *Arteria occipitalis*.

Bei Katze und Hund liegt das *Glomus caroticum* immer als mit der Lupe deutlich sichtbares Knötchen in der Gabelung der *Arteria carotis communis*. Beim Hund konnte ich ausserdem mikroskopisch längs der Nervenfasern kleinere Anhäufungen von Glomuszellen feststellen.

Beim Schwein fand ich das Glomusgewebe auf Schnitten häufig in langen Strängen am Anfang des gemeinschaftlichen Stammes von *Arteria occipitalis* und *Arteria carotis interna*. Auch hier lagen sie immer im Verlaufe der Nervenfasern.

Die oben genannten Befunde stimmen mit denen anderer Forscher weitgehend überein. So teilen WILSON GERARD und BILLINGSLEY (1923) mit, dass sie beim Hund häufig neben dem eigentlichen *Glomus caroticum* mit blossem Auge sichtbare Anhäufungen von Glomusgewebe als rotbraune Punkte in der Wand der *Arteria carotis communis* und *externa* feststellten.

DE BOISSEZON (1936) beschrieb für das Pferd an Hand mikroskopischer Präparate die gleiche Ausdehnung des Glomusgewebes.

MURATORI (1932), der im Anschluss an KOHN von *Paraganglion intercaroticum* spricht und nicht, wie u.a. DE CASTRO das *Glomus caroticum* aus der Gruppe der Paraganglien ausschliesst, findet auch am *Vagus* und im

*Ganglion nodosum* die gleichen Zellanhäufungen und spricht von juxta- und intravagalen Paraganglien.

Das ganze Bild stimmt mit der Beschreibung von KOHN überein, der in seiner klassischen Arbeit aus dem Jahre 1900 sagt, dass auch ausserhalb der makroskopisch sichtbaren Stellen überall zerstreute Anhäufungen dieser Paraganglienzellen auftreten, stets aber in engem Zusammenhang mit sympathischen Nervenfasern und -ganglien. Nach diesem Forscher sind sie nach Art von Ganglienzellen in den Verlauf der sympathischen Nervenstämme eingeschaltet. Anhäufungen derartiger Zellen, die denen der Carotisdrüse vollkommen gleichwertig sind, findet er im *Ganglion cervicale superius*. Bei einer jungen Katze beschreibt er einen durchlaufenden Strang von Glomusgewebe, der die Carotisdrüse mit dem *Ganglion cervicale superius* verbindet und sowohl in das Innere der Carotisdrüse als auch in das oben genannte Ganglion übergeht. Dieser charakteristische, enge Zusammenhang mit dem Nervengewebe, den er auch in der Genese feststellt, ist für ihn eine der grundlegenden Eigenschaften, die all diese zerstreuten Zellgruppen gemeinsam haben und auf Grund derer er sie zur Gruppe der Paraganglien zusammenfasst.

## II. Mikroskopische Anatomie des *Glomus caroticum*.

Bei den verschiedenen Tieren bietet das Organ nach Fixation in Formol und Färbung mit Haematoxylin-VAN GIESON bei schwacher Vergrösserung je nach der Art des Tieres ein einigermaßen verschiedenes Bild. Dies beruht hauptsächlich auf der besonderen Anordnung der Zellen, aus denen es aufgebaut ist.

Eine ausgesprochene Bindegewebskapsel besitzt das Organ nicht, seine Zellen liegen aber immer eingebettet in ein Bindegewebe, das sehr reich an Blutgefässen und Nerven ist.

Bei der Katze ist das Organ im allgemeinen ziemlich kompakt. Beim Pferd sehen wir dagegen eine mehr oder weniger deutliche Gliederung in Läppchen, die dadurch entsteht, dass kollagenes Bindegewebe mit Blutgefässen und Nerven das Organ in Teile zerlegt. Diese Läppchen werden beim Pferd durch feinere Septa, die zuletzt ihren kollagenen Charakter verlieren, in Zellnester untergeteilt. Die Struktur des *Glomus caroticum* beim Rind stimmt weitgehend mit der beim Pferd überein. Das Organ des Hundes zeigt diese Verteilung in Läppchen und Zellnester nicht, sondern dort liegen die zelligen Elemente zu Nestern oder Strängen vereinigt unregelmässig im Bindegewebe.

KOHN begründet auf dieser Verteilung der zelligen Bestandteile im Bindegewebe eine Unterteilung des *Glomus caroticum* bei den verschiedenen Tieren. Diese Einteilung lässt sich in grossen Zügen wohl durchführen, doch können die Bilder individuell bei derselben Tierart stark voneinander abweichen.

Da meine Untersuchung des Glomusgewebes sich besonders mit dem Zusammenhang der Zellen des *Glomus caroticum* mit den Nervenfasern beschäftigt und ich der Ansicht bin, dass das Glomusgewebe des Pferdes für diese Untersuchung das geeignetste Objekt darstellt, werde ich in

diesem Abschnitt zuerst den mikroskopischen Bau dieses Organs beim Pferd näher besprechen.

Betrachtet man das in der Carotidengabelung gelegene Organ bei schwacher Vergrößerung (vergl. Abb. 3), so sieht man, dass das Glomusgewebe in Läppchen angeordnet ist. Diese Lobuli nennt SCHAPER „Secundärknötchen,“ während KOHN von „Körnern“ spricht. Beim Pferd sind sie schon mit bloßem Auge sehr gut sichtbar, wenn man das Organ mit Xylol durchsichtig macht. Sie erscheinen dann als rotbraune, feine Körnchen. Zwischen ihnen liegt sehr gefäß- und nervenreiches, kollagenes Bindegewebe. Schon bei der Vergrößerung der Abb. 3 fallen die grossen, sinusartig erweiterten, netzförmig miteinander verbundenen Venen auf, die oft um einen Lobulus angeordnet sind, aber auch mit den Bindegewebssepten in ihn eindringen.

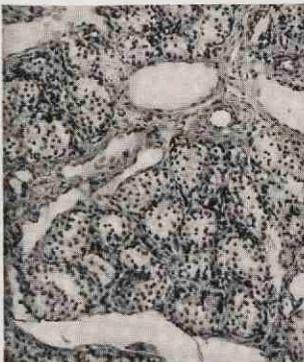


Abb. 4. Glomus caroticum des Pferdes. Anordnung der Glomuszellen zu Zellballen und Zellsträngen. In den Bindegewebssepten des Läppchens liegen sehr weite Venen. Hämalaun-Eosin-Präparat. Mikrophoto: Ok. Zeiss K.10 x, Obj. Winkel-Zeiss 2.



Abb. 3. Glomus caroticum des Pferdes. Übersichtsbild, das die Verteilung in Läppchen („Secundärknötchen“ von SCHAPER) deutlich wiedergibt. In dem Bindegewebe um die Läppchen herum und in den Septa, die in die Läppchen hineindringen, liegen viele sinus erweiterte Venen. Hämalaun-Eosin-Präparat. Mikrophoto.

Sie besitzen eine verhältnismässig dünne Muskelwand; wo sie innerhalb der Lobuli liegen, findet sich nur hier und da eine Muskelzelle in ihrer Wand.

Mit etwas stärkerer Vergrößerung (Abb. 4) sehen wir, dass in einen derartigen Lobulus feinere Bindegewebswände mit sehr vielen Nervenfasern eindringen. Noch feinere Septa, die sich an verschiedenen Stellen von den ersteren abzweigen, dringen in das Gewebe ein, das durch die letzteren in Zellhaufen oder -nester verteilt wird. Diese feineren Wände um die Zellnester enthalten fast kein kollagenes Bindegewebe mehr, sie tragen einen protoplasmatischen Charakter und enthalten viele länglich ovale Kerne (vergl. Abb. 5). Sie bestehen sozusagen aus einem Netz von kernhaltigen Plasmasträngen, zwischen denen feinere Blutgefässe und spärliche Bindegewebsselemente liegen.

Betrachten wir die Zellen des *Glomus caroticum* mit der Ölimmersion (Abb. 5), so zeigt es sich,

dass sie alle durch Plasmodesmen miteinander verbunden sind. So bilden sie ein Syncytium, das mit dem der Reticulumzellen in lymphoiden Organen eine starke Übereinstimmung aufweist. Es ist jedoch die Frage, ob wir den Raum zwischen den Plasmodesmen als extrazellulär auffassen müssen oder als grosse vacuolenartige Bildungen in einem sonst zusammenhängenden Zellverband. Weiterhin bestehen ununterbrochene plasmatische Verbindungen zwischen dem Glomuszell-Syncytium und den Plasmasträngen, die die Zellhaufen umgeben. Dieser Zusammenhang wird dadurch unterstrichen, dass die ovalen Kerne der Plasmastränge sich im Syncytium

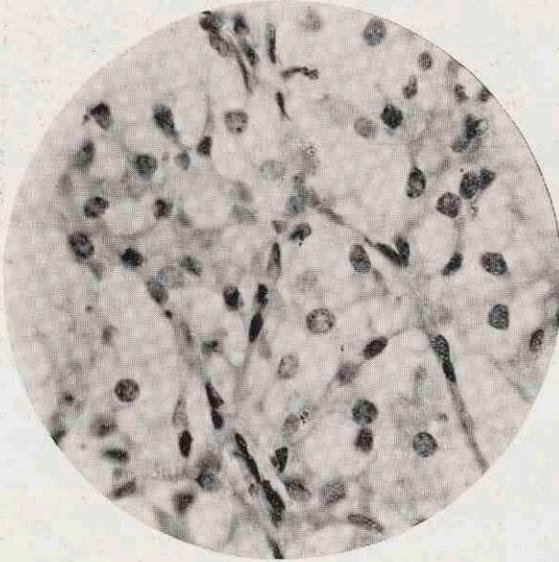


Abb. 5. Glomus caroticum des Pferdes. Glomuszell-Syncytium, zwischen welchem feine Septen liegen, die aus Plasmasträngen mit ovalen Kernen bestehen. Die Plasmastränge hängen kontinuierlich mit dem Glomuszell-Syncytium zusammen. Allerlei Übergänge von langovalen zu runden Kernen. Hämatoxylin-van GIESON-Präparat. Mikrophoto: Ok. Zeiss K. 10 x, Obj. Zeiss. Apochr. H.I., 1,30.

nicht die losen, netzförmigen Plasmastrukturen wie beim Pferd. Oft sind die Zellen zu einer gemeinsamen mehr oder weniger vacuolären Protoplasmamasse vereinigt, in der mehrere Kerne liegen. Auch die Anordnung der zelligen Elemente ist bei diesen Tieren abweichend. Im Bindegewebe, das die Zellgruppen, Zellnester oder Zellstränge voneinander trennt, befinden sich wieder dieselben kernhaltigen Plasmabahnen, die jedoch nicht wie beim Pferd die Zellhaufen rings umgeben, sondern sich unmittelbar in den Glomuszellsträngen fortsetzen.

Die oben beschriebene Struktur, die wir in Paraffin- oder Gefrierschnitten, gefärbt mit den üblichen Plasmafärbungen, feststellen können, wird jedoch in der Literatur nicht immer in der gleichen Weise gedeutet. Viele Forscher erblicken im vacuolären Bau Artefakte, die durch Schrumpfung

des Glomusgewebes fortsetzen, wobei wir einen allmählichen Übergang zwischen den ovalen Kernen der Plasmabahnen und den runden der Glomuszellen beobachten können. Hierauf hat schon RIEGELE hingewiesen.

Dieser Aufbau aus vacuolären, miteinander verbundenen Zellen, der beim Pferd so klar heraustritt, ist bei den übrigen Tieren lange nicht so deutlich. Am ehesten stimmt noch der Bau der Glomuszellen beim Rind mit diesem Bilde überein. Auch hier finden wir dieselben vacuolären Anhäufungen der Glomuszellen.

Bei Schwein und Hund sind die Zellen kompakter und haben nicht so zahlreiche Ausläufer. Infolgedessen findet man im Ganzen auch

nach fehlerhafter Fixation entstehen. Vor allem die Untersucher, die die Chromaffinität der Zellen betonen und die Fixation mit chromhaltigen Flüssigkeiten für die zweckmässigste halten, beschreiben als normale Struktur der Zellen ein kompaktes, sich gleichmässig färbendes Protoplasma.

Wollen wir in zeitlicher Reihenfolge die verschiedenen Auffassungen, soweit sie uns hier interessieren, aufzählen, so ist als erste die von MARCHAND (1891) zu nennen. Er gibt an, dass die Zellen oft epithelartig nebeneinander liegen, obwohl immer etwas Zwischensubstanz in Form eines feinen Reticulum dazwischen liegt. Verschiedene Zellen zeigen eine deutliche vieleckige, epitheliale Form, während andere nach seinen Angaben durch Ausläufer miteinander verbunden sind. Charakteristisch ist seine Feststellung, dass sich die Zellen nicht, wie bei einem gewöhnlichen Epithel durch Zupfen voneinander trennen lassen. Nach MARCHAND hat die *Glandula carotica* den Charakter eines rudimentären Organs und entsteht als eine Wucherung der Gefässbildungszellen.

Auch PALTAUF (1892) spricht von einem Reticulum, in dem die Zellen liegen sollen, ohne jedoch nach seinen Angaben damit in Verbindung zu stehen. Bei Fixation nach MÜLLER sieht man nach seinen Angaben wenig von dieser reticulären Substanz, da die Zellen infolge der Fixation angeblich anschwellen, wodurch das Reticulum unsichtbar werden soll. Er hält die Zellen für ein Perithel im Sinne von EBERTH und das *Glomus caroticum* für ein drüsenartiges Organ, obwohl sich, wie er angibt, angesichts des enormen Reichtums an Nerven-elementen noch gewisse Zusammenhänge mit dem Nervensystem herausstellen werden. STILLING (1892) sagt, dass das *Glomus caroticum* jedenfalls kein rudimentäres Organ ist. Er hält es für eine Blutdrüse, entsprechend der Nebenniere. Weiterhin unterscheidet er zwei Arten von Zellen: 1. die, welche um die Blutgefässe herum liegen, 2. solche, die sich mit Kaliumbichromat braun färben und verhältnismässig wenig vorkommen.

MÖNCKEBERG (1905) sieht in einem Tumor des *Glomus caroticum* beim Menschen an einigen Stellen ein von Plasmasträngen gebildetes Netzwerk, in dem vereinzelte Kerne auftreten. Das Ganze bezeichnet er als eigentümlich veränderte Tumorzellen.

SCHAPER (1892) gibt eine für seine Zeit ausserordentlich gute Beschreibung des Organs. Auch er weist darauf hin, dass das Gewebe sehr schwer gut zu fixieren ist. Gute Bilder erhält man nur von dem Organ bei jungen Tieren, wenn dieses unmittelbar nach dem Tode in MÜLLER'scher Flüssigkeit fixiert wurde. Auch er sieht die netzförmige Zwischensubstanz, aber nach seinen Angaben bestehen die feineren Maschen nicht aus Bindegewebe, sondern aus Plasmafäden. Er drückt sich sehr vorsichtig aus: über den Charakter des Reticulum könne er nichts sagen, seines Erachtens sei es jedoch mit adenoidem Bindegewebe keinesfalls identisch. Dies Netzwerk bildet nun das Skelett, in dem die Zellen und Blutgefässe liegen. Bei gut fixierten Präparaten sind die Maschen immer vollkommen mit Zellen gefüllt. Hat man dagegen schlecht fixiert, so liegt häufig eine stark geschrumpfte Zelle in einem Hohlraum. Nach seinen Angaben erhält man

jedoch bei älteren Menschen trotz der besten Fixierung immer das Bild der miteinander zusammenhängenden, geschrumpften Zellen. Er sagt weiterhin, dass die Zellen unmittelbar mit ihren nackten Protoplasma-körpern aneinander liegen und infolgedessen keine Zellgrenzen sichtbar sind, und man sogar häufig Bilder erhält, auf denen anscheinend viele Kerne in einem gemeinschaftlichen Plasma liegen. Aber auch in gut fixierten Präparaten erhielt er zuweilen Bilder sternförmiger Zellen, die einander mit ihren Ausläufern berühren. Nach SCHAPER verfügen die Zellen über eine grosse Menge Hyaloplasma, das bei der Fixierung verschwindet, das Spongoplasma gibt nur bei guter Fixation ein lebenswahres Bild. Über die Natur des Gewebes äussert er sich nicht; Beachtung verdient sein Ausspruch die physiologische Bedeutung des Organs müsse in der engen Zusammenwirkung zwischen Zellen, Blutgefässen und Nerven gesucht werden.

KOHN (1900) hat, wie schon einleitend gesagt wurde, in der Untersuchung des *Glomus caroticum* eine neue Richtung gegeben. Er betont mit besonderem Nachdruck, dass eine gute Fixierung nur mit kaliumbichromathaltigen Flüssigkeiten möglich ist. Nach Fixierung mit anderen Flüssigkeiten färbt sich das Plasma nicht mehr. Es ist anscheinend extrahiert. Da sich die Zellen nur mit den genannten Flüssigkeiten gut fixieren, und viele sich dabei braun färben, nennt er die Zellen chromaffin. Aus seiner Beschreibung ergibt sich, dass er die homogene Struktur der Zellen für die einzig richtige hält und den vacuolären oder syncytialen Bau als Kunstprodukt auffasst, das durch ungeeignete Fixierung entstanden ist. Die Zellen sind in Gruppen angeordnet und liegen in einem zellenreichen Zwischengewebe, mit dem sie alle mit einem Teil ihrer Oberfläche in Berührung stehen. Dies Zwischengewebe besteht aus Bindegewebe, Nerven und Blutgefässen und dringt sogar in die einzelnen Zellhaufen ein, wo es eine oder mehrere Zellen ganz einschliessen kann. Diese Fortsetzungen des feineren Zwischengewebes bilden nach seiner Auffassung ebenfalls ein Netzwerk, in dessen Maschen die Zellen liegen. Von einem von Zellausläufern gebildeten, protoplasmatischen Reticulum, das SCHAPER beschreibt, will KOHN jedoch nichts wissen.

Wie schon in der Einleitung gesagt ist, hat KOHN die folgenden Organe als Paraganglien zusammengefasst: *Glomus caroticum*, *Mark der Nebenniere* und die zerstreuten *Zellgruppen* im Verlauf des *Sympathicus*. Hierzu führte ihn die Chromaffinität, sowie der enge Zusammenhang mit und die Abstammung aus dem sympathischen Nervensystem. Diese Ansicht von KOHN wurde so allgemein angenommen, dass die Beschreibungen früherer Forscher, wie z.B. die von SCHAPER, ins Hintertreffen gerieten und teilweise sogar vergessen wurden. Viele Forscher nach KOHN fassten das *Glomus caroticum* in seinem Sinne als Paraganglion auf (so u.a. WILSON GERARD und BILLINGSLEY, PALME, SETO und STÖHR).

Wichtig wegen der Beschreibung einiger Einzelheiten in der Struktur sind auch die Veröffentlichungen von ALEZAIS und PEYRON (1911 und 1914), die vor allem Tumoren des *Glomus caroticum* untersuchten. Auch nach ihren Angaben handelt es sich um ein drüsenartiges Organ, das aus

Epithelzellen aufgebaut ist. Sie sprechen von *Paraganglion caroticum* und behaupten, es bestehe beim Menschen aus Zellen parasymphathischer Herkunft, die sich sekretorisch differenzieren; dieser Vorgang sei jedoch häufig nur unvollständig. Das letztere sieht man besonders bei gewissen Tumoren, bei denen die Zellen sozusagen einen embryonalen, weniger differenzierten Charakter zeigen. Sie beobachten in diesen Tumoren viel fibrilläre Zwischensubstanz, die jedoch nicht aus Bindegewebe besteht und sich ohne Unterbrechung in den Glomuszellen fortsetzt. Das Protoplasma der Zellen zeigt mit den üblichen Kern-Plasmafärbungen häufig eine fibrilläre Struktur. Vor allem aus ihren Abbildungen ergibt sich, dass die Zellen miteinander häufig durch lange Ausläufer zusammenhängen. Ihre Beschreibung erinnert an die Plasmastrukturen von SCHAPER und stimmt mit dem Bild des normalen *Glomus caroticum* beim Pferd mehr oder weniger überein. Der enge Zusammenhang mit dem Nervengewebe ergibt sich auch aus ihrer Namengebung, wie Parasympathomen, d.h. Tumoren, die häufig weitgehend mit Neuroepitheliomen übereinstimmen.

Neu sind die Auffassungen von DE CASTRO. In seiner Arbeit (1926) zählt er die Zellen des *Glomus caroticum* nicht mehr zu den Paraganglien und zwar, weil sie seiner Ansicht nach nicht chromaffin sind. Sie färben sich nämlich mit Kaliumbichromat nicht braun, sondern höchstens gelb. Dies beruht auf ihrem hohen Lipoidgehalt und nicht auf der Bildung von Adrenalin. Aus Experimenten, wie der Durchschneidung der Nerven und Einspritzung von Insulin ergab sich, dass das *Glomus caroticum* ein vollkommen anderes Verhalten zeigte als das *Mark der Nebenniere*. Seine Veröffentlichungen beschäftigen sich vor allem mit der Innervation des Organs, worauf ich später eingehen werde. An dieser Stelle möchte ich nur sagen, dass die Glomuszellen nach seiner Auffassung vacuolär sind und anscheinend miteinander zusammenhängen.

Die Auffassung von DE CASTRO, das *Glomus caroticum* sei kein Paraganglion, fand bei einer sehr grossen Anzahl von Forschern Anklang. Dies muss befremden, da die typischen Merkmale eines Paraganglion, nämlich die charakteristische Lage im Verlaufe der Nerven und die Herkunft vom sympathischen Nervensystem von DE CASTRO nicht erörtert werden. Ausserdem verteidigten verschiedene Forscher nach ihm, wie DE WINWARTER und DA COSTA die Auffassung von KOHN. So schreibt DE WINWARTER (1926) auf Grund seiner Untersuchungen bei Chiropteren, man könne bei genauer Verfolgung der in das *Glomus caroticum* eindringenden Nervenzweige feststellen, dass diese nicht alle zwischen den Zellen verlaufen, sondern sich gewissermassen in diesen Zellen fortsetzen, oder mit anderen Worten die Zellen in ihre Bahn aufnehmen, wie Ganglienzellen im Verlauf von Nervenfasern liegen. Die chromaffine Reaktion hält er nicht für unbedingt notwendig. Auch in seinen Präparaten trat nach Fixation mit FLEMING'schem Gemisch keine Bräunung auf.

PALME (1934) gibt an, dass alle Zellen des *Paraganglion aorticum supracardiale* bei Mäuseembryonen ein Syncytium bilden.

WATZKA (1934) sagt dagegen, dass die Paraganglienzellen alle deutlich umrissen sind und es sich bei sternförmigen, miteinander zusammenhängen-

den Zellen um Kunstprodukte handelt, die durch eine schlechte Fixation hervorgerufen werden.

NONIDEZ (1935) behauptet, dass in den Zellhaufen im Depressorgebiet der Aorta, die er *Glomus aorticum* nennt, vor allem bei der Katze Zellen auftreten, die sich bei Behandlung mit Chrom gelb färben. Diese hält er jedoch im Anschluss an DE CASTRO nicht für wirklich chromaffine Zellen, sondern sieht die Ursache der Färbung in einem hohen Lipoidgehalt.

Aus der neuesten Zeit seien noch die Veröffentlichungen von GOSSES und DE BOISSEZON erwähnt. GOSSES (1936) untersuchte das *Glomus caroticum* des Menschen. Im Gegensatz zu WATZKA (1934) ist er der Ansicht, dass tropfenförmige, abgerundete Zellen Kunstprodukte sind, der normale Aufbau besteht aus sternförmigen, miteinander verbundenen Zellen. Das Protoplasma besitzt feine Vacuolen, der grob vacuoläre Bau ist seiner Ansicht nach ein Kunstprodukt, das durch das Zusammenfallen der Gefäße entsteht. Sind die Blutgefäße stark gefüllt oder werden sie vor Fixierung des Organes injiziert, so tritt die Erscheinung niemals auf.

DE BOISSEZON (1936) untersuchte das *Glomus caroticum* des Pferdes, da dies Organ seines Wissens bisher noch nicht erforscht war. Nach seinen Angaben ist das Organ bald kompakt, dann wieder stärker gelappt. Dies kann sogar so weit gehen, dass das *Glomus caroticum* durch dickes Bindegewebe in kleine Inseln zerlegt wird. Die letztgenannte Form, die vor allem im höheren Alter auftritt, hält er für eine Sklerose. Er fand gleichfalls, dass die Zellen ein Syncytium bilden, das Protoplasma ist feinkörnig oder stark vacuolär. Wie andere Forscher stellt er fest, dass im *Glomus caroticum* sehr viele ovale Kerne auftreten, die meistens um die Kapillaren angeordnet sind und sich von Endothelkernen nur schwer unterscheiden lassen.

Wie sich aus der obengenannten Literatur ergibt, herrschen über die Struktur der Glomuszellen weitgehende Meinungsverschiedenheiten, besonders was den vacuolären Bau und die Verbindung miteinander durch Ausläufer angeht.

Die verschiedenen Bilder sollen angeblich auf der Wahl der Fixierungsflüssigkeit beruhen; die vacuoläre Struktur des Plasma sowie der Zusammenhang der Zellen hielt man häufig für Kunstprodukte, die nicht auftreten, wenn man mit geeigneten Gemischen, d.h. Kaliumbichromatgemischen, fixiert. Ich habe daher Material vom Pferd möglichst frisch in Kaliumbichromat-Formol, sowie in den Gemischen nach ZENKER, HELLY und CHAMPY fixiert. Um jede Schrumpfung nach Möglichkeit zu vermeiden, wurden auch Gefrierschnitte angefertigt und diese nach HERINGA in Laevulose eingeschlossen. Sowohl in Paraffin- als in Gefrierschnitten erhielt ich bei all den oben genannten Fixierungsmethoden immer das gleiche Bild miteinander verbundener Zellen, sodass die im Anfang dieses Kapitels beschriebene Struktur des *Glomus caroticum* wenigstens beim Pferd mir die richtige vorkommt. Da das Material ausserdem unmittelbar nach Eintreten des Todes fixiert wurde, kann ich die Ansicht von PAUNZ (1923), der annimmt, die syncytiale Struktur des Plasma entstehe postmortal, wenn man mit dem Fixieren länger als 2 Stunden nach Eintreten des

Todes warte, nicht teilen. Auch in Präparaten zur Darstellung der Mitochondrien (Fixierung nach CHAMPY und Färbung nach ALTMANN-KULL) ergab sich dasselbe Bild. Die Mitochondrien treten sowohl im Plasma um die Kerne als auch in den verbindenden Plasmabrücken zerstreut auf.

Was das weitere mikroskopische Bild des *Glomus caroticum* angeht, so sei darauf hingewiesen, dass die Kerne häufig sowohl in ihrer Form als auch in ihrem Färbungsvermögen voneinander abweichen. Im allgemeinen sind sie verhältnismässig gross, rundlich, chromatinarm und besitzen einen oder mehrere Nucleoli. Wie bereits KOHN (1900) angab, zeigen sie oft beträchtliche Grössenunterschiede. Unter ihnen finden sich sogar Exemplare, die man nach seinen Angaben als Riesenkerne bezeichnen könnte. Diese grossen Kerne fanden auch WILSON GERARD und BILLINGSLEY im *Glomus caroticum* des Hundes. Da sie im Gegensatz zu anderen Forschern in der Drüse keine sympathischen Ganglienzellen sahen, nahmen sie an, dass viele Untersucher, die vom Auftreten von Ganglienzellen in der Carotisdrüse sprechen, irrtümlich Glomuszellen mit sehr grossen Kernen hierfür gehalten haben.

Neben diesen grossen, runden, blasenförmigen Kernen sieht man nun, je nach der Tierart in verschiedener Zahl, kleinere, chromatinreichere, also dunkel gefärbte Kerne, die häufig einen pyknotischen Eindruck machen. Auch das Plasma, das die verschiedenen Kerntypen umgibt, zeigt nach den Angaben der meisten Forscher Unterschiede in der Färbbarkeit. Während sich das Plasma um die kleineren, dunkleren Kerne intensiver und homogen färbt, lässt sich das Plasma um die grossen, hellen Kerne viel schwerer färben. Nach den Angaben von WHITE versagen hier die üblichen Plasmafärbungen sogar vollkommen.

Die verschiedenen Typen werden sehr verschieden gedeutet. Manche Forscher (PAUNZ, ALEZAIS und PEYRON, GOSSES) sehen in den dunklen Kernen Degenerationserscheinungen oder suchen die Ursache für ihr Auftreten in postmortalen Veränderungen. DE CASTRO fand die verschiedenen Typen ebenfalls; er sagt, dass auf Mitochondrienpräparaten das Chondriom um die kleinen, dunklen Kerne viel dichter sei, als das um die grossen, blasenförmigen. WHITE fand im Gegensatz zu anderen Forschern keine Übergänge zwischen den beiden Typen und behauptet, dass zwei sowohl in Herkunft als Funktion voneinander abweichende Zelltypen vorliegen.

DE BOISSEZON beobachtete im *Glomus caroticum* des Pferdes neben den grösseren, hellen, blasenförmigen Kernen auch die erwähnten, kleinen, dunklen. Die letzteren fand er vor allem bei jungen Tieren, wo sie nach seinen Angaben oftmals längs der Blutgefässe angeordnet sind. An dem einen Ende gehen diese Gruppen dunkler Kerne oft allmählich in Zellgruppen mit hellen Kernen über. Da er die ersteren nun vor allem bei jungen Tieren findet, hält er sie für Vermehrungsgebiete. Auch GOSSES sagt, dass er die dunkleren Kerne vor allem im *Glomus* von Kindern fand.

In Tumoren des *Glomus caroticum* beim Menschen hat man die beiden Zellkerntypen ebenfalls beschrieben. ALEZAIS und PEYRON beobachteten sie, abgesehen von Tumoren des *Glomus caroticum*, auch in Parasympa-

thomen der Nebenniere, weiterhin in Gliomen und Neuroblastomen. Da sie zwischen hellen und dunklen Kernen allmähliche Übergänge finden, halten sie die letzteren für Degenerationsformen. CHASE (1933) und WHITE sehen in den Zellen mit dunklem Kern in Tumoren des *Glomus caroticum* Sympathogonien, wie sie nach ihren Angaben auch in Tumoren der Nebenniere auftreten.

Manche Forscher wollen die Anwesenheit heller und dunkler Kerne mit der Chromaffinität der Zellen in Zusammenhang bringen. Übereinstimmung besteht jedoch auch hier nicht. Nach Angabe der meisten Forscher sollen sich die Zellen mit dunklen Kernen nach Fixierung in chromhaltigen Lösungen gelb färben, nach anderen (NONIDÉZ) sollen die gelben Körner vor allem im Protoplasma der Zellen mit helleren Kernen auftreten.

Hierzu kommt noch, dass DE CASTRO und Andere zwar feststellen, dass sich die Zellen mit den dunkleren Kernen nach Chromfixierung gelb färben, diese Gelbfärbung aber nicht als Chromaffinität auffassen, sondern sie einem höheren Lipoidgehalt des Plasma zuschreiben. Wie schon gesagt, stellt DE CASTRO ausserdem Unterschiede im Bau des Chondrioms zwischen den beiden Zelltypen fest.

Was schliesslich die Chromaffinität der Glomuszellen angeht, so sagt WATZKA (1934), dass im *Glomus caroticum* des Menschen und verschiedener Tiere, vor allem des Schweines, sowohl chromaffine als nicht chromaffine Zellen vorkommen. Seiner Ansicht nach stehen die ersteren mit dem Sympathicus, die letzteren mit Hirnnerven in Verbindung. Auf diesem Unterschied begründet er sogar eine nähere Einteilung der Paraganglien, die bereits oben erwähnt wurde.

Wie sich aus dem Obenstehenden ergibt, ist man sich über das Bestehen zweier Zelltypen im *Glomus caroticum* im grossen und ganzen einig. Doch sind die Kriterien zu ihrer Unterscheidung noch ziemlich ungenügend und die Erklärungen des verschiedenen Verhaltens der Zellen weichen dermassen voneinander ab, dass unser Einblick in das Wesen des Glomusgewebes dadurch eher getrübt als vertieft wird.

In meinen eigenen Präparaten des *Glomus caroticum* beim Pferd fand ich ebenfalls helle und dunkle Kerne. Die letzteren sind jedoch stark in der Minderheit. Das Protoplasma um die dunklen Kerne hängt jedoch ohne Abgrenzung mit dem um die hellen Kerne zusammen. Auch ich finde oft, wie DE BOISSEZON, ganze Partien, die nur Zellen mit dunklen Kernen enthalten. Seine Beobachtung, dass sie besonders längs der Blutgefässe liegen, konnte ich nicht bestätigen. Nach Fixation in chromhaltigen Lösungen habe ich beim Pferd keine Gelb- oder Braunfärbung der Zellen feststellen können, beim Schwein färbten sich jedoch einige kleine Zellgruppen an den Stellen, wo Nervenfasern in eine Anhäufung von Glomuszellen eindringen, gelb bis braun. Auf die Frage, ob dies echte, chromaffine Zellen sind, möchte ich hier nicht näher eingehen. Wie sich aus den Kapiteln über die Untersuchung mit Silberimprägnation und Vitalfärbung mit Methylenblau ergeben wird, bin ich davon überzeugt, dass man durch die Erforschung des Zusammenhangs zwischen Zellen und Nerven ihrem Wesen viel näher kommt, als durch die Feststellung ihres Verhaltens nach

Fixierung mit Chromlösungen. Darum kann vielleicht auch nur mit Hilfe spezifischer Nervenfärbungen festgestellt werden ob im Glomusgewebe wirklich zwei verschiedene Zelltypen auftreten.

#### DAS AUFTRETEN VON PIGMENT.

Es ist auffallend, dass beim Pferde im Gegensatz zu anderen Tieren in den Glomuszellen verhältnismässig viel Pigment auftritt. Im Glomusgewebe anderer Tiere, wie Schwein, Hund, Rind und Katze, fand ich es niemals. Auch in den Glomuszellen eines neugeborenen Füllens konnte ich kein Pigment feststellen, es kommt nur bei älteren Pferden vor. Es erinnert stark an das Pigment, das bei älteren Pferden so auffallend häufig beispielsweise im *Ganglion cervicale superius* vorkommt. Ich fand es stets in den eigentlichen Glomuszellen, jedoch auch hier und da in den damit zusammenhängenden, kernhaltigen Protoplasmabahnen, die um die Zellhaufen liegen. In ungefärbten Gefrierschnitten nach Fixation in Formol, sowie in Paraffinschnitten erscheint es als hellgelbe bis braune durchscheinende Körnung.

In der Literatur finden sich wenig Angaben über das Auftreten von Pigment im *Glomus caroticum*. PALTAUF beschreibt es in pathologischem Material von Menschen, STILLING (1892) im *Glomus caroticum* vom Pferde und Rinde und PRENANT (1894) im Glomusgewebe eines Schafembryo. Auch DE BOISSEZON fiel der Pigmentreichtum des *Glomus caroticum* beim Pferde auf. Seiner Ansicht nach handelt es sich um einen lipo-pigmentären Komplex, der in Wasser unlöslich ist und von Säuren und Laugen wenig angegriffen wird. Mit Osmiumsäure und Sudan III färbt er sich nicht, gibt aber eine deutliche Eisenreaktion mit 6% iger Alkohol-Schwefelsäure. Mit ammoniakalischem Silber entsteht nach seiner Angabe keine argentafine Reaktion.

#### DURCHBLUTUNG DES GLOMUSGEWEBES.

Das *Glomus caroticum* enthält, wie schon gesagt, sehr zahlreiche Blutgefäße. Nach den Angaben von WHITE und GOSSES wird jeder Lobulus des Glomus durch eine eigene Arterie versorgt; dies halten sie für besonders wichtig im Hinblick auf die Pathologie des Organes. In den Lobuli lösen sich die Arterien in Kapillaren auf und letztere gehen in ein stark verzweigtes Netzwerk sinusartig erweiterter Venen über. Letztere liegen vor allem um die Glomusläppchen und in den gröberen Septen.

ARNOLD (1865), der im Glomusgewebe arterielle Glomeruli sah, und es mit dem *Glomus coccygeum* verglich, hielt die Bildungen, die wir heute als Zellballen und -stränge kennen, für Gefässchlingen mit proliferiertem Epithel (Endothel). Hiergegen wandte sich bereits HEPPNER (1869) energisch.

Die in das Glomusparenchym eindringenden Kapillaren stehen mit den Glomuszellen in innigem Kontakt. Nach den meisten Forschern (MÖNCKEBERG, DE CASTRO, PALME, NONIDEZ, WHITE, GOSSES, DE BOISSEZON) liegen die Zellen des Glomus unmittelbar ohne Bindegewebsschicht oder nur durch sehr wenig Bindegewebe davon getrennt, gegen das Endothel.

Das Plasma der Endothelzellen ist sehr dünn und in gewöhnlichen Haematoxylin-VAN GIESON-Präparaten häufig nicht als besondere Protoplasmaschicht vom Plasma der Glomuszellen zu unterscheiden. So wird sehr oft der Anschein erweckt, als hingen die Glomuszellen und die Endothelzellen direkt miteinander zusammen, oder aber als ob die Glomuszellen selbst die Wand der Kapillare bildeten. Gewissheit über das Auftreten einer aus äusserst feinen Gitterfasern bestehenden Basalmembran zwischen dem Endothel und den eigentlichen Glomuszellen kann man nur durch eine eingehende Untersuchung in dieser Richtung erhalten.

Am Ende dieses Abschnittes möchte ich noch einmal in Bezug auf das Ziel der vorliegenden Arbeit die folgenden Punkte der mikroskopischen Anatomie des *Glomus caroticum* besonders beim Pferde als wesentlich hervorheben. Das Glomusparenchym wird beim Pferd durch Bindegewebe, das durch einen ausserordentlichen Nervenreichtum gekennzeichnet ist, in grössere oder kleinere Lobuli verteilt. In diese Lappen dringen nun feinere Bindegewebssepten ein, die ebenfalls noch zahlreiche Nervenfasern enthalten. Von diesem zweigen sich schliesslich Septen ab, in denen kollagenes Bindegewebe kaum noch vorkommt, die vielmehr einen protoplasmatischen Charakter zeigen; sie gliedern das Parenchym in Zellnester. Diese plasmatischen Septen, in denen zahlreiche ovale Kerne liegen, umgeben die Zellnester nicht nur, sondern dringen auch in sie ein, wobei der Eindruck entsteht, dass sie allmählich in die sternförmig verzweigten, als Syncytium miteinander zusammenhängenden Glomuszellen übergehen. Obwohl in diesen kernreichen Septen mit den üblichen Kernplasmafärbungen Nervenfasern nicht festzustellen sind, schien mir das Auftreten von Nerven-elementen in ihnen angesichts ihres Ursprunges aus den deutlich Nervenfasern enthaltenden, gröberen Bindegewebssepten sehr wahrscheinlich. Dies war umsomehr der Fall, da das Syncytium in den Zellnestern, in das sie ihrerseits wieder übergehen, mich in seinem Bau an die vacuolären Plasmastrukturen erinnerte, die BOEKE bei Nervenregenerationen beschrieb, die HERINGA bei der Entwicklung von Nervenfasern und AKKERINGA am peripheren Ende der Nervenbahn beobachteten. Es schien mir daher, vor allem wegen der beschriebenen übersichtlichen Struktur, das Glomusgewebe des Pferdes hervorragend geeignet, um mit Hilfe spezifischer Methoden den Nervenverlauf im *Glomus caroticum* und den etwaigen Zusammenhang der Nervenfasern mit den Glomuszellen zu untersuchen und dadurch unter Umständen das Wesen der Zellen aufzuklären.

### III. Untersuchung des *Glomus caroticum* mit Hilfe der Silberimprägnation.

#### ERGEBNISSE FRÜHERER UNTERSUCHER.

Alle Forscher, auch die, welche keine spezifischen Silberimprägnationsmethoden anwandten, erwähnen den ausserordentlichen Nervenreichtum des Organes. KOHN, der hierauf besonders aufmerksam macht, sagt, man könne den Verlauf der Nervenfasern auf zwei verschiedene Arten beschreiben. Man könne sagen, dass die Nerven die in das Organ eintreten, sich allmählich in feine Zweigchen auflösen und schliesslich auch in die Zellballen eindringen.

Oder man könne den Zustand seines Erachtens richtiger folgendermassen beschreiben: zahlreiche Nervenfasern, in die bereits Ganglienzellen und chromaffine Zellen eingelagert sind, lösen sich zu einem dichten, gemeinsamen Fasernetz auf, in dem eine unzählbare Menge chromaffiner Zellen unregelmässig verteilt, einzeln oder gruppenweise, liegen. Nach KOHN besagt die erste Auffassung, dass die Zellnester vom Nervensystem unabhängige Gebilde sind, wie z.B. Drüsen-schläuche, in die sekundär Nerven eindringen. Die zweite bringt jedoch zum Ausdruck, dass die Beziehung zwischen Nerven-faser und Zelle vom Anfang an besteht und verhältnismässig innig ist, d.h. Zelle und Nerv bilden eine Gewebeinheit. Welcher Art diese Beziehung ist, darüber konnte KOHN im Jahre 1900 noch nichts sagen, da die von ihm verwendeten Färbungen (WEIGERT-PAL und Osmiumsäure) nicht genügten. Er denkt sich jedoch den Zusammenhang zwischen Nervenfasern und chromaffiner Zelle weniger innig, als den zwischen Nervenfasern und Ganglienzelle.

SCHAPER (1892) stellte fest, dass sowohl markhaltige als marklose Fasern in die Zellnester eindringen. Über ihren weiteren Verlauf liess sich jedoch nach seinen Angaben weder mit der GOLGI-Methode noch mit Methylenblaufärbung oder der CAJAL-Methode etwas feststellen.

WILSON GERARD und BILLINGSLEY (1923) waren eigentlich die ersten, die die Innervation des *Glomus caroticum* mit Hilfe der Silberimprägnation untersuchten. Ihre Beschreibungen und die Abbildung sind jedoch sehr unvollständig. Eine Verbindung der Nervenfasern mit den Zellen oder etwaige Endigungen der ersteren beschreiben sie nicht. Ihre Schlussfolgerungen beruhen daher auch nur zu einem geringen Teil auf histologischen Befunden, sondern sind rein theoretischer Natur und entsprechen den Auffassungen von KOHN und ELLIOTT über die vermutliche Funktion der chromaffinen Zellen. Sie halten daher die eintretenden Fasern für sekretorisch, und die Glomuszelle für eine Paraganglienzelle, die angeblich Adrenalin abscheidet.

Wie schon in der Einleitung gesagt, stammt die erste wichtige Arbeit über die Innervation des *Glomus caroticum* aus der Feder von DE CASTRO (1926). Er untersuchte das Organ bei Maus, Ratte, Kaninchen, Hund und Mensch mit Hilfe der Silbermethoden, die im Laboratorium von RAMON Y CAJAL in Madrid ausgearbeitet wurden. Nach seinen Angaben wird nur bei den Tieren, die ein kompaktes *Glomus caroticum* besitzen, ein periglandulärer Plexus gebildet. Die Nervenfasern, die in das Organ eindringen, sind meistens markhaltig und stammen von einem Zweig des *Nervus glossopharyngeus*, dem *Nervus intercaroticus*, wie er diesen Zweig nennt. Aus Serienschritten durch den Kopf der Maus ergab sich für ihn, dass Sympathicusfasern an der Innervation des Glomusgewebes nicht beteiligt sind. Im Gewebe des Organs wird ein interstitieller Plexus gebildet dadurch, dass sich Fasern aus einem Bündel frei machen oder aber teilen. Um die Zellkonglomerate entsteht schliesslich ein Geflecht von Nervenfasern, ein *Plexus periglomerularis*. Die Fasern verlieren beim Eindringen in das Organ allmählich ihre Markscheide, sodass im periglandulären Plexus die meisten markhaltigen Fasern auftreten, im interstitiellen Plexus finden sich schon weniger und im periglomerulären Plexus liegen fast keine mehr. Vom letzt-

genannten Plexus aus dringen die Nervenfaserbündel, die sich hier stark verzweigen, zwischen die einzelnen Zellen der Zellnester ein. DE CASTRO sagt, dass sie schliesslich vollkommen nackt, auch ohne begleitende Kerne zwischen den Glomuszellen verlaufen. Bei Katze, Hund und Kaninchen, wo angeblich zwischen den einzelnen Zellen eines Zellnestes noch Bindegewebe auftritt, liegen sie zwischen diesem Bindegewebe und der Oberfläche der Zelle. Bei Maus und Ratte jedoch, bei denen nach seinen Angaben das Bindegewebe in diesen Zellkonglomeraten fehlt, liegen sie vollkommen nackt zwischen den Zellen, und dies könnte, wie DE CASTRO bemerkt, verschiedene misstrauische Forscher dazu bringen, in diesen Zellen die klassischen Lemmoblasten von HELD zu sehen. Im Protoplasma liegen die Fasern nach seinen Angaben niemals, sondern stets ausserhalb, obwohl sie häufig Mulden darin bilden. In ihrem Verlauf zeigen sie häufig fibrilläre Verbreiterungen. Sie enden schliesslich an der Oberfläche der Zellen mit einem Ring oder einem kleinen Reticulum. Bei der Maus fand er Endigungen in Form eines Bechers, in dessen Hohlraum eine Zelle liegt; doch sind sie nach seinen Angaben sehr selten. Auch bei diesen Endigungen nimmt er epilemmale Lage an, denn er sagt, dass die Zelle an dieser Stelle mit einer sehr dünnen Schicht Protoplasma überzogen ist, worin sich das sehr feine neurofibrilläre Netzwerk befindet. DE CASTRO betont mit besonderem Nachdruck, dass all die beschriebenen Endigungen epilemmal liegen, d.h. auf der Aussenfläche der Zellen, obwohl er zugibt, dass sie sich oft dicht beim Kern befinden, vor allem bei Maus und Ratte, wo die Zellen protoplasmaarm sind.

Die beschriebene Innervation hält er für eine efferente und sieht im *Glomus caroticum* eine Drüse mit innerer Sekretion, die jedoch keinesfalls Adrenalin produziert.

1928 veröffentlicht DE CASTRO einen neuen Beitrag zur Innervation des *Glomus caroticum* mit den Ergebnissen intrakranialer Durchschneidungsversuche der Wurzeln der Nerven IX, X und XI. Die Tiere wurden 5—12 Tage nach der Operation getötet. In Imprägnationspräparaten zeigt der *Nervus glossopharyngeus*, was die Zahl der Fasern angeht, nur eine geringe Degeneration. Der Zweig zum *Glomus caroticum* und die Endigungen in diesem Organ sind vollkommen intakt geblieben. Da diese Fasern und Endigungen nun nach den Ergebnissen seiner Untersuchung von 1926 degenerieren, wenn er den *Nervus glossopharyngeus* distal seines Ganglion durchschneidet, schliesst DE CASTRO aus seinen Experimenten, dass die Fasern, die das *Glomus caroticum* innervieren, zu Neuronen gehören, die im Ganglion des *N. glossopharyngeus* liegen. Aus diesen Resultaten, sowie aus physiologischen Versuchen zieht er den Schluss, dass diese Fasern eine sensible Funktion haben. Das *Glomus caroticum* ist seiner Ansicht nach ein Organ mit multiplen sensorischen Nervenendigungen und rezeptorischen Zellen und daher mit den anderen sensiblen Organen zu vergleichen. Neue Angaben über den feineren histologischen Bau macht er nicht, man muss daher annehmen, dass er die in seiner ersten Arbeit beschriebenen, ringförmigen oder kleinen netzförmigen Endigungen nun für sensibel hält und in den Glomuszellen oder zum mindesten in einigen von ihnen rezeptorische Zellen erblickt.

RIEGELE (1928) untersuchte mit der Methode von GROS das *Glomus caroticum* des Menschen. Die in das Organ eintretenden Nerven bilden nach seinen Angaben im Bindegewebe rings um die Secundärknötchen Geflechte dadurch, dass Fasern aus dem einen Bündel in das andere übergehen. Von diesem Plexus aus dringen die Fasern meist zusammen mit Blutgefäßen in das Secundärknötchen ein. Sie bilden hier an der Oberfläche der Zellhaufen wieder Geflechte. Was den Verlauf der Nervenfasern innerhalb des Secundärknötchens angeht, so beschreibt RIEGELE als Eigentümlichkeit, dass die einzelnen Fasern sich hier verzweigen, wobei die Ästchen häufig miteinander in Verbindung treten; so wird hier nach seinen Angaben ein echtes Nervennetz gebildet. Zwischen den einzelnen Glomuszellen werden die Fäden des Netzes immer feiner und die Maschen kleiner. Während die gröberen Fasern um den Zellhaufen von deutlichen SCHWANN'schen Kernen begleitet werden, liegen im Verlaufe der Fasern innerhalb des Zellhaufens mehr kurzovale bis runde Kerne. RIEGELE weist darauf hin, dass die feinen Fasern, die im Protoplasma um diese Kerne liegen, die letzteren oft ganz umschlingen. Hierdurch entsteht das gleiche Bild, das auch die interstitiellen Zellen, die LAWRENTJEW im Darm beschrieben hat, zeigen. Im Anschluss an diesen Forscher hält RIEGELE diese Zellen jedoch für SCHWANN'sche Zellen; dies im Gegensatz zu CAJAL, der die interstitiellen Zellen für echte Neuronen hielt. RIEGELE hält die Bildung dieses Endnetzes, in dessen Maschen die Glomuszellen liegen, für den wichtigsten Punkt bei der Innervation des Glomusgewebes. Seiner Ansicht nach ist das die Stelle, wo die feinen Fäserchen mit den spezifischen Glomuszellen in Berührung kommen; das Hauptmerkmal dieses Endnetzes sei die Neigung zu einer Vergrößerung der Oberfläche. Nur ganz vereinzelt sah er, dass ein Fäserchen dieses Netzes mit einem feinen Ring oder einer Platte in einer Glomuszelle endete. Weiterhin beobachtet RIEGELE, dass im Protoplasma der Glomuszellen bei Imprägnation nach BIELSCHOWSKY häufig dunkel gefärbte Granula auftreten; dies ist seines Erachtens die Folge des Auftretens reduzierender Stoffe im Protoplasma. Postmortal ändert sich dieser Zustand schnell und hieraus erklärt sich die verschiedene Färbung der Zellen. RIEGELE hat neben dieser eigentlichen Glomusinnervation, die seiner Ansicht nach sicher zum Teil sekretorische Funktion hat, falls man das Organ für endokrin hält, noch das Auftreten kolbenförmiger sensibler Endkörperchen im *Glomus caroticum* beschrieben.

BOEKE (1932) beobachtet im *Glomus caroticum* des Menschen Endigungen in der Form kleinerer oder größerer Endringe, die seiner Ansicht nach im Gegensatz zur Meinung von DE CASTRO im Protoplasma der Glomuszellen liegen. BOEKE hält weitere Untersuchungen über die Innervation des Organes für sehr erwünscht.

SUNDER-PLASSMANN (1930, 1933) sagt, dass feine marklose Nervenfasern mit den Glomuszellen in eine enge protoplasmatische Verbindung treten. Eigentliche Endigungen beschreibt er nicht.

MURATORI (1932, 1933 und 1934) untersuchte die Innervation des *Glomus caroticum* bei verschiedenen Vogelarten und einzelnen Säugetieren mit der

Methode von CAJAL in der von DE CASTRO mitgeteilten Abänderung. Nach seinen Angaben liegt das *Glomus caroticum*, das er als Paraganglion auffasst, im Verlaufe afferenter Nervenfasern, die in der Wand des *Sinus caroticus* die Endigungen eines presso-rezeptorischen Systems bilden. Es werde, wie die gleichartigen Zellanhäufungen, die er als juxta- und intravagale Paraganglien beschrieben hat, durch sensible Fasern aus dem *Nervus vagus* innerviert. Bezüglich der Innervation unterscheidet er sie von den eigentlichen chromaffinen Paraganglien, da diese letzteren von sympathischen, efferenten Fasern versorgt würden. Vor allem bei Vögeln beschreibt er die Art und Weise, wie die Nervenbündel zum und innerhalb des Organes verlaufen, genauer. In den Bündeln, die vom *Vagus* zum *Glomus caroticum* und dem *Sinus caroticus* ziehen, findet er zahlreiche Ganglienzellen, die aus dem *Ganglion nodosum* des *Vagus* stammen; hierunter befinden sich vereinzelt, grosse, sensible Ganglienzellen. Die zum Glomus führenden markhaltigen Nerven bilden um das Glomus herum einen Plexus, dringen von hier aus in das Organ ein, um schliesslich als intralobuläre Plexus ein Netz von Nervenfasern um Zellnester oder Einzelzellen zu bilden. Über einen feineren strukturellen Zusammenhang zwischen den Nervenfasern und den Zellen sagt er nichts.

SETO und NONIDEZ untersuchten die Innervation der Paraganglien, die zwischen *Aorta* und *Arteria pulmonalis* liegen. Sie wurden zuerst von PENITSCHKA (1931) beschrieben und als *Paraganglion aorticum supracardiale* bezeichnet. NONIDEZ (1935, 1936) fand bei Katze und Kaninchen Zellanhäufungen, die er als epithelioide Zellen bezeichnet. Diese lagen rechts zwischen *Arteria carotis communis* und *Aorta*, links zwischen *Aorta* und *Arteria subclavia sinistra*. Diese Zellgruppen will er vom *Paraganglion aorticum supracardiale* unterscheiden, vor allem wegen ihrer abweichenden Blutversorgung. Da das letztgenannte Organ sein Blutgefäss aus der *Arteria pulmonalis* bekommt, möchte er es *Glomus pulmonale* nennen, im Gegensatz zu den anderen durch ihn beschriebenen Zellgruppen, die er unter dem Namen *Glomus aorticum* zusammenfasst. Im übrigen hält er, wie die anderen Forscher, all diese Zellgruppen für vollkommen gleichwertig mit dem *Glomus caroticum*. Da ich diese Ansicht auf Grund meiner eigenen Untersuchungen vollkommen teile, möchte ich die Ergebnisse der Innervationsuntersuchungen von SETO und NONIDEZ an dieser Stelle kurz wiedergeben.

SETO (1935) untersuchte im Laboratorium von STÖHR diese Paraganglien des Menschen an Gefrierschnitten mit der Methode von BIELSCHOWSKY. Er beschreibt den Verlauf der Nervenfasern und die von ihnen um und im Organ gebildeten Plexus ausführlich. Die Fasern, die in die Zellhaufen eindringen, bilden hier ein Endgeflecht dadurch, dass sie sich verzweigen und die Verzweigungen miteinander in Verbindung treten. An dies Endgeflecht schliesst sich zuletzt das eigentliche Terminalgebilde an in der Form eines feinen Fibrillennetzes, das nach den Angaben von SETO mit der Oberfläche der Parenchymzellen eine untrennbare, plasmatische Verbindung bildet. Diese Terminalbildung in der Form einer äusserst feinen, fibrillären Neuroplasmamasse entspricht nach SETO voll-

kommen den von STÖHR und REISER beschriebenen Terminalreticulum<sup>1)</sup>.

SETO hält die beschriebene Innervation der Paraganglien für efferent, d.h. für eine Drüseninnervation. Die eigentlichen Parenchymzellen färben sich nach seinen Angaben mit der BIELSCHOWSKY-Methode schlecht.

NONIDEZ (1935 und 1936) untersuchte die genannten Zellgruppen, die er als *Glomus aorticum* und *Glomus pulmonale* unterscheidet, mit Hilfe der Silberimprägnationsmethode von CAJAL in der Modifikation von PEREZ und TELLO. Die Nervenfasern bilden nach seinen Angaben einen Plexus um die Zellnester und Zellstränge. Sie dringen, häufig fibrilläre Verbreiterungen bildend, zwischen die Parenchymzellen ein, verzweigen sich hier zu immer feineren Fasern, die schliesslich mit kleinen Ringen oder fibrillären Verbreiterungen im Kontakt mit den Zellen endigen. Obwohl er für die meisten dieser Endigungen eine epilemmale, d.h. extraprotoplasmatische Lage annimmt, ist er bezüglich dieser Lage doch nicht so positiv, wie DE CASTRO, sagt er doch: „Although most of the terminal rings and clubs are merely in contact with the surface of the glomuscells, there are instances in which they seem to penetrate within the cytoplasm, or are lodged in a small depression or notch in the surface of the cells.“ Bei Katze und Kaninchen sieht er häufig, dass eine Nervenfasern, die eine Glomuszelle erreicht hat, diese mit zwei Zweigen, die häufig fibrillär verbreitert sind, sehr eng umfasst. Auch Zellen, die kleiner sind als die Glomuszellen und nach NONIDEZ fibroblastischer Natur sind, werden oft in derartiger Weise von den fibrillären Verbreiterungen einer Faser ganz umspinnen. Weiterhin bemerkt er, dass die Nervenfasern oft nicht mit diesen fibrillären Verbreiterungen um die Zelle enden, sondern dass sie sich nach Umfassen dieser Zelle wieder selbständig fortsetzen. Diese von NONIDEZ beschriebenen Formen der Nervenendigungen habe ich deswegen so ausführlich besprochen, weil diese Strukturen, wie sich aus der Beschreibung der Innervation des *Glomus caroticum* beim Pferde ergeben wird, wesentlich anders gedeutet werden müssen.

Bei der Katze sieht NONIDEZ becherförmige Endreticula, die so gross sind, dass sie einen erheblichen Teil der Oberfläche der Glomuszellen umfassen. Da er sie vor allem bei jungen Tieren findet, hält er diese grosse Endreticula für Material, das beim weiteren Wachstum der Endverzweigungen Verwendung finden soll. Von der Paraganglienzelle selbst (NONIDEZ spricht bald von „epithelioid cellcords“ und dann wieder von „epithelial cells“) sagt er, dass sie in Silberpräparaten oft feine Granula aufweist. Im Anschluss an DE CASTRO hält er die beschriebenen Endigungen für afferent. Durch sie soll das Organ imstande sein, Änderungen in der chemischen Zusammensetzung des vorbeiströmenden Blutes wahrzunehmen.

<sup>1)</sup> Dies Terminalreticulum ist nach den genannten Forschern der Endapparat des autonomen Nervensystems. Sie konnten es unter anderem in der Wand von Blutgefässen und im Magen- und Darmkanal nachweisen. STÖHR beschreibt es als äusserst feine Neuroplasmamasse mit netzförmiger fibrillärer Struktur, die alle Zellen des zu innervierenden Organes wie ein zarter Schleier umgibt und mit feinen Ausläufern in das Plasma der betreffenden Zellen eindringt.

## EIGENE UNTERSUCHUNGEN.

Nach dieser Besprechung des Schrifttums über die Innervation des *Glomus caroticum* bei verschiedenen Tieren und beim Menschen werde ich im Folgenden die Ergebnisse meiner eigenen Untersuchung beschreiben.

*Material.*

Das Material vom Pferde präparierte ich aus Tieren heraus, die zu anatomischen Unterrichtszwecken in Chloralhydratnarkose durch Verbluten getötet worden waren. Unmittelbar nach Eintreten des Todes wurde das ganze Tier durch Einspritzen einer 12% neutralen Formalinlösung in das Arteriensystem fixiert. Nach Ablauf von 3—6 Stunden wurde die Carotidengabelung herausgenommen und mindestens 1 Monat lang in der neutralen 12% Formalinlösung weiter belassen.

Ausser diesem Material wurde das *Glomus caroticum* von Hund und Katze untersucht, und zwar von Tieren, die durch den elektrischen Strom getötet wurden, bei denen die Carotidengabelung sofort nach dem Tode herauspräpariert und ebenfalls in einer 12%-igen neutralen Formalinlösung fixiert wurde.

Schliesslich wurde das *Glomus caroticum* des Schweines mit Silber imprägniert. Dies Material stammte jedoch von Schlachttieren und konnte daher nicht unmittelbar nach dem Tode fixiert werden.

Zum Vergleich wurden Gewebestückchen aus Tumoren des *Glomus caroticum* des Menschen in Silberpräparaten ergänzend untersucht. Dies Material wurde mir freundlicherweise von Professor NIEUWENHUYSE und Dr. VAN RIJSEL zur Verfügung gestellt.

*Methoden.*

Im allgemeinen benutzte ich die BIELSCHOWSKY-Methode mit den Abänderungen von BOEKE (ROMEIS, 13. Aufl., § 1555) und GROS (ebenda, § 1466) und zwar vorwiegend die letztgenannte Modifikation. Da man hierbei Gefrierschnitte einzeln unter dem Mikroskop imprägniert, kann man durch Veränderungen der Dauer des Aufenthalts in 20%  $AgNO_3$  und in der ammoniakalischen Silberlösung und ausserdem durch Veränderung der Quantität des Ammoniakzusatzes schnellere und oft bessere Resultate erzielen, als mit der Imprägnation ganzer Gewebestücke. Man erreicht so einmal eine elektive Fibrillenimprägnation, dann wieder bei stärkerem Imprägnieren auch eine Färbung des Plasma, in dem diese Fibrillen liegen. Auf diese Vorteile der Methode von BIELSCHOWSKY-GROS haben bereits LAWRENTJEW (1926) und AKKERINGA (1929) hingewiesen. Da jedes Gewebe besondere Anforderungen an das Imprägnieren stellt, sei hier darauf hingewiesen, dass es wichtig ist, die Schnitte nicht zu lange in destilliertem Wasser liegen zu lassen, bevor man sie in die 20%-ige  $AgNO_3$ -Lösung überträgt, da sie sich andernfalls nur ungenügend imprägnieren. Die Schnitte wurden daher in der 12%-igen Formalinlösung aufgefangan und nur einige Minuten in wiederholt gewechseltem destilliertem Wasser gespült. Nach Imprägnation mit Silber wurden sie in einem Goldchloridbad 1 : 500 vergoldet und mit Carmalaun oder Kernechtrot (BAYER)

nachgefärbt. Die Schnitte wurden nach HERINGA in Laevulose eingeschlossen (ROMEIS 13. Aufl. § 349), um Schrumpfungen des zarten Glomusgewebes möglichst zu vermeiden.



Abb. 6. Glomus caroticum des Pferdes. In den Plasmasträngen mit ovalen Kernen (S.), welche die Glomuszellballen umgeben, liegen Neurofibrillenbündel, die sich in das Plasma des Glomuszell-Syncytium hinein fortsetzen. BIELSCHOWSKY-BORKE-Präparat.

### Ergebnisse.

Das Glomusgewebe des Pferdes liess sich im Vergleich mit dem anderer Tiere besonders gut imprägnieren, sodass ich hier die besten Bilder bekam. Ich werde daher erst die Präparate vom Pferd besprechen.

Bei diesem Tier liegen im Bindegewebe zwischen den einzelnen Lobuli des *Glomus caroticum* markhaltige Nervenfaserbündel, die durch Austausch einzelner Fasern einen diffusen Plexus bilden. Von diesem Plexus aus dringen sie mit den Bindegewebssepten in die Lobuli ein. In den gröbereren Septen sind sie in kollagenes Bindegewebe eingebettet. In den feineren dagegen, die die einzelnen Zellnester voneinander trennen, ergibt sich ein vollkommen neues Bild. In der Beschreibung des Glomusgewebes beim Pferde wurde bereits gesagt, dass diese feinen Septen fast kein kollagenes

Bindegewebe mehr enthalten, sondern hauptsächlich aus Plasmabahnen bestehen, in denen sehr viele ovale Kerne liegen. Abb. 6 zeigt deutlich, dass hierin Bündel von Neurofibrillen verlaufen, die die Nervenfasern in den größeren Bindegewebssepten fortsetzen. Die Kerne liegen oft mitten



Abb. 7. Glomus caroticum des Pferdes. Neurofibrilläre Netze, um die Kerne des Glomuszell-Syncytium herum gelegen. An einzelnen Stellen umfassen sie den einen Pol des Kernes kelchförmig. BIELSCHOWSKY-GROS-Präparat.

in den Plasmabahnen und werden von den Neurofibrillenbündeln ganz umgeben. So entsteht ein Gebilde, das mit dem syncytialen Terminalplasmodium, das von LAWRENTJEW und BOEKE beschrieben wurde, weitgehend übereinstimmt. Dort, wo ein Zellnest tangential angeschnitten wurde und die es umgebende Wand infolgedessen in der Aufsicht erscheint, sieht man

dass die plasmatischen Nervensträngen alle miteinander zusammenhängen, sodass ein echtes Netzwerk entsteht. An den Knotenpunkten liegen oft rundlichere bis dreieckige Kerne, die in charakteristischer Weise von den Neurofibrillen umgeben werden. Wie sich aus der obigen Beschreibung ergibt, gleicht dies um die Zellnester liegende Netzwerk von Plasmasträngen mit Kernen dem Syncytium der interstitiellen Zellen, das von LAWRENTJEW

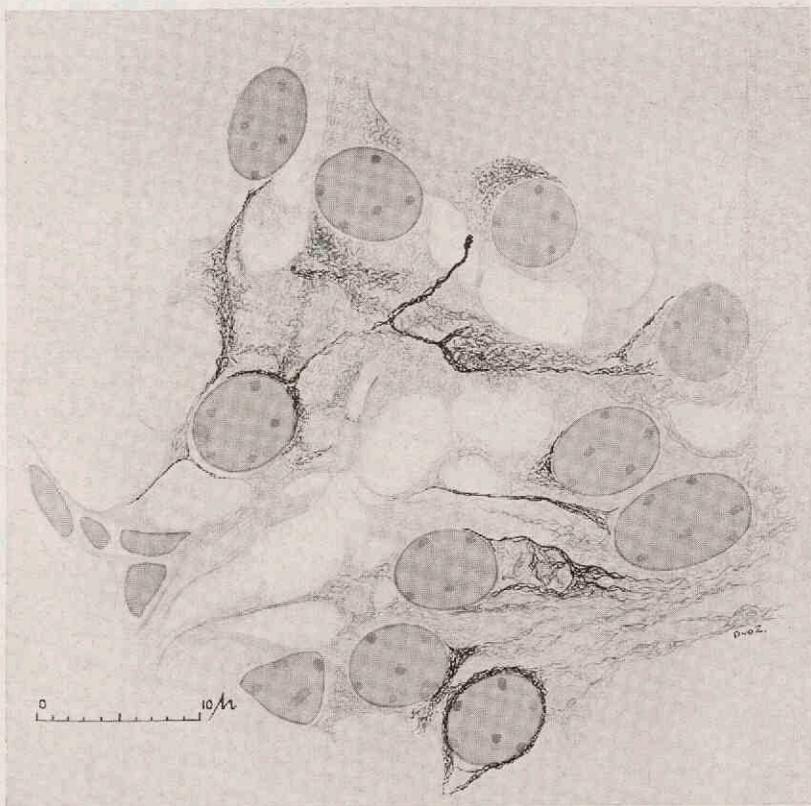


Abb. 8. Glomus caroticum des Pferdes. Das ganze Plasma des Glomuszell-Syncytium besitzt eine neurofibrilläre Netzstruktur. Hauptsächlich um die Kerne herum sind diese Netzwerke am dunkelsten imprägniert.  
BIELSCHOWSKY-BOEKE-Präparat.

(1926) in der Wand von Darm und Blase, von VAN ESVELD (1928) in der Wand des Darmes und von BOEKE (1933, 1934 und 1935) im Bindegewebe und in der Wand von Gefäßen gleichfalls in Silberpräparaten beschrieben wurde. Da sich diese Gebilde so vorzüglich mit Methylenblau färben, werde ich bei der Besprechung der Methylenblaupräparate darauf zurückkommen.

Die Neurofibrillenbündel setzen sich nun intraprotoplasmatisch im Glomuszell-Syncytium fort (vergl. Abb. 6). In dem letzteren bilden sie vor allem unmittelbar um die Kerne neurofibrilläre Netzchen, die, wie sich aus Abb. 7 ergibt, den Kern vielfach in Form eines Bechers nur teilweise

umfassen, ihn aber auch oft gänzlich einhüllen können (Abb. 8). Diese Neurofibrillennetze hängen im allgemeinen durch Neurofibrillenbündel, die in den verbindenden Plasmabrücken verlaufen, miteinander zusammen. In vollständig imprägnierten Präparaten zeigt auch die Peripherie des Plasma der Glomuszellen und das der Plasmodesmen eine Netzstruktur (vergl. Abb. 8); diese ist zwar heller imprägniert, als das Neurofibrillennetz, das unmittelbar um den Kern liegt, schliesst aber vollkommen daran an. Da man in Silberpräparaten niemals in allen Teilen des Schnittes eine vollkommene Imprägnation bekommt, ist es schwer, durch die Abbildung einzelner Teile einen Eindruck des Ganzen zu geben. Bei Durcharbeitung vieler Präparaten gelangt man zu der Überzeugung, dass das ganze Plasma des

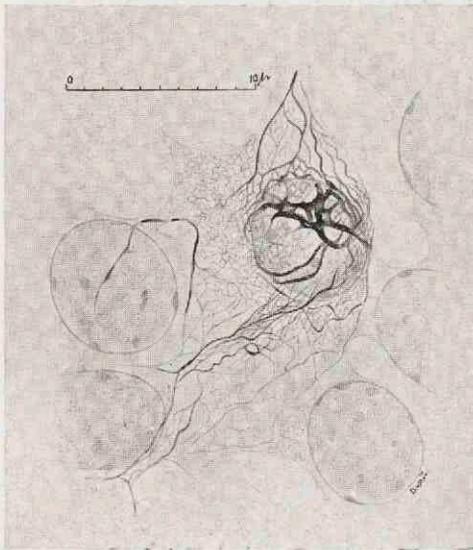


Abb. 9. Glomus caroticum des Pferdes. Neurofibrilläres Netz einer Glomuszelle, das direkt um den Kern gelegene, dunkel imprägnierte Stränge aufweist. Imprägnation nach BELSCHOWSKY-BOEKE.

Glomuszell-Syncytium eine neurofibrilläre Netzstruktur aufweist. Besonders, wenn man die Präparate mit einem binokulären Mikroskop mit apochromatischer Ölimmersion betrachtet, kann man durch genaues Einstellen auf verschiedene Höhe in der Zelle feststellen, dass die am stärksten imprägnierten Fibrillen des Netzes unmittelbar um den Kern, also im innersten Teil der Zelle liegen (Abb. 9). Ich lege auf diesen Zustand deswegen solchen Nachdruck, weil er uns zu neuen Schlüssen zwingt, im Gegensatz zu SETO, der die von ihm beobachtete feine Neurofibrillenstruktur für das Terminalreticulum hält, das um die Zellen liegen und nur mit ihrer Oberfläche in Kontakt stehen soll. Es besteht die Möglichkeit, dass SETO nur die äusserste Schicht des Protoplasma imprägniert hat und ihm daher das Neurofibrillennetz im Inneren der Zelle entgangen ist. Auf diesen Punkt komme ich nach der Besprechung der Methylenblaupräparate ausführlicher zurück, da sich dann ergeben wird, dass auf und in der äusseren Schicht des Protoplasma der Glomuszellen vermutlich ein spezielles System der nervösen Struktur lokalisiert ist. Die Kritik von NONIDEZ, SETO habe feine Bindegewebsfibrillen imprägniert, scheint mir unbegründet, trotzdem sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei meinen Beobachtungen bestimmt um Neurofibrillen handelt, da sie aus Nervenfasern hervorgehen.

Sowohl im Bindegewebe um die einzelnen Lobuli als auch in diesen selbst, findet man häufig gut imprägnierte, grosse Ganglienzellen (Abb. 10). Vor allem in Silberpräparaten fällt der innige Zusammenhang zwischen

dem Syncytium der Glomuszellen und der Wand der Kapillaren auf. Die Neurofibrillenbündel im Syncytium verlaufen oft sehr nahe am Lumen der Kapillare vorbei, sodass, da Endothelkerne selten sind, oft der Eindruck entsteht, als begrenzten die Glomuszellen unmittelbar das Lumen.

Wie bei der Besprechung der anatomischen Lage des Glomusgewebes bereits gesagt wurde, fand ich im Vagus-Sympathicus eines Pferdes, etwa 10 cm caudal der Carötisgabelung ein rotbraunes, etwa erbsengrosses Körperchen. Mit den üblichen Kernplasmafärbungen zeigt es einen mit dem Glomusgewebe vollkommen übereinstimmenden Bau. Ebenso wie dies ist es aus Zellnestern und -strängen aufgebaut, die Zellen selbst stehen alle miteinander in Verbindung, besitzen einen blasenförmigen Kern mit ein oder zwei Nukleolen und weisen dieselbe Grösse wie die Glomuszellen auf. Es stimmt völlig überein mit den Zellhaufen, die MURATORI als intravagale Paraganglien bezeichnet, und den Paraganglien, die DE WINIWARTER und DA COSTA im Halsteil des Vagus, vor allem bei Fledermäusen, beschrieben haben.

Um dies Organ, das ganz im Vagusteil des Vagus-Sympathicus liegt, bilden Nervenfasern einen Plexus. Sie dringen bündelweise in es ein und lösen sich in den Zellnestern auf. Schon bei schwacher Vergrößerung (vergl. Abb. 11) können wir feststellen,

dass in den Zellen neurofibrilläre Netze liegen, die zuweilen den Kern rings umgeben, ihn manchmal becherartig umfassen. Bei stärkerer Vergrößerung zeigt das Syncytium das gleiche Bild wie das Glomussyncytium. Das Körperchen war ausserordentlich stark durchblutet; die Zeichnung lässt erkennen, dass weite, venöse Sinus um die Zellnester und Zellstränge liegen. Durch Anastomosen bilden sie ein zusammenhängendes System, das in diesem Fall besonders deutlich hervortritt, da es dicht mit roten Blutkörperchen gefüllt ist. Auch auf Schnitten, die nach BIELSCHOWSKY-GROS behandelt wurden, sieht man also, dass dieses im *N. Vagus* liegende Paraganglion die gleiche Struktur hat wie das Glomusgewebe.

Dieser Befund ist deswegen so wichtig, weil verschiedene Forscher das



Abb. 10. Grosse autonome Ganglienzelle, im Glomusgewebe des Pferdes. Das Mikrophoto zeigt in einzelnen Glomuszellen eine Andeutung eines kleinen Fibrillennetzes, das meist um den einen Pol des Kernes herum liegt. BIELSCHOWSKY-GROS-Präparat.

*Glomus* nicht zu den Paraganglien rechnen (DE CASTRO, GOSSES u.a.), oder die in der Nachbarschaft des *Sinus caroticus* und im Depressorgebiet der Aorta gelegenen Paraganglien auf Grund ihrer sensiblen Funktion von den anderen vagalen Paraganglien trennen wollen (GOORMAGHTIGH).

Obwohl sich das Glomusgewebe des Pferdes im Vergleich zu dem anderer Tiere weitaus am besten imprägnieren lässt, ist es doch für derartige Unter-

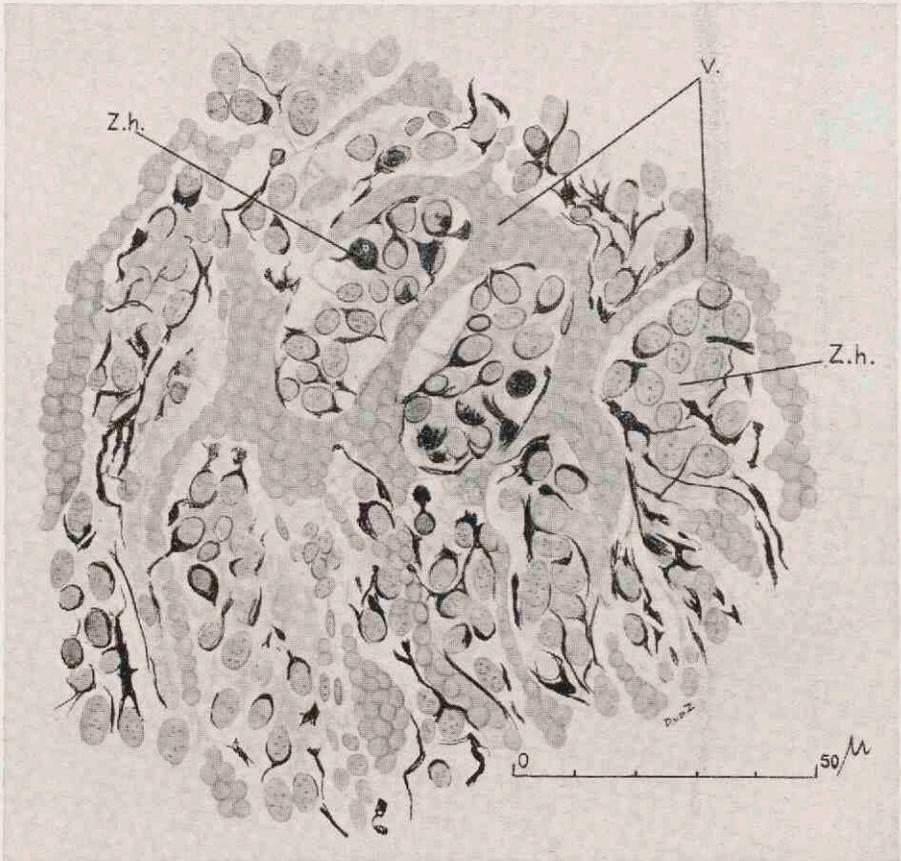


Abb. 11. Glomusgewebe (Paraganglion?) im Vagus-Sympathicus des Pferdes. Zellhaufen (Z.h.), umgeben von sinös erweiterten Venen (V.). Die Zellen haben ein Neurofibrillennetz, das entweder den Kern ganz umgibt, oder diesen an einem Pol kelchförmig umgreift. BIELSCHOWSKY-Gros-Präparat.

suchungen ein sehr zartes Gewebe. Nicht in jedem Material konnte die neurofibrilläre Struktur der Glomuszellen nachgewiesen werden. Nach meinen Erfahrungen erhielt ich die besten Ergebnisse bei Glomusgewebe, das infolge seines Blutreichthums makroskopisch rotbraun aussah. Der Grund hierfür war nicht festzustellen, ich kann lediglich die Tatsache mitteilen. Bei vielen Pferden fand ich Glomusgewebe, dessen Zellen sich

körnig schwarz imprägnierten (S. Abb. 15), und bei denen sich die neurofibrilläre Struktur der Zellen unmöglich nachweisen liess. Meistens beschränkte sich diese schwarze Körnung auf einem bestimmten Teil der Zelle. Die Nervenfasern schliessen jedoch vollkommen daran an und die Granula sind sogar häufig in Reihen angeordnet. Eigentümlich hierbei ist, dass die Glomuszellen eines beliebigen Tieres entweder durchweg die neurofibrilläre Struktur oder restlos die schwarze Körnung aufweisen. Die Erscheinung beruht daher sehr wahrscheinlich nicht auf der Anwesenheit zweier verschiedener Zellarten. Die Ursache des verschiedenen Verhaltens ist nur schwer feststellbar; auf der Fixierung kann sie nicht beruhen, da hierbei stets die gleichen Vorsichtsmassregeln ergriffen wurden. Sollte es sich hier etwa um einen Ausdruck für verschiedene Funktionsstadien der Zellen handeln?

Diese Resultate sind aus verschiedenen Gründen erwähnenswert. In erster Linie deshalb, weil verschiedene Forscher behaupten, das Plasma der Glomuszelle zeige in Imprägnationspräparaten eine schwarze Körnung, während sie das Auftreten neurofibrillärer Netze im Plasma mit Schweigen übergehen. PALME sagt, die Zellen der Paraganglien im Depressorgebiet der Aorta zeigten in BIELSCHOWSKY-Präparaten oft lange Ausläufer und im Plasma träten infolge der Silberimprägnierung Körner auf.

Weiterhin drängt sich geradezu ein Vergleich mit der argentaffinen Körnung auf, die manche Forscher den chromaffinen Paraganglien zuschreiben und die nach WHITE sowohl bei der üblichen Neurofibrillenimprägnation nach BIELSCHOWSKY als auch bei der speziellen Silbermethode nach KON (1933) auftritt; sie beruht angeblich auf dem Vorhandensein von Adrenalin in den Zellen, denn dies reduziert sowohl *in vitro* als auch *in vivo* ammoniakalische Silberlösungen. WHITE fand, dass diese Reaktion für die Zellen des *Glomus caroticum* negativ, während sie in den Zellen des Markes der Nebenniere stark positiv ist. Diesen Resultaten stehen die obengenannten Befunde von RIEGELE und PALME gegenüber.

In diesem Zusammenhang sei noch mitgeteilt, dass ich bei meinen Versuchen, das Glomusgewebe des Schweines zu imprägnieren, meistens eine schwarze Körnung der Zellen erhielt. Bemerkenswert ist jedoch, dass die Nervenfasern kontinuierlich in dies körnig imprägnierte Plasma übergehen und sich die Körnung eine Strecke längs der Fibrillen der Nervenfasern fortsetzt. Bei der Katze konnte ich ein einziges Mal neben der Körnung eine zarte neurofibrilläre Struktur im Protoplasma feststellen.

Zusammenfassend besteht meines Erachtens die Möglichkeit, dass sich zwischen den neurofibrillären Netzen, die sich vor allem in den Glomuszellen des Pferdes finden, und der argentaffinen Körnung Zusammenhänge feststellen lassen. Jedenfalls ist es notwendig, Zellen, die eine argentaffine Körnung aufweisen, mit der grössten Sorgfalt auf eine etwaige Neurofibrillenstruktur im Plasma zu untersuchen. Für einen richtigen Einblick in die Art und Weise, wie diese Zellen arbeiten, ist die Kenntnis ihrer essentiellen Struktur von der grössten Wichtigkeit.

Dankbar benutzte ich die Gelegenheit, das mir zur Verfügung gestellte Gewebe von Tumoren des *Glomus caroticum* beim Menschen auf seinen

Nervenbau zu untersuchen. Einer dieser Tumoren, der schon seit 1922 in Formalin aufbewahrt wurde, liess sich sehr gut imprägnieren. Bezüglich seines Baues sei hier lediglich mitgeteilt, dass er aus Zellsträngen und -nestern besteht, zwischen denen breite Septen aus Bindegewebe liegen, die oft hyalin degeneriert sind. Obwohl einige Zellen mehr oder weniger deutlich begrenzt sind, hängen sie doch in den meisten Fällen durch Ausläufer miteinander zusammen, und an den verschiedensten Plätzen liegen mehrere Kerne in einer gemeinsamen Protoplasmamasse. Die Kerne sind in ihrer Grösse sehr unregelmässig, schwanken in ihrem Chromatingehalt und besitzen alle einen deutlichen Nukleolus. Schon mit schwacher Ver-

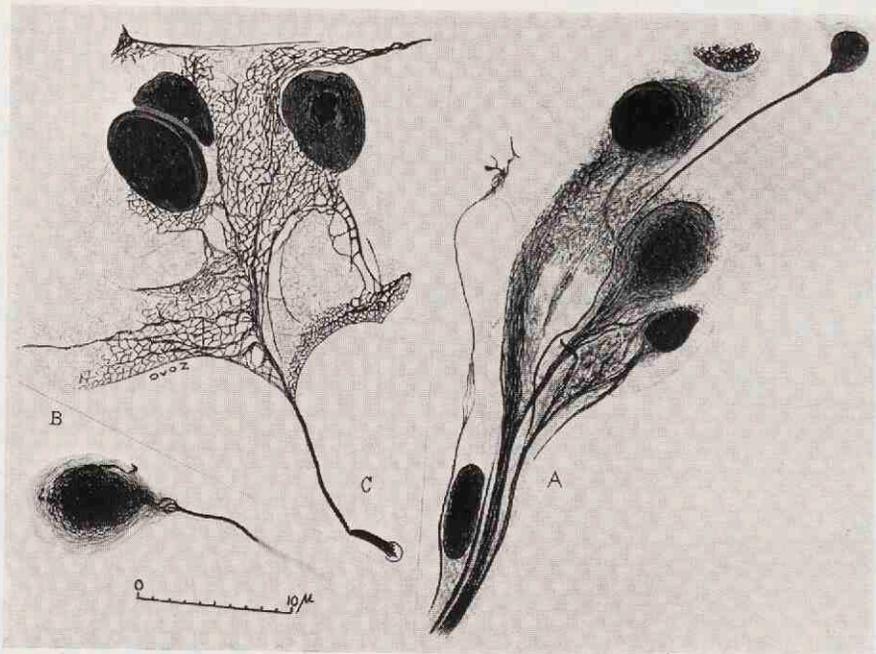


Abb. 12. Tumor des Glomus caroticum beim Menschen. Bei A und B Tumorzellen mit deutlich neurofibrillärer Struktur; bei A sieht man im Verlauf der Fasern, die sich im Neurofibrillennetz der Tumorzellen fortsetzen, ovale Kerne liegen. Bei C ist eine Plasmaanhäufung mit neurofibrillärer Struktur, in der 3 Kerne liegen, abgebildet. BIELSCHOWSKY-GROS-Präparat.

grösserung stellt sich heraus, dass in den Zellsträngen und -nestern viele Nervenfasern verlaufen. Mit der Ölimmersion zeigt sich, dass diese Fasern in Neurofibrillennetze übergehen, die im Plasma der Zellen liegen. Die Abb. 12 zeigt einige Zellen und Zellgruppen dieses Tumor aus Präparaten nach BIELSCHOWSKY-GROS. Bei B sieht man eine Zelle mit einem so stark imprägnierten Neurofibrillennetz, dass der Kern kaum zu sehen ist. Ein ähnliches Bild zeigt die Zellgruppe bei A. Dass hier Neurofibrillen in den Zellen vorliegen, ergibt sich ohne weiteres aus der Tatsache, dass die Nervenfasern, längs derer oft ovale Kerne liegen, ohne weiteres in diese

neurofibrilläre Struktur übergehen. Wie die Zellgruppe bei A zeigt, sind die Zellen nicht scharf voneinander getrennt, sondern offensichtlich durch ein Plasma mit einem heller imprägnierten Netzwerk miteinander verbunden. In stärker imprägnierten Präparaten bekommt man den Eindruck, als habe man mit multi- oder unipolären, kleinen Ganglienzellen zu tun; auf diese Auffassung werde ich noch näher eingehen. Bei C ist schliesslich ein Teil einer Plasmanhäufung wiedergegeben, in dem verschiedene Kerne liegen. Auch hier ist deutlich, dass ein Nervenfasern in das Neurofibrillennetz des Plasma übergeht.

Auf die Art des Tumors werde ich hier nicht näher eingehen. Es sei lediglich gesagt, dass die Klassifikation dieser Tumoren anscheinend auf eigenartige Schwierigkeiten stösst, und daher stellen sie die verschiedenen Forscher zu sehr verschiedenen Gruppen. Für uns ist lediglich wichtig, dass das Bild der Zellen in Imprägnationspräparaten im wesentlichen mit dem des normalen *Glomus caroticum*, wie ich das beim Pferde beobachtete, übereinstimmt. Eine Untersuchung dieser Tumoren mit Hilfe spezifischer Nervenfärbungsmethoden kann uns daher zu einem tieferen Einblick in die Nervenstruktur des normalen *Glomus caroticum* führen.

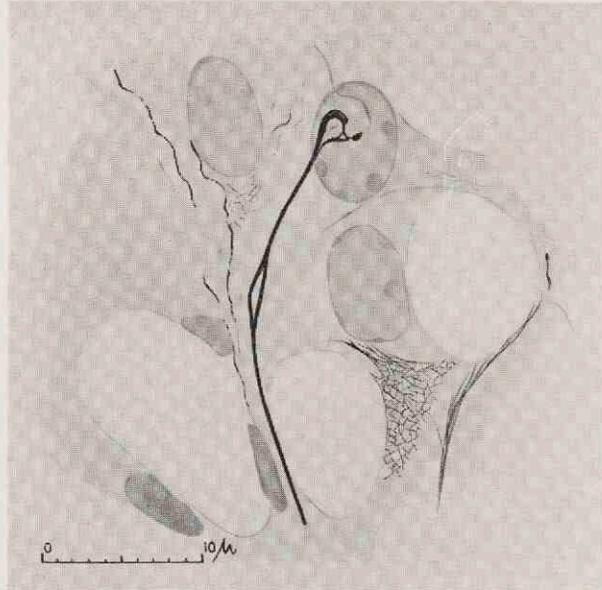


Abb. 13. *Glomus caroticum* des Pferdes. Ringförmige Endigung einer Nervenfasern am Glomuszell-Syncytium. Die Neurofibrillen dieses Syncytium sind sehr unvollständig imprägniert. BIELSCHOWSKY-GROS-Präparat.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung mit Hilfe des Silberimprägnationsverfahren, weichen also erheblich ab von demjenigen anderer Forscher. Keiner von ihnen spricht von einer derartigen Ausdehnung der neurofibrillären Strukturen im Plasma der Glomuszellen. Ich glaube jedoch, dass die von DE CASTRO als hohe Ausnahme bei Maus und Ratte gefundenen, becherförmigen, neurofibrillären Endigungen mit den Neurofibrillennetzen identisch sind, die ich in den Glomuszellen des Pferdes beobachtete. DE CASTRO behauptet zwar, sie lägen in einer dünnen Neuroplasmasschicht auf der Oberfläche der Zellen, doch ergibt sich aus seiner Abbildung (1926, Abb. 15), dass sie sich in unmittelbarer Nähe des Kernes befinden. Auch NONIDÉZ gibt Abbildungen neurofibrillärer Netze, die in so unmittelbarer

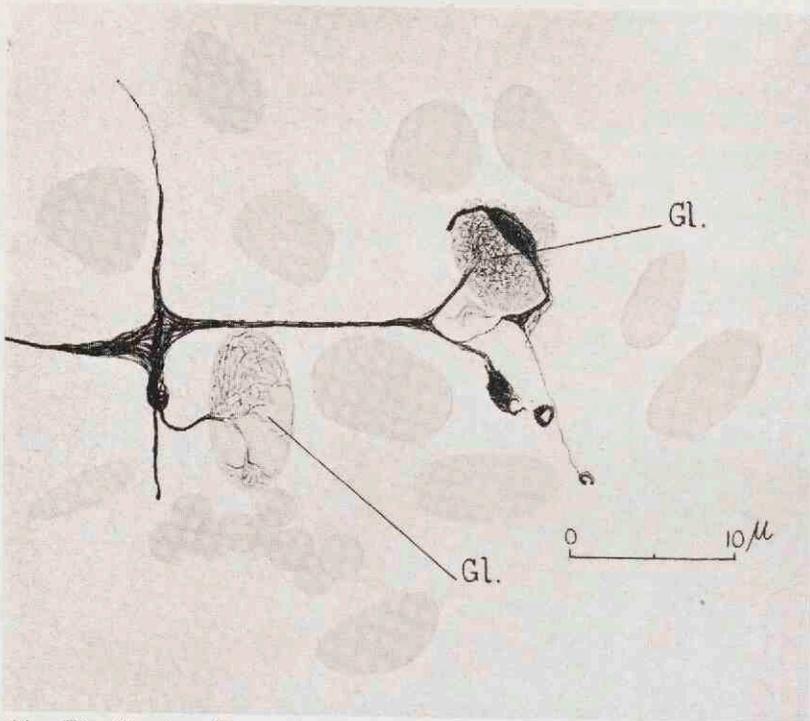


Abb. 14. Ringförmige Nervenendigungen im Glomus caroticum des Pferdes. In zwei Glomuszellen (Gl.) ist die neurofibrilläre Struktur einigermaßen herausgekommen; bei der rechten bildet ein Nervenfäserchen eine tief-schwarz imprägnierte Varicosität.

Nähe des Kernes liegen, dass man sich fragt, wo die Oberfläche der Zelle sei, wenn hier eine Faser mit ihren neurofibrillären Verbreiterungen die Zelle umfassen soll, wie NONIDEZ (1935, Abb. 21, S. 301) behauptet.

Die meisten Forscher sprechen jedoch hauptsächlich von Endigungen der Nervenfasern in Form kleiner Ringe oder Netze auf oder in den Glomuszellen. Diese habe ich



Abb. 15. Glomus caroticum des Pferdes. An der Oberfläche des Glomuszell-Syncytium, dessen neurofibrilläre Struktur nicht zum Vorschein gekommen ist, liegen schwarz gekörnte Fleckchen (V.), vermutlich Varicositäten des unvollständig imprägnierten, perzellulären Nervenfasernetzes.

vereinzelt in meinen Silberpräparaten ebenfalls gefunden, und zwar vor allem an Stellen, wo die neurofibrilläre Netzstruktur im Plasma der Glomuszellen undeutlich war. Abb. 13 und 14 geben dies wieder. In Abb. 13 sieht man eine verhältnismässig dicke Nervenfasern mit einer Schlinge enden und Abb. 14 zeigt kleine Endringe im Glomusgewebe, das im Halsteil des Vagus aufgefunden wurde. Statt dieser Endringe wurden auf der Oberfläche des Glomuszell-Syncytium öfters Stellen mit tiefschwarzer Körnung gefunden (Abb. 15, bei V.) Alle diese Gebilde finden sich jedoch neben neurofibrillären Netzen in den Glomuszellen. Man muss sie also als Teile eines eigenen Systems auffassen; wie sich aus der Beschreibung der Methylenblaupräparate ergeben wird, sind es höchstwahrscheinlich Teile der vor allem in diesen Präparaten deutlich hervortretenden, stark varicösen, perizellulären Netze.

In einer vorläufigen Mitteilung (1936) über die Innervation des *Glomus caroticum* beim Pferde äusserte ich die Vermutung, dass die neurofibrillären Netze in den Glomuszellen Endigungen sensibler Fasern wären, vor allem da bekannt war, dass das Organ chemische Veränderungen in der Zusammensetzung des Blutes wahrnehmen kann. Bei der Untersuchung vieler Präparaten ergab sich jedoch Zweifel an der Richtigkeit dieser Deutung. Es fiel mir auf, dass im Gegensatz zu sensiblen Endigungen, bei denen das neurofibrilläre Endnetzchen über ein heller imprägniertes, periternales Netzwerk übergeht in das Protoplasma der Tastzellen, hier gerade das neurofibrilläre Netz im Zentrum der Zelle unmittelbar um den Kern am deutlichsten ist und sich in einer heller imprägnierten, netzförmigen Struktur nach der Peripherie der Zelle zu fortsetzt.

Die imprägnierten Glomuszellen zeigen ausserdem eine ausserordentlich starke Übereinstimmung mit den von CAJAL (1908) und HELD (1909) abgebildeten Neuroblasten. Ein Vergleich der Abbildungen 7, 8 und 11 mit den aus ihrem Werke übernommenen Abb. 16 und 17 bedarf keiner erklärenden Worte. Auch bei diesen Neuroblasten beschränkt sich das Fibrillennetz oft auf einen Teil der Zelle und umfasst dann den Kern meist in Becherform.

Die imprägnierten Glomuszellen zeigen ausserdem eine ausserordentlich starke Übereinstimmung mit den von CAJAL (1908) und HELD (1909) abgebildeten Neuroblasten. Ein Vergleich der Abbildungen 7, 8 und 11 mit den aus ihrem Werke übernommenen Abb. 16 und 17 bedarf keiner erklärenden Worte. Auch bei diesen Neuroblasten beschränkt sich das Fibrillennetz oft auf einen Teil der Zelle und umfasst dann den Kern meist in Becherform.

Nach HELD hängen auch diese Neuroblasten durch Ausläufer miteinander zusammen. Eine derartige Übereinstimmung besagt natürlich noch nicht, dass die Glomuszellen einfach gebaute, kleine Ganglienzellen wären.

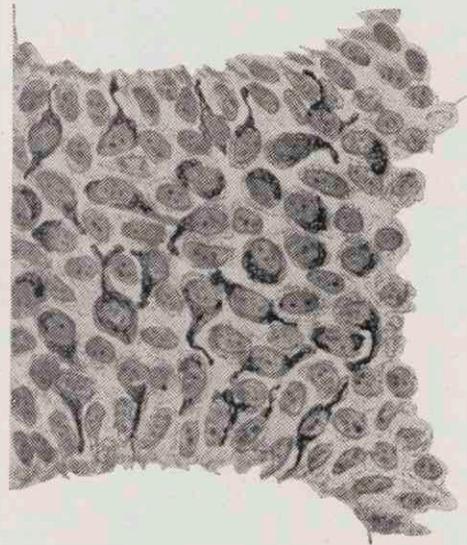


Abb. 16. Neuroblasten aus dem Bauchsympathicus eines 52 Stunden alten Hühner-Embryos. Nach RAMON Y CAJAL, *Anatom. Anz.* 1908.

Sie gibt uns lediglich Anhaltspunkte dafür, dass eine Untersuchung in dieser Richtung lohnend wäre.

Hinzu kommt, dass die Ergebnisse der beim Pferd ausgeführten Degenerationsversuche mit der Auffassung, die ganze Nervenstruktur des *Glomus caroticum* bestehe lediglich aus einfachen, sensiblen Endigungen, nicht vollkommen in Übereinstimmung zu bringen sind. DE CASTRO hat gesagt, nur der Zweig des *Nervus glossopharyngeus* innerviere das *Glomus caroticum*. Durchschneidung dieses Nerven peripher seines Ganglion bringe alle Nervelemente des *Glomus caroticum* zur Degeneration. Da diese Experimente, soweit mir bekannt, noch niemals

wiederholt wurden, schien es mir erwünscht, dies beim Pferde durchzuführen. Professor HARTOG war so freundlich, die hierfür notwendigen Operationen in seiner Klinik auszuführen.

In erster Linie wurde der Zweig des *Nervus glossopharyngeus*, der *Sinusnerv* von HERING, durchschnitten und ein mehrere Zentimeter langes Stück daraus entfernt. Nach 5 Tagen Degeneration zeigten BIELSCHOWSKY-GROS-Schnitte, dass alle markhaltigen Nerven um und im Organ degeneriert waren. Dagegen waren sehr feine Fasern in den Glomuszellnestern vollkommen intakt und die Neurofibrillennetze in den Glomuszellen sahen ebenfalls vollkommen normal aus.

Bei einem zweiten Experiment wurden alle Nervenzweige zwischen der *Carotis externa* und *interna* durchschnitten und zwecks Vermeidung von Regeneration längere Stücke daraus entfernt. Diese Operation lässt sich beim Pferd verhältnismässig leicht ausführen, da die Nerven, die ins Gebiet des *Glomus caroticum* und des *Sinus caroticus* führen, wie schon gesagt, auf der durchsichtigen Luftsackwand liegen und nur von

wenig Bindegewebe umgeben sind. Ausserdem hat das grosse Objekt den Vorteil, dass die Nerven viel dicker und infolgedessen leichter zu finden sind. Das Versuchstier wurde 25 Tage nach der Operation getötet. Bei Färbung mit Haematoxylin-VAN GIESON sahen die Zellen des Glomus vollkommen normal aus. In Präparaten nach BIELSCHOWSKY-GROS erwiesen sich auch bei diesem Experiment alle dicken, markhaltigen Fasern im Bindegewebe um die Lobuli degeneriert. Reste davon in der Form argentaffiner Granula waren jedoch noch vorhanden. Auch in den Lobuli selbst fand ich noch Reste degenerierter Fasern, vor allem rings um die Zellnester. Sehr viele Glomuszellen waren jedoch noch im Besitz intakter, neurofibrillärer Reticula, auch die Neurofibrillenbündel in den Zellnestern waren nicht degeneriert.

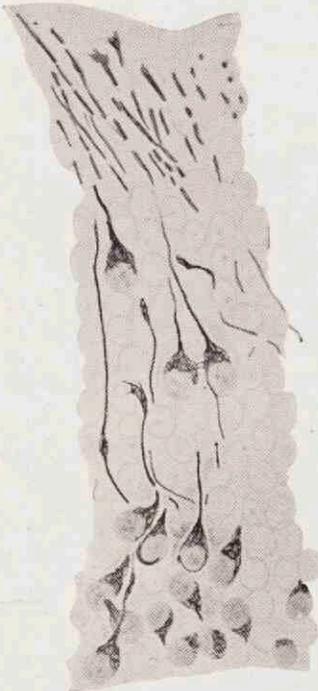


Abb. 17. Neuroblasten aus dem Medullarrohr eines 3 Tage alten Enten-Embryos. Nach HELD, 1909.

Diese Resultate stimmen also mit denen von DE CASTRO nicht vollkommen überein. Jedenfalls sprechen sie nicht für die Auffassung, dass es sich im Glomusgewebe um einfache sensible Nervenendigungen handelt. Wir müssen hierfür eine andere Erklärung finden. Es ist, wie schon gesagt, möglich, dass die ringförmigen Endigungen, die DE CASTRO beschrieb, zu einem eigenen System perizellulärer, varicöser Nervenetze gehören, die vielleicht mit der oben genannten Technik zur Degeneration zu bringen sind. Dagegen wäre die neurofibrilläre Struktur im Plasma der Zellen, die bei Degenerationsversuchen unversehrt bleibt, DE CASTRO entgangen. Hierbei spielt bestimmt auch die Art des Versuchstieres eine Rolle. Weiterhin muss man damit rechnen, dass die Nervenfasern auch auf einem anderen Wege das *Glomus caroticum* erreichen können; in diese Richtung weist die Untersuchung von RIJNDERS. Ich möchte daher positive Schlüsse aus diesen Versuchen nicht ziehen, dafür ist die Struktur, wie sich im Verlauf der Untersuchung herausstellte, zu kompliziert und man müsste daher die Versuche dementsprechend anders anlegen. Die vorliegenden Resultate lassen jedoch vermuten, dass die Glomuszellen Ganglienzellen sind, deren Neurofibrillen nach Durchtrennung ihrer Verbindungen zum Zentrum erhalten bleiben.

Einen wichtigen Hinweis für eine nähere Untersuchung nach der Neuronennatur der Glomuszellen fand ich in der Arbeit von LEEUWE.

LEEUWE untersuchte die interstitiellen Zellen von CAJAL, um festzustellen, ob sie Neuronen sind oder nicht. Mit Hilfe der Vitalfärbung mit Methylenblau und auf Grund des NISSL-Bildes, sowie der Oxydase- und Peroxydasereaktion hat er den Neuronencharakter dieser Zellen einwandfrei nachgewiesen. Dies bestätigte sich durch eine Untersuchung der Genese dieser Zellen mit Hilfe der Methylenblauvitalfärbung. Um den Ganglienzellcharakter der Glomuszellen nachzuweisen — und diese Aufgabe ist nach dem Obengesagten durchaus begründet — war also in erster Linie festzustellen, ob diese auch NISSL'sche Körperchen enthalten. Weiterhin waren bei Vitalfärbung mit Methylenblau, die vor allem autonome Nervenelemente deutlich hervortreten lässt, gute Ergebnisse zu erwarten.

#### IV. Die Nissl-Substanz der Glomuszellen.

Dass man die Zellen des *Glomus caroticum* fast nie auf das Vorhandensein NISSL'scher Körperchen untersuchte, ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. HALLER vermutete zwar 1743 auf Grund makroskopischer Untersuchungen, es handele sich um ein kleines Ganglion, aber die mikroskopischen Untersuchungen aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhundert führten zu einer ganz anderen Deutung des Organes. Das Glomusgewebe stellte man zwar zu sehr verschiedenen Gewebegruppen, aber keiner der Forscher vor 1900 vermutete einen Zusammenhang mit dem Nervensystem, und so lag gar kein Grund vor, die Zellen des Glomus auf die Anwesenheit der von NISSL im Jahre 1889 nachgewiesenen spezifischen Bestandteile der Ganglienzellen zu untersuchen. Dies änderte sich als KOHN im Jahre 1900 angab, das Glomusgewebe entstehe aus der

Anlage des Sympathicus und ganz allgemein auf den genetischen Zusammenhang zwischen den Paraganglienzellen, zu denen er auch die des *Glomus caroticum* zählt, und den Ganglienzellen hinwies. Er hat daher auch ihren Bau vergleichend untersucht. Seiner Ansicht nach entwickeln sich jedoch die beiden Zelltypen in sehr verschiedener Richtung, sodass im erwachsenen Zustand verschiedene Zellarten vorliegen. Als morphologische Unterschiede erwähnt er, dass sich das Protoplasma der Glomuszellen nach Fixation mit Sublimat schlecht, das der Ganglienzellen dagegen gut färbt; dieser Unterschied ist nach seinen Angaben vor allem in NISSL-Präparaten deutlich. KOHN hat, soweit mir bekannt, als einziger Forscher NISSL-Präparate des Glomusgewebes untersucht, wenn auch mit negativem Ergebnis.

Nach Erscheinen der Arbeiten von KOHN (1900) und ELLIOTT (1913) wird die Auffassung, Paraganglienzellen seien Drüsenzellen, die ein Produkt ausscheiden, das dieselbe Wirkung hat, wie der Nervenimpuls, der von Ganglienzellen ausgeht, so allgemein angenommen, dass niemand mehr auf den Gedanken kommt die Paraganglienzelle könne die morphologische Merkmale einer Nervenzelle aufweisen. Hierzu kommt noch, dass viele Untersucher der Ansicht sind, das Glomusgewebe entstehe aus Mesenchym (RABL, 1922; SMITH, 1924; AGDUHR, 1932).

Auch die Untersuchungen über die Innervation des Organs brachten in diesem Punkte keine Veränderungen. Obwohl verschiedene Untersucher im Anschluss an DE CASTRO das *Glomus caroticum* nicht mehr als ein Paraganglion auffassen, sondern als ein sensibel innerviertes Organ, ergab doch die Untersuchung der Innervation keinen neuen Einblick in das Wesen der Glomuszellen und die Deutung der Bilder keinen Anlass, diese Zellen auf ihren etwaigen Charakter als Ganglienzellen zu prüfen.

#### MATERIAL UND METHODEN.

Glomusgewebe von Pferd, Hund, Rind und Schwein wurde in CARNOY'scher Flüssigkeit fixiert, zum Teil auch in 96% Alkohol. Dünne Paraffinschnitte wurden mit Methylgrün-Pyronin, mit Thionin und Cresylviolett gefärbt. Wie LEEUWE angibt, ist Methylgrün-Pyronin für NISSL-Substanz ein spezifischer Farbstoff, in dem sie sich rot färbt. Plasmazellen nehmen zwar in derartigen Präparaten ebenfalls Farbe an, werden aber mehr diffus rot. Verwechslungen damit sind, was die Glomuszellen angeht, natürlich ausgeschlossen.

#### ERGEBNISSE.

Die vorliegenden Zeichnungen, in denen auch die Farben möglichst naturgetreu wiedergegeben sind, zeigen das Resultat so deutlich, dass ein näherer Kommentar fast überflüssig ist.

Abb. 18 zeigt Glomuszellen des Pferdes nach Fixation in Alkohol 96% und Färbung mit Methylgrün-Pyronin. Nach dieser Fixation ist die NISSL-Substanz zu grösseren Schollen zusammengetreten, als nach Fixation in CARNOY. Bei der verwendeten Färbung ergibt sich ein ausserordentlich schönes Bild des Glomusgewebes. Man sieht deutlich die NISSL'schen Körperchen, sowohl um die Kerne, als auch in den Plasmabrücken zwischen den Zellen.

Bei der Beschreibung der Bilder nach Silberimprägnation wurde bereits darauf hingewiesen, dass das um die Glomuszellnester sich befindende Syncytium mit den ovalen bis runden Kernen eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Syncytium der interstitiellen Zellen von CAJAL aufweist.

Ergänzend sei hierzu gesagt, dass auch das NISSL-Bild für das Vorliegen interstitieller Zellen spricht. LEEUWE konnte nämlich nachweisen, dass

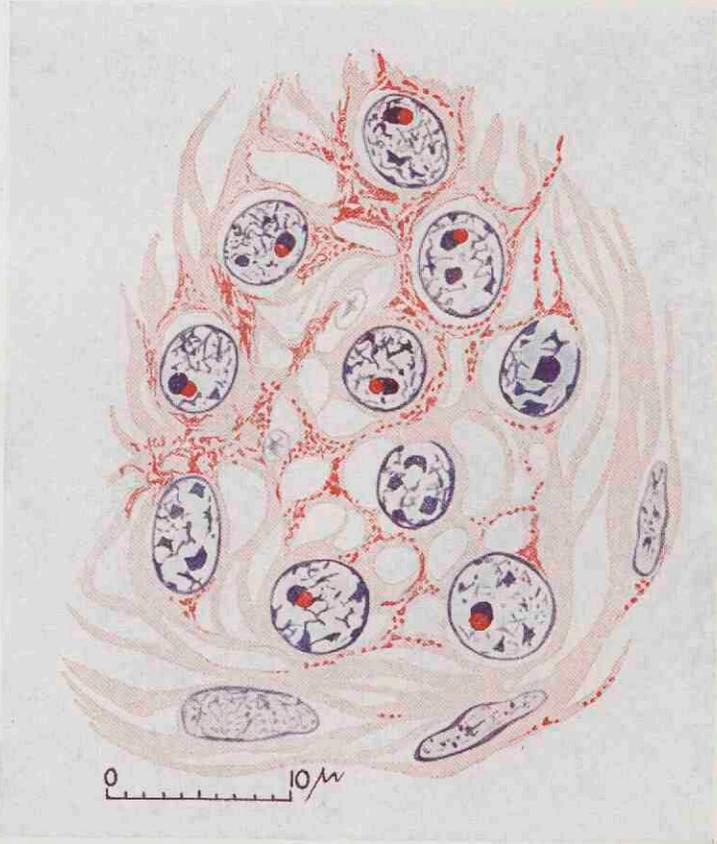


Abb. 18. NISSL-Substanz im Glomuszell-Syncytium des Pferdes.  
Färbung : Methylgrün-Pyronin.

diese Zellen deutliche NISSL-Granula enthalten. Auch das Syncytium, das um die Zellnester liegt, weist NISSL-Substanz auf, meist in der Form einer Kappe von Granula um den einen Pol der Kerne (vergl. Abb. 18, den Kern rechts im Bilde).

Bei der Beschreibung des Glomusgewebes vom Hunde wurde bereits darauf hingewiesen, dass hier nicht das lose, netzförmige Syncytium vorkommt wie beim Pferde. Die Glomuszellen des Hundes zeigen deutlichere Umrisse, doch trifft man auch häufig Bilder, wo verschiedene Kerne in einem gemeinsamen Plasma liegen. Dieser Unterschied tritt in NISSL-Präparaten

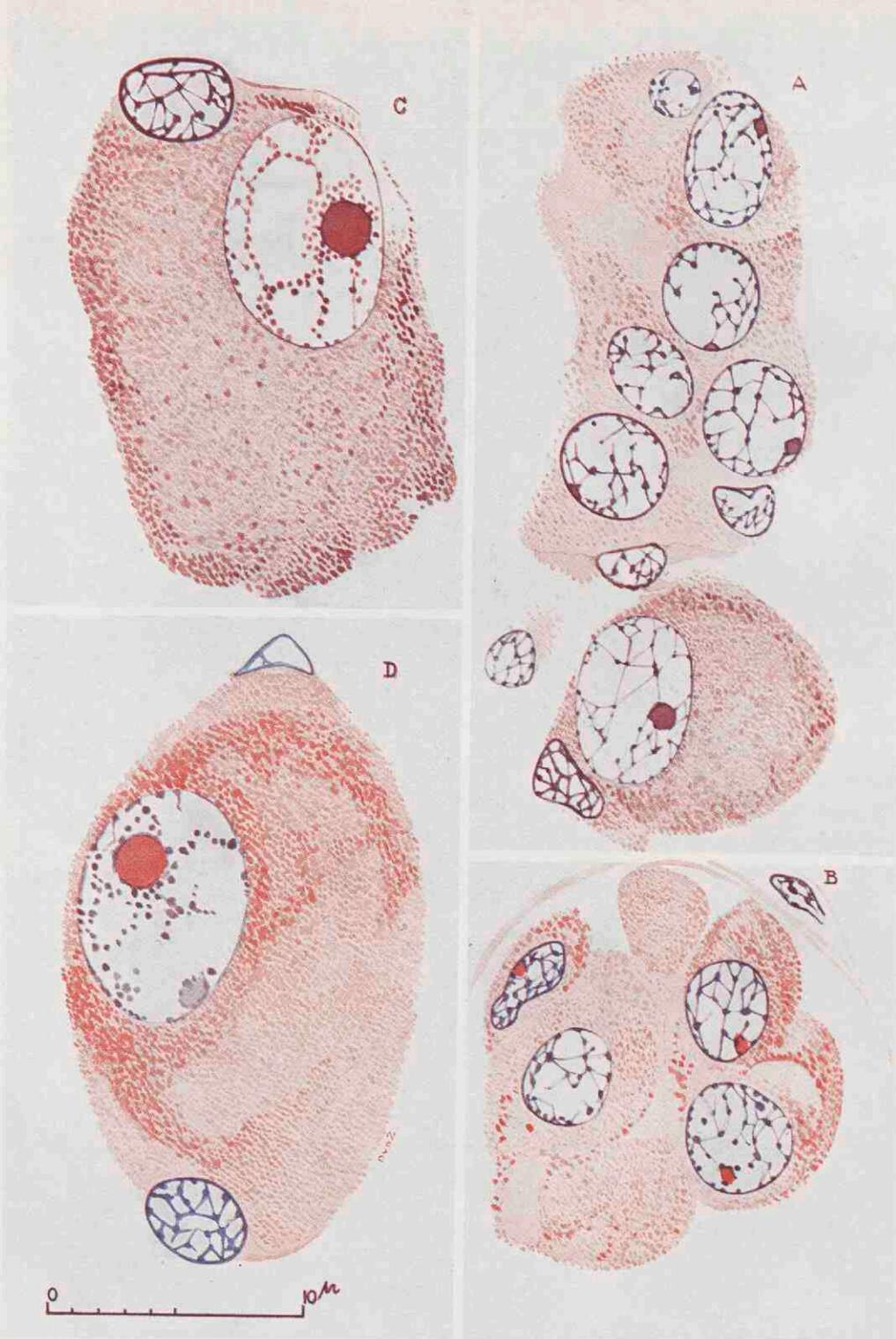


Abb. 19. Glomus caroticum des Hundes. Nissl-Substanz. A: Glomuszellen, Nissl-Substanz mit Thionin gefärbt. B: Glomuszellen mit Methylgrün-Pyronin gefärbt. C und D: grosse, autonome Ganglienzellen im Glomus caroticum liegend, bzw. mit Thionin und Methylgrün-Pyronin gefärbt. Die grosse Glomuszelle bei A bildet gleichsam einen Übergang von der Grösse der Glomuszellen zu derjenigen der grossen Ganglienzellen.

deutlich hervor. Die Präparate vom Hunde, nach denen die Zeichnungen angefertigt wurden, waren alle in CARNOY fixiert. Abb. 19A zeigt Glomuszellen des Hundes, nach Färbung mit Thionin; Abb. 19B Zellen nach Färbung mit Methylgrün-Pyronin. Zum Vergleich sehen wir bei C und D Ganglienzellen, die entsprechend gefärbt wurden. Sie lagen als kleines Ganglion in einem dünnen Nervenstamm in der Nähe des *Glomus caroticum*. Abgesehen von der Grösse ist das Bild der Glomus- und Ganglienzellen bei den verwendeten Färbungen vollkommen identisch. Auch die metachromatische Färbung der Granula mit Thionin stimmt bei beiden Zellarten vollkommen überein.

Da sich das Plasma der Glomuszellen mit diesen Farbstoffen so vortrefflich färbt, fallen ihre Grössenunterschiede beim Hund besonders deutlich auf. So sieht man bei A eine grosse Glomuszelle, die in ihrer Form gewissermassen einen Übergang zu den grossen, autonomen Ganglienzellen darstellt. Daneben kommen aber auch sehr kleine Glomuszellen vor. Sowohl KOHN als auch WILSON GERARD und BILLINGSLEY sprechen bereits vom Auftreten grosser Glomuszellen. Merkwürdig ist, dass die letzteren behaupten, sympathische Ganglienzellen kämen im *Glomus caroticum* nicht vor; sie nehmen an, dass die von anderen Forschern als solche beschriebenen Zellen nichts anderes sind, als diese grossen, nach ihren Angaben chromaffinen Zellen. Dies erläutert meines Erachtens zur Genüge, dass sogar in gewöhnlichen Übersichtspräparaten, abgesehen von der Grösse, eine gewisse Übereinstimmung zwischen sympathischen Ganglienzellen und Glomuszellen besteht.

Ausser der NISSL-Substanz im Plasma gleichen auch die Kerne der beiden Zellarten bei dieser Färbung einander. Wie sich aus den Abbildungen ergibt, ist der Kern in derartigen Präparaten sowohl bei den Ganglien-, als auch bei den Glomuszellen ziemlich leer und zeigt nur ein lockeres Chromatinnetz mit Granula. Der Nukleolus beider Zellarten färbt sich mit Methylgrün-Pyronin charakteristisch leuchtend rot. Liegen im Kern mehrere Nukleoli, wie das in den Glomuszellen des Pferdes meistens der Fall ist, so tritt die leuchtend rote Farbe nur bei einem der Nukleolen auf, die anderen werden blaugrün. Dasselbe sehen wir bei den interstitiellen Zellen; auch da färbt sich der Nukleolus leuchtend rot. Meines Erachtens haben wir auch hier ein wertvolles Merkmal für die Deutung der Zellen.

Was das Auftreten zweier verschiedener Sorten von Nukleolen in den Glomuszellen angeht, so sei hier gesagt, dass einige Forscher dies bereits in Ganglienzellen beobachtet haben.

So stellte TIMOFEEV (1898) in spinalen und sympathischen Ganglienzellen von Vögeln fest, dass bei Färbung mit Toluidinblau-Erythrosin oder mit Methylgrün-Säurefuchsin immer einer der zwei oder drei Nukleolen sich acidophil färbt, die anderen dagegen basophil. Er betonte bereits, dass der acidophile Nukleolus nur nach guter Fixierung (er verwendete die Lösungen von ZENKER und CARNOY) erscheint.

KOLOSSOW und SABUSSOW (1929) fanden diese zwei verschiedenen Nukleolen in spinalen Ganglienzellen von *Emys europaea*. In ihren Präparaten (Fixierung CHAMPY, Färbung nach KULL mit Nachfärbung in Lichtgrün) war immer einer der zwei oder drei Nukleolen eines Kernes durch Fuchsin intensiv rot gefärbt, während der andere unter Einwirkung des Lichtgrüns dunkelgrün geworden war.

Viele Autoren geben an, dass das Plasma der Glomuszellen so schlecht färbbar ist. Wie sich jedoch aus dem Obenstehenden ergibt, färbt sich das Plasma immer ausserordentlich gut mit den Farbstoffen, die besonders zur Darstellung der NISSL-Substanz in den Ganglienzellen dienen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit Sicherheit eine spezifische Färbung vorliegt. Die Körnung des Protoplasma stimmt sowohl nach Färbung mit Methylgrün-Pyronin, als auch mit Thionin oder Cresylviolett vollkommen mit der der Ganglienzellen überein. Wir dürfen also hieraus den Schluss ziehen, dass die Glomuszellen NISSL-Substanz enthalten, was also für die nervöse Natur der Glomuszellen spricht. Vergleicht man die Glomuszellen im NISSL-Bild mit den grossen sympathischen Ganglienzellen, die im *Glomus caroticum* und seiner Nachbarschaft auftreten, so erscheinen sie als kleine Ganglienzellen, die durch protoplasmatische Verbindungen miteinander gekennzeichnet sind.

## V. Untersuchung des *Glomus caroticum* mit der vitalen Methylenblaufärbung.

### TECHNIK.

Die Carotisgabelung wurde mit dem umliegenden Bindegewebe unmittelbar nach dem Tode herauspräpariert. Dies Gefässpräparat wurde zunächst von Blutresten dadurch befreit, dass es mit Hilfe eines in den Stumpf der *Art. carotis communis* gesteckten Trichters mit physiologischer Kochsalzlösung durchspült wurde. Dann wurden die Enden der Zweige, in die sich die *Art. carotis communis* gabelt, abgebunden und das Gefässpräparat mit einer Methylenblau-Lösung gefüllt. Bei den verschiedenen Präparaten verwendete ich eine Lösung, die schwankte zwischen 0,25 und 0,125% Methylenblau in physiologischer Kochsalzlösung. Diese Lösung erreichte so den *Sinus caroticus* und durch die kleine Arterie, die in der Gabelung entspringt, auch das *Glomus caroticum*. Während des Durchspülens liess sich deutlich feststellen, dass sich auch die *Vasa vasorum* in diesem Gefässgebiet mit Methylenblau füllten. Dies begünstigte natürlich die vollständige Färbung der Nervelemente in der Gefässwand. Die Oberfläche des Präparates wurde hin und wieder mit der gleichen Methylenblaulösung benetzt und um eine Eintrocknung zu vermeiden, von Zeit zu Zeit mit physiologischer Kochsalzlösung abgespült. Auf diese Weise wurde das Präparat eine halbe bis dreiviertel Stunde gefärbt. Dann wurde durch den Trichter mit physiologischer Kochsalzlösung nachgespült, letztere war mit Luft geschüttelt und enthielt also möglichst viel Sauerstoff. Anschliessend daran verblieb das Präparat zur weiteren Färbung noch etwa eine Viertelstunde lang an der Luft und wurde dabei mit physiologischer Kochsalzlösung feucht gehalten. Es ist wichtig, das Gewebe während der Färbung möglichst wenig zu berühren, es darf unter keinen Umständen gedrückt werden. Hatte die Färbung ihr Optimum erreicht, was an kleinen Stückchen des an Nervenfasern reichen Bindegewebes zwischen den Verzweigungen der *Art. carotis communis* mikroskopisch kontrolliert wurde, so entfernte ich die Arterienstümpfe und fixierte nur

die eigentliche Gabelung und ihre nächste Umgebung mit *Glomus caroticum* und *Sinus caroticus*.

Fixiert wurde während 1—2 Stunden in einer 7% Ammoniummolybdat-Lösung, welcher auf je 100 cc 10 Tropfen 12,5% Salzsäure und einige Tropfen 1% Osmiumsäure zugefügt wurden. Darauf blieb das Präparat bis zu 24 Stunden in einer reinen 7% Ammoniummolybdat-Lösung. Die Präparate wurden möglichst schnell durch die steigende Alkoholreihe (höchstens 4—5 Stunden) in Cedernöl überführt, in Paraffin eingebettet und die 30 bis 60  $\mu$  dicken Schnitte in Kanadabalsam eingeschlossen.

Auf dieser Weise wurde das Gebiet des *Sinus caroticus* und das *Glomus caroticum* von Pferd, Rind, Schwein, Hund und Katze behandelt.

Die Färbung gelingt nicht immer gleichmässig vollständig. In manchen Präparaten sind die Zellen gut gefärbt, während in anderen wieder vor allem die feinen Endverzweigungen der Nervenfasern sichtbar geworden sind. In vollständig durchgefärbten Teilen haben derartig viele Zellen und Fasern die Farbe angenommen, dass sich das Ganze nur schwer entwirren lässt. Erst aus der Untersuchung einer grossen Zahl von Präparaten ergab sich die Möglichkeit einer Deutung des Bildes. Ich bin mir darüber im Klaren, dass mit der von SCHABADASCH bis in alle Feinheiten ausgearbeiteten Methylenblaumethode bestimmt mehr zu erreichen wäre. Da jedoch das hierzu benötigte pikrinsäures Ammonium in der roten Modifikation ausserordentlich schwer zu bekommen ist, musste die Anwendung dieser Methode vorläufig unterbleiben.

Die Methylenblaupräparate haben jedoch als Ergänzung zu den Silberpräparaten einen tieferen Einblick in die Nervenstruktur des *Glomus caroticum* ermöglicht.

Soweit mir bekannt ist, wurde das Glomusgewebe bisher nicht mit Methylenblau untersucht. SCHAPER (1892) sagt zwar, er habe die Nerven mit der GOLGI-Methode, nach CAJAL und auch mit Methylenblau gefärbt, doch konnte er sie nur bis zu den Zellnestern verfolgen.

#### DIE FÄRBUNG DER GLOMUSZELLEN.

Es ist wichtig wie sich das Plasma der Glomuszellen bei Vitalfärbung mit Methylenblau verhält. Handelt es sich wirklich um Nervenzellen, so kann man erwarten, dass sich ihr Plasma spezifisch mit Methylenblau färbt, da diese Vitalfärbung, wie LEEUWE sich ausdrückt, eigentlich als biologische Reaktion des Neuroplasma aufzufassen ist. Das Plasma der SCHWANNschen Zellen färbt sich damit nicht (LEEUWE 1937), sodass Verwechslungen hiermit ausgeschlossen sind. Da sich herausgestellt hat, dass das *Glomus caroticum* eine sensorische Funktion besitzt, gibt DE CASTRO (1928) an, dass es spezifisch sensible Zellen besitzen muss, die sich mit den Tastzellen der anderen sensibelen Körperchen vergleichen lassen. Tastzellen, z.B. aus den Wurzelscheiden der Sinushaare, färben sich mit Methylenblau ebenfalls nicht (JALOWY 1934).

Wie sich herausstellte, färben sich die Glomuszellen oft sehr charakteristisch mit Methylenblau und zwar in der gleichen Weise, die auch von

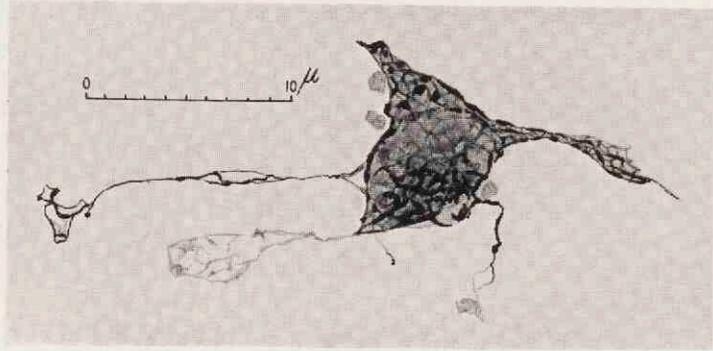


Abb. 20. Glomuszelle des Pferdes. Neurofibrilläre Struktur des Protoplasma. Vitale Methylenblaufärbung.

Ganglienzellen bekannt ist. Zuweilen ist das Protoplasma gleichmässig blau, dann zeigt es wieder ein gekörntes Aussehen; benutzt man eine schwächere Lösung, z.B. 0,125%, so erhält man, wie schon LEEUWE bei den interstiellen Zellen beobachtete, vor allem eine Färbung der Neurofibrillen. Was die Form der Glomuszellen in Methylenblaupräparaten angeht, so sieht man oft sehr unterschiedliche Bilder. Dies beruht m.E. auf einer häufig nur partiellen Färbung der Zellen. Eine derartige Teilfärbung war in

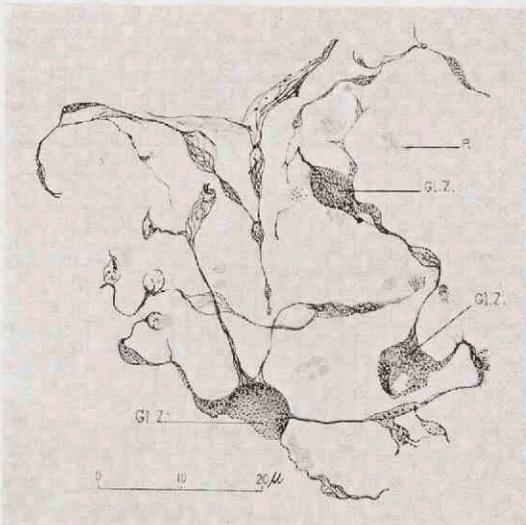


Abb. 21. Glomus caroticum des Pferdes. Es sind 3 Glomuszellen (Gl. Z.) dargestellt, die durch Fortsätze untereinander zusammenhängen. Die Fortsätze haben fibrilläre Verbreiterungen, aber auch ringförmige Varicositäten, oft seitlich einer Faser liegend. Viele Anhäufungen von Pigmentkörnern (P.). Vitale Methylenblaufärbung.

den gleichen Präparaten bei den gewöhnlichen, autonomen Ganglienzellen des Ganglion nodosum ebenfalls zu wiederholten Malen sichtbar. Ein gutes Bild der Form der Ganglienzellen erhält man daher auch nur dann, wenn man viele Serien verschieden intensiv gefärbten Glomusgewebes untersucht.

Abb. 20 zeigt eine Glomuszelle des Pferdes, die meiner Meinung nach ziemlich vollständig gefärbt ist. Das Plasma zeigt eine netzförmige Differenzierung mit körnigen Verdickungen an den Knotenpunkten. Im stark gefärbten Plasma ist der gleichmässig blau gefärbte Kern gerade noch wahrnehmbar. Die Ausläufer der Zelle zeigen deutlich Neurofibrillen. Obwohl das erwähnte Netzwerk vor allem

in der Oberflächenschicht der Zelle sehr stark gefärbt ist, lässt sich doch bei Einstellung der Mikrometerschraube auf verschiedene Höhe mit Bestimmtheit feststellen, dass das ganze Plasma rings um den Kern gefärbt ist. Dieser intensiv gefärbte oberflächliche Teil der Netzstruktur des Plasma mit den vor allem in den Knotenpunkten gelegenen Verdickungen (in der Abb. 20 besonders deutlich an dem nach oben gerichteten Ausläufer) erinnert einigermassen an die von LEONTOWITSCH (1930) als perizelluläre Apparate beschriebenen, varicösen Fädchen, die im Munddach von *Rana* um kleine, periphere Ganglienzellen liegen. Im Präparat liegen Pigmentkörner, wie sie charakteristisch im Glomusgewebe des Pferdes auftreten.

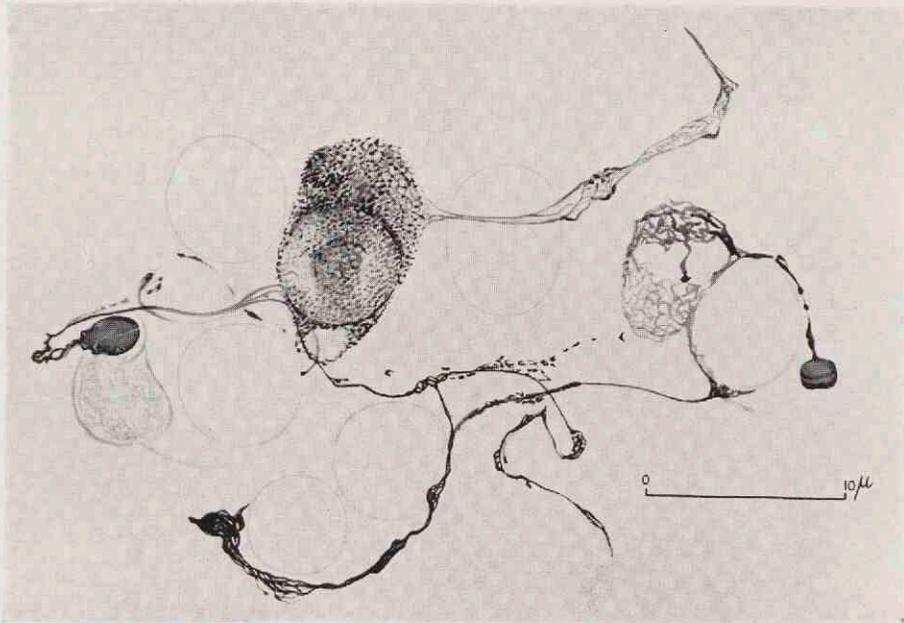


Abb. 22. Glomus caroticum des Rindes. Eine Glomuszelle hat sich vollständig mit Methylenblau gefärbt; das Protoplasma besitzt eine Netzstruktur mit Verdickungen an den Knotenpunkten. Der homogen blau gefärbte Kern ist in dem intensiv gefärbten Protoplasma noch gerade wahrzunehmen. Einzelne Fortsätze haben plattenförmige Endanschwellungen. Die benachbarten Zellen sind unvollständig gefärbt, von den meisten ist nur der Kern zu sehen. Vitale Methylenblaufärbung.

Abb. 21 zeigt einen Teil eines Zellnestes beim Pferd. Bei drei Glomuszellen sieht man das körnige und teilweise fibrillär gefärbte Plasma. In der mittleren Zelle ist ein heller Fleck mitten im Plasma sichtbar, der nicht gefärbte Kern. Die Ausläufer der Zellen, in denen die Neurofibrillen gut gefärbt sind, hängen alle miteinander zusammen. Diese Ausläufer zeigen neurofibrilläre Verbreiterungen, aber auch varicöse Gebilde in der Form kleiner, runder Plättchen, deren Peripherie dunkler gefärbt ist. Die letzteren liegen oft seitlich an einer Faser, vereinzelt auch an ihrem Ende. Ob sie wirklich endständig sind oder ob dies nur scheinbar der Fall ist,

lässt sich nicht mit Sicherheit sagen, da die Möglichkeit besteht, dass die Faser nicht weiter gefärbt ist oder aus dem Schnitt verschwindet. Von der Oberfläche dieser Varicositäten gehen zuweilen zarte, dornförmige Ausläufer aus, eine Andeutung eines peritterminalen Netzes (die gleichen Varicositäten mit peritterminalen Netzen beobachtet LEEUWE bei den Ausläufern der interstitiellen Zellen). Auch in diesen Präparaten befinden sich viele Anhäufungen gelb durchscheinender Pigmentkörner.

Die Glomuszellen des Rindes zeigen in Methylenblaupräparaten das gleiche Bild. In Abb. 22 ist eine Glomuszelle dieses Tieres wiedergegeben,

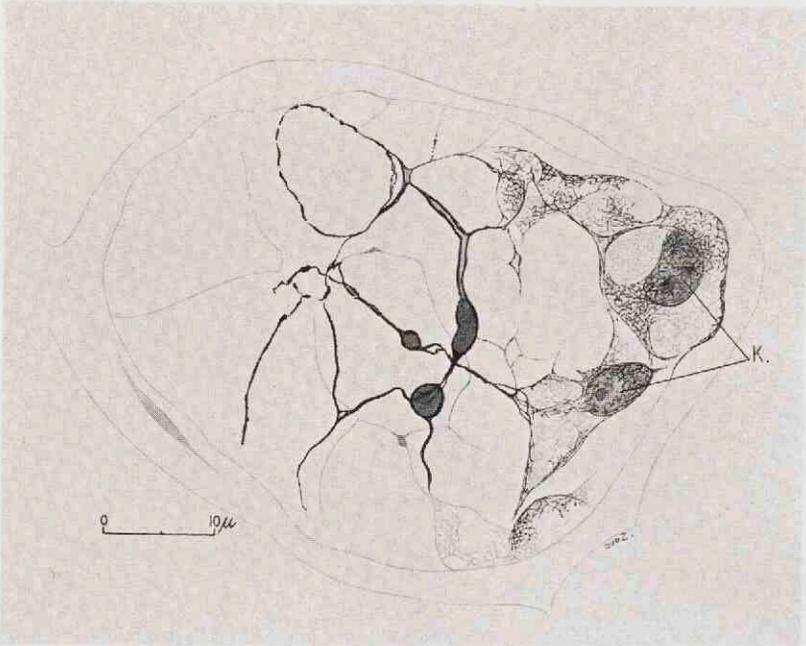


Abb. 23. Glomus caroticum des Hundes. Bei einzelnen Glomuszellen ist das feine neurofibrilläre Netz um den Kern herum (K.) elektiv gefärbt. Keine scharfen Zellgrenzen. Nervenfasern, die untereinander anastomosieren und Varicositäten besitzen, gehen in das neurofibrilläre Netz der Glomuszellen über. Vitale Methylenblaufärbung.

deren Plasma sich vital vollkommen gefärbt hat und wiederum eine Netzstruktur aufweist. Auch hier ist die Färbung an den Knotenpunkten des Netzes intensiver; bei Untersuchung mit schwacher Vergrößerung entsteht dadurch der Eindruck einer granulären Plasmastruktur. Der Kern ist heller und gleichmässig gefärbt. Die Ausläufer der Zelle zeigen Varicositäten in der Form blau gefärbter Protoplasmaplättchen. Die benachbarten Zellen sind entweder teilweise oder gar nicht gefärbt, im letzten Falle ist nur der Umriss der Kerne gerade noch sichtbar. Auch beim Rinde tritt der syncytielle Zusammenhang der Glomuszellen in Methylenblaupräparaten deutlich hervor.

Beim Hunde färben sich die Glomuszellen mit Methylenblau oft ebenfalls sehr gut. In Abb. 23 sieht man rechts einige Glomuszellen, deren Neurofibrillennetz elektiv gefärbt ist. Eine scharfe Begrenzung der Zellen gegeneinander ist nicht feststellbar, wie das auch bei der gewöhnlichen Kern-Plasma-, oder der NISSL-Färbung nicht möglich ist. Zum Überfluss sei noch darauf hingewiesen, dass die Kerne mitten in diesem Neurofibrillen führenden Plasma liegen, dass es also bestimmt das Plasma der Glomuszelle selbst ist, das eine neurofibrilläre Differenzierung aufweist. Aus diesem Zellkonglomerat treten Fasern aus, die wieder miteinander in Verbindung stehen.

In den Methylenblaupräparaten vom Schwein ist das Plasma der Glo-

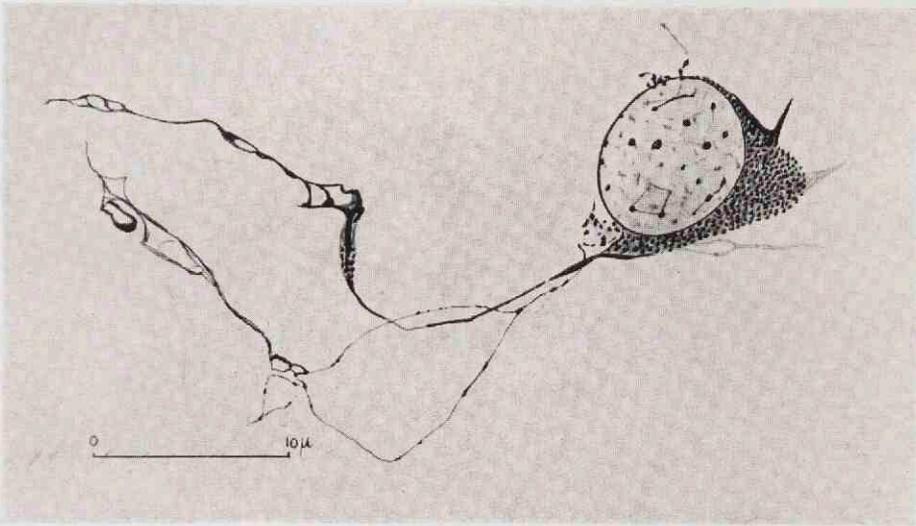


Abb. 24. Glomuszelle vom Schwein. Das Protoplasma hat sich körnig gefärbt. Nervenfasern gehen kontinuierlich in dieses körnige Protoplasma über und können als Fortsätze dieser Zelle angesehen werden. Vitale Methylenblaufärbung.

muszellen in der Regel mit intensiv blau gefärbten Granula gefüllt, während die Ausläufer der Zellen eine deutliche Neurofibrillenstruktur besitzen (Abb. 24). Dies Bild in Methylenblaupräparaten ist also dem der Silberpräparate vollkommen analog. Auch dort hat das Plasma meist granuläres Aussehen.

Die Glomuszellen der Katze färben sich mit Methylenblau ebenfalls sehr gut. Eine Nervenfasern läuft häufig in einer Schlinge um die Zelle, um in einen dunkler blau gefärbten Teil der Zelle überzugehen. Es lässt sich nicht mit Sicherheit feststellen, ob diese Faser als Ausläufer der Zelle aufgefasst werden darf, oder ob wir sie als Faser ansehen müssen, die hier eine Endigung aufweist in Form einer protoplasmatischen Anschwellung, die gegen das Plasma der Glomuszelle nicht scharf abgegrenzt ist.

Wie schon gesagt, ist das Bild der Glomuszellen in den verschiedenen

Methylenblaupräparaten nicht immer das gleiche. Dieses abweichende Aussehen muss jedoch der Tatsache zugeschrieben werden, dass die Zellen oft weniger intensiv oder sogar nur zum Teil gefärbt sind. Bei Pferd und Rind hatte oft das Plasma an dem einen Pol der Zelle Farbe angenommen und da auch nur an dieser Stelle ein Ausläufer der Zelle gefärbt war, entstand das Bild einer unipolären Ganglienzelle. Dies Bild weist gleichfalls Übereinstimmung auf mit dem von KOLOSSOW (1930) beschriebenen Fibrillenkonus autonomer Ganglienzellen. Waren durch Verwendung einer schwachen Methylenblaulösung (z.B. 0,125%), die Fibrillen fast elektiv gefärbt, so zeigten die Bilder weitgehende Übereinstimmung mit den Silberpräparaten; in den Glomuszellen erscheinen dann Neurofibrillen-netze, die samt und sonders durch Neurofibrillenbündel miteinander verbunden sind.

Aus den Methylenblaupräparaten ergibt sich also, dass sich das Plasma des Glomuszell-Syncytium wie Neuroplasma verhält, und zwar im gleichen Sinne wie LEEUWE das für interstitielle Zellen nachgewiesen hat.

#### DIE NERVENFASERN, DIE IN DAS GLOMUSGEWEBE EINDRINGEN.

Methylenblaupräparate geben ein ausserordentlich gutes Bild vom Verlauf und den Endverzweigungen der Nervenfasern, die in das Glomusgewebe eindringen, da hierbei dicke Schnitte angefertigt werden und sich die Nerven infolgedessen über weite Strecken verfolgen lassen. Ausserdem färbt Methylenblau, verglichen mit der Silberimprägnation die Endverzweigungen der Fasern innerhalb der Glomuszellnester auf sehr charakteristische Weise.

Beim Pferd dringen markhaltige Nervenfasernbündel in die Lobuli des *Glomus caroticum* ein. In diesen Bündeln verlaufen auch stets einige marklose Fasern, von denen sich jedoch nur schwer sagen lässt, ob sie zu einem besondern System gehören, oder marklose Abzweigungen der markhaltigen Fasern darstellen. Man sieht nämlich an vielen Stellen, dass markhaltige Nervenfasern bei einer Einschnürung von RANVIER marklose Seitenzweige abgeben.

Die Fasern verzweigen sich innerhalb des Lobulus und verlieren hierbei ihre Markscheide. Bei der Besprechung der Silberpräparate wurde gesagt, dass sie sich als Plasmastränge mit Neurofibrillenbündeln und ovalen Kernen fortsetzen. Die letztgenannten Bildungen liegen um die Zellnester und zeigen grosse Übereinstimmung mit dem Syncytium der interstitiellen Zellen von CAJAL, wie es an Hand von Silberpräparaten u.a. von LAWRENTJEW und VAN ESVELD beschrieben wurde. Infolge ihrer besonderen Affinität für Methylenblau färben sich diese Zellen damit oft gut und stimmen dann überein mit den interstitiellen Zellen, die LEEUWE im Pharynx und im Magen-Darmkanal von Rana an Hand von Methylenblaupräparaten beschrieben hat. Abb. 25 zeigt ein Bild dieses um die Glomuszellballen gelegenes Syncytium. Die Kerne sind dunkel gefärbt, das Plasma mehr hellblau, in diesem Plasma sind die Neurofibrillenbündel deutlich sichtbar. Von hier aus dringen die feinen Fasern, oder vielleicht besser gesagt, die Ausläufer dieser interstitiellen Zellen in das Nest von Glomuszellen ein, wo sie in ein Netz feiner Fasern übergehen. An vielen Stellen entsteht jedoch

der Eindruck, dass die markhaltigen Fasern nachdem sie ihre Myelinscheide verloren, und sich in verschiedene Zweige aufgelöst haben, direkt in dies feine Netzwerk von Nervenfasern, das in den Zellnestern liegt, übergehen. Ob hier ein anderes System von Fasern vorliegt, lässt sich an Hand derartiger Präparate nicht mit Sicherheit sagen. Nur Experimente können dies entscheiden.

Die Hauptsache ist jedoch, dass in den Glomuszellballen ein echtes Nervenetz entsteht dadurch, dass die Fasern alle miteinander anastomosieren.

Dies lässt sich vor allem in guten Präparaten mit unbedingter Sicherheit feststellen. Besonders deutlich ist es dann zu sehen, wenn die eigentlichen Glomuszellen ungefärbt blieben. Abb. 26 zeigt uns dies zwischen den

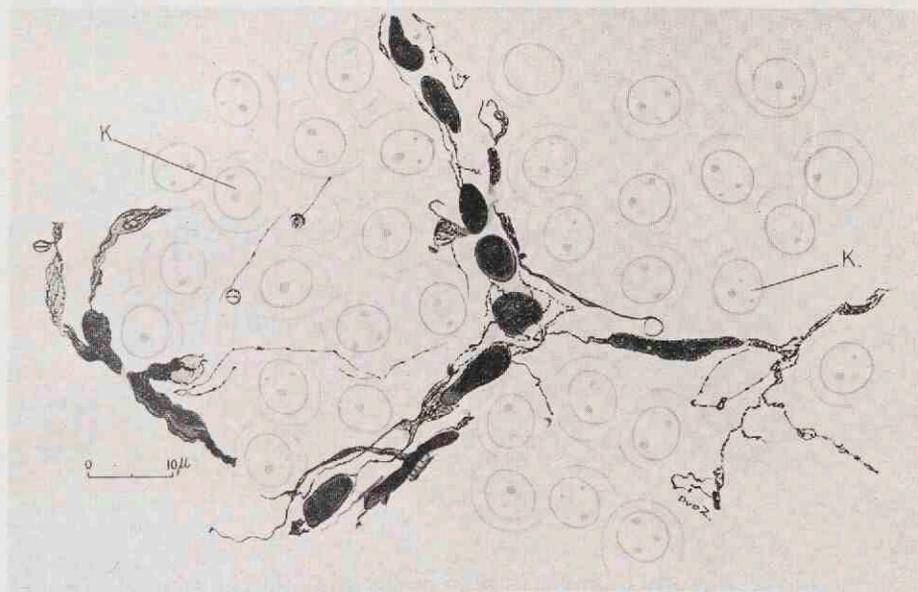


Abb. 25. Glomus caroticum des Pferdes. Interstitielle Zellen (CAJAL), um die Glomuszellballen angeordnet. Die Glomuszellen selbst sind so gut als ungefärbt geblieben, nur ihre Kerne (K.) sind angegeben.

Glomuszellen gelegenes Nervenetz des Pferdes. Charakteristisch hierbei ist, dass darin viele Varicositäten auftreten, die sehr verschieden gross sind. Manchmal sind sie klein und liegen in regelmässigen Abständen in den Fädchen, die infolgedessen perlenschnurähnlich aussehen. An anderen Stellen jedoch (unten in der Abb. 26) sind diese Bildungen viel grösser und erscheinen dann als blau gefärbte Plättchen, in denen oft grössere oder kleinere Körner liegen, die jedoch auch häufig eine neurofibrilläre Struktur erkennen lassen. Diese grossen Varicositäten liegen oft in den Knotenpunkten des Netzwerkes, d.h. aus den Ecken entspringen drei, manchmal sogar mehr, feine Fäden des Nervenetzes. Abb. 27, die das varicöse Netz um die Glomuszellen beim Schwein zeigt, lässt dies deutlich erkennen. Sowohl bei dem Präparat vom Pferd, als auch bei dem vom Schwein,

nach denen die Abbildungen angefertigt wurden, waren die Glomuszellen nicht gefärbt. Lediglich ihre Kerne waren sichtbar und diese sind in den Zeichnungen schematisch wiedergegeben. Die Varicositäten sind besonders beim Pferd oft ausserordentlich gross und umfassen dann als Kugelsegment einen grossen Teil der Oberfläche der Glomuszellen. Ist auch das

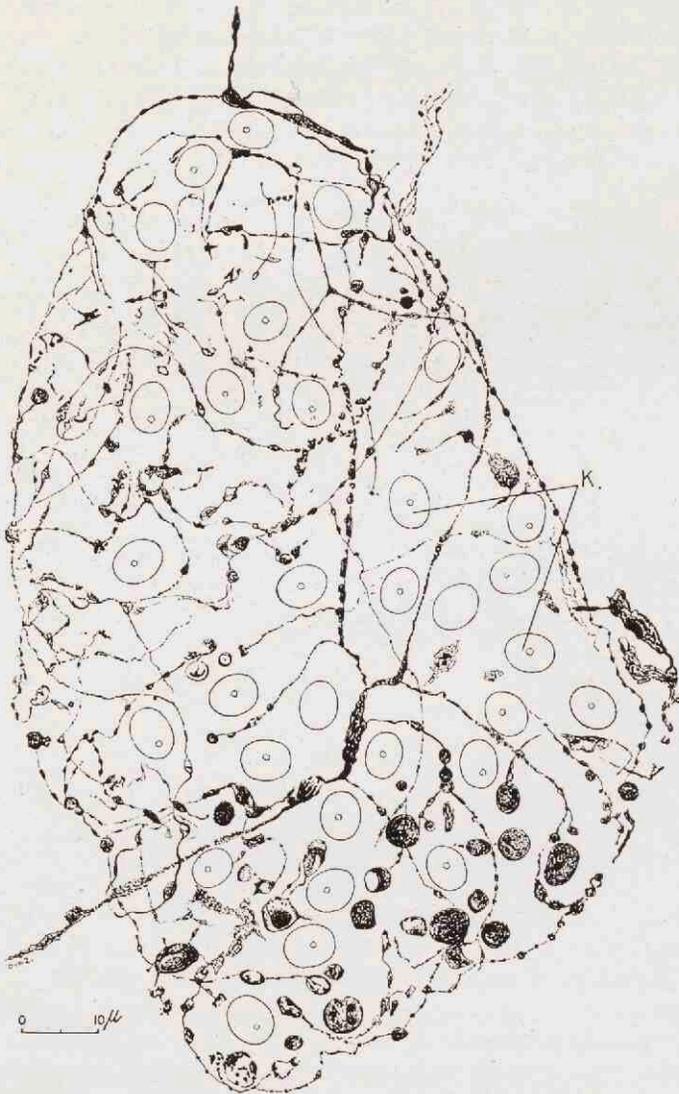


Abb. 26. Perizelluläres, varicöses Nervenfasernetz in einem Glomuszellhaufen vom Pferde. Oben in der Abbildung sind die Varicositäten der Fädchen meist ringförmig, während sie unten in der Abbildung die Form runder, meist körnig blau gefärbter Plättchen haben. Das Glomuszell-Syncytium selbst ist so gut wie ungefärbt geblieben, nur die Kerne (K.) haben sich einigermassen gefärbt. Vitale Methylenblaufärbung.

Plasma der Glomuszellen gefärbt, so lässt sich oft nur schwer feststellen ob man mit einer solchen grossen, plattenförmigen Varicosität zu tun hat, oder mit einer nur zum Teil gefärbten Glomuszelle, umso mehr da die erstgenannten Bildungen direkt an das Plasma der Zelle anschliessen.

Dass diese Varicositäten keine durch die Färbung oder Fixation verursachten Kunstprodukte sind, kann heute mit Sicherheit angenommen werden. An den Endverzweigungen der autonomen Nervenfasern finden sie sich so regelmässig, dass man ihnen eine wichtige physiologische Bedeutung zuschreiben zu müssen glaubt.

LAPINSKY (1913) beobachtete diese Bildungen an Nervenfasern, die er längs der Arterien der Meningen nachwies. Nach seinen Angaben sind sie bestimmt keine Kunstprodukte. DOWGJALLO (1932), der sie in den

Nervenfaserennetzen der Adventitia der Gefässe feststellte, kam auf Grund seiner Erfahrungen in der Färbetechnik zur Überzeugung, dass es sich nicht um Zufallsgebilde handelt. Er hat die Oberfläche dieser Varicositäten je Längeneinheit der Faser (0,01 mm) gemessen und festgestellt, dass diese für ein bestimmtes Stück der Nervenfaser konstant ist. In Richtung auf die Peripherie steigt diese relative Oberflächengröße. Dies alles ist für ihm ein Beweis, dass Endigungsfasern vorliegen. SCHABADASCH (1934) widmet diesen Varicositäten, die er im Endnetz von Nervenfaseren im Epithel der Blase fand, wichtige und sehr interessante Betrachtungen. In Methylenblaupräparaten erscheinen sie als Plasmabildungen in der Form von Plättchen. Seines Erachtens handelt es sich nicht um Artefakte, denn gerade an der Stelle der Varicosität beobachtet er den Zusammenhang mit dem Plasma der Epithelzellen über ein periterminales Netz.

SCHABADASCH glaubt daher, dass es Stellen der Wechselwirkung mit dem umliegenden Substrat sind, oder mit anderen Worten, die Stellen der „Umwertung der Erregung“.

LEEUWE (1937) beschreibt diese Varicositäten an den Ausläufern interstitieller Zellen in der Darmwand und dem Munddach des Frosches. Er sagt ebenfalls, dass es bestimmt keine Kunstprodukte sind, denn bei starker Vergrößerung stellt er in ihnen eine Netzstruktur fest, die über ein periterminales Netzwerk in das Plasma der Muskelzellen übergeht. In dieser Hinsicht sind die Untersuchungen von FEDOROW (1935) sicher auch von grossem Interesse. Diesem Forscher gelang es nämlich, den varicösen Perizellulärapparat der Ganglienzellen im Herzen von *Rana temporaria* und

*Bufo bufo* intravital, sowohl ungefärbt als nach Färbung mit Neutralrot, zu untersuchen. Mit Hilfe einer Wasserimmersion konnte er die Endanschwellungen dieser Fasern auf dem Körper der Ganglienzellen (er spricht von „disques terminaux“) während des Lebens beobachten. Nach der Durchschneidung der präganglionären Fasern, bei Veränderung des pH der Durchströmungsflüssigkeit, bei Reizung mit einem Induktionsstrom sah er deutliche Form- und Strukturveränderungen an diesen Endigungen auftreten. Die Veränderungen sind reversibel, denn beim Wiederauftreten normaler Umstände stellte sich auch die ursprüngliche Form und Struktur dieser Endigungen wieder ein. Der von Prof. LAWRENTJEW gezeigte Film dieser Experimente war sehr demonstrativ. Die Resultate dieser Forschungen liefern den Beweis, dass die Anschwellungen, die man bei Methylenblaupräparaten in den Endverzweigungen der autonomen Nervenfaseren feststellt, keine Kunstprodukte sind.

Aus dem oben Gesagten ergibt sich, dass dies varicöse Nervennetz zwischen den Glomuszellen funktionell ausserordentlich wichtig ist; hierauf

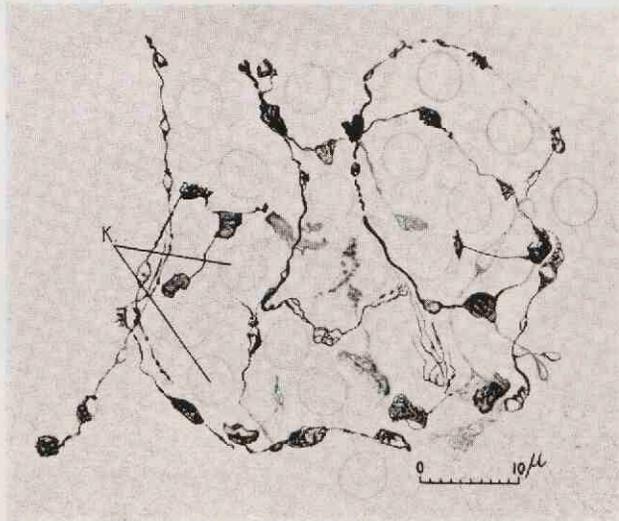


Abb. 27. Perizelluläres, varicöses Nervennetz aus dem Glomus caroticum vom Schwein. Die Glomuszellen sind ungefärbt geblieben, die Kerne (K.) sind schematisch angegeben. Vitale Methylenblaufärbung.

werde ich später näher eingehen. In diesem Zusammenhang möchte ich hier jedoch sagen, dass die Varicositäten beim Pferd in manchen Zellnestern besonders gross sind, in anderen dagegen sehr klein. Denkt man an die Beobachtungen von FEDOROW, so könnte dies der Ausdruck verschiedener Funktionsstadien sein.

In Methylenblaupräparaten ergibt sich also, dass die Nervenfasern zwischen den als Syncytium miteinander verbundenen Glomuszellen, deren Plasma sich wie Neuroplasma verhält, ein besonderes, varicöses Nervenendnetz bilden. Es ist schwer, in den Präparaten die Ausläufer der Glomuszellen von diesem Fasersystem zu trennen, das das perizelluläre Endnetz bildet, mit anderen Worten: den Bauplan des Ganzen schematisch festzulegen. Nur das Experiment kann uns vielleicht in dieser Hinsicht eine genauere Analyse des Ganzen ermöglichen.

## VI. Vergleich der Silber- und der Methylenblaupräparate.

Vergleicht man die Silber- und die Methylenblaupräparate miteinander und kombiniert man die daraus gewonnenen Erkenntnisse, so erhält man einen tieferen Einblick in die Nervenstruktur des Glomusgewebes, da jede der beiden Nervenfärbungsmethoden diese Struktur oft auf eine spezielle Art und Weise erscheinen lässt.

Aus den Silberpräparaten ergab sich, dass das ganze Plasma des Glomus-syncytium eine neurofibrilläre Struktur aufweist. Unmittelbar um den Kern herum ist das neurofibrilläre Netz meist stark imprägniert, während es in der Nähe der Oberfläche des Syncytium heller getönt ist. Von den mit Methylenblau sich so charakteristisch färbenden, perizellulären, varicösen Netz ist jedoch in den Silberpräparaten wenig zu sehen. Vereinzelt waren, wie schon gesagt, in den Silberpräparaten Fasern sichtbar, die mit Eindringen an den Glomuszellen endigen (vergl. Abb. 13 und 14). Vereinzelt wurde auch beobachtet, dass auf der Oberfläche des schlecht und diffus graubraun imprägnierten Plasma des Syncytium der Glomuszellen auf einigen Stellen Flecke vorkamen, die körnig schwarz imprägniert waren (vergl. Abb. 15). Sowohl die Ringe als auch diese körnig schwarz imprägnierten Flecke an der Oberfläche der Glomuszellen muss man bestimmt als Teile des Perizellulärapparates auffassen. SCHABADASCH (1934) gibt an, dass eine Varicosität, die sich mit Methylenblau als Protoplasma-plättchen diffus blau färbt, in Silberpräparaten oft als Ring erscheint, da sich nur ihr Umriss mit Silber imprägniert. Auch treten die Varicositäten des Perizellulärapparates der Ganglienzellen in Silberpräparaten häufig als körnig schwarz imprägnierte Plättchen hervor („disques terminaux“; FEDOROW und MATWEJEW, 1935). Diese Ringe und diese körnig schwarz gefärbten Flecke auf der Oberfläche des Glomus-syncytium beobachtete ich in meinen Präparaten meistens dann, wenn das neurofibrilläre Netz der Glomuszellen selbst nicht gefärbt war. In sehr sorgfältig nach der Methode GROS imprägniertem Material, das unmittelbar nach dem Tode durch Injektion einer 12% neutralen Formalinlösung in die Blutbahn fixiert war, erschien die Neurofibrillenstruktur des Plasma meistens sehr deutlich, dagegen war in der Regel keine Spur dieser Ringe

und Plättchen und im allgemeinen eines Perizellulärapparates in den Präparaten zu sehen. Die Erklärung dieser Tatsache gibt uns die folgende Betrachtung.

Die varicösen Bildungen des Perizellulärapparates liegen in der Oberflächenschicht des Protoplasma der Glomuszellen. Dies ist sehr deutlich zu sehen in Silberpräparaten, wenn sie körnig schwarz imprägniert sind und an das diffus graubraun gefärbte Plasma der Glomuszellen unmittelbar anschliessen. Auch in den Methylenblaupräparaten lässt sich deutlich feststellen, dass die grossen, diffus blau gefärbten Varicositäten direkt an das mehr hellblau gefärbte Plasma der Glomuszellen anschliessen. In Silberpräparaten, in denen sich eine elektive Neurofibrillenfärbung ergab, ist sowohl von diesen Varicositäten als von den Glomuszellen nur das zarte Neurofibrillennetz gefärbt. Und da diese zarten Neurofibrillennetze der Varicositäten sich direkt anschliessen an die vor allem beim Pferde deutliche, neurofibrilläre Struktur der Glomuszelle selbst, sind sie davon optisch meistens nicht zu trennen, und daher nicht als eigene Bildungen zu erkennen. Sie kommen meistens nur in grob imprägnierten Silberpräparaten zum Vorschein, bei denen das Plasma der Glomuszelle selbst diffus braungrau getönt ist.

Das gleiche Verhalten hinsichtlich der Färbung mit Methylenblau einerseits und der Silberimprägnation andererseits zeigen die Perizellulärapparate der gewöhnlichen grossen Ganglienzellen. In Silberpräparaten zeigen sie eine netzförmige, neurofibrilläre Struktur, deren Neurofibrillen nach HELD, OUDENDAL, BIELSCHOWSKY, STÖHR und anderen Forschern mit den Neurofibrillen der Ganglienzellen unmittelbar zusammenhängen. Wie stark das Bild der Methylenblaupräparate von dem der Silberimprägnationspräparaten abweicht, zeigt BIELSCHOWSKY (1928) an den Endapparaten des *Nucleus trapezoides*. Bei Färbung mit Methylenblau beobachtet man, dass die Fasern mit besonderen Anschwellungen oder Varicositäten, die Endkolben von HELD, auf der Oberfläche der Ganglienzellen endigen. Während jedoch in Methylenblaupräparaten diese Endformationen hauptsächlich als protoplasmatischen Endanschwellungen hervortreten, werden dagegen in Silberpräparaten vor allem die Neurofibrillen sichtbar. Und diese sind optisch nicht mehr als ein gesondertes System zu trennen von den Neurofibrillen in der oberflächlichen Schicht der Ganglienzellen. KÖLLIKER hat infolgedessen die Faser, die in der obenbeschriebenen Weise an einer Ganglienzelle endigt, sogar für einen Ausläufer dieser Zelle gehalten. Je besser die Imprägnation gelungen ist, desto feiner neurofibrillär ist dieses morphologische Substrat der Synapsen. Die Perizellulärapparate der grossen Ganglienzellen zeigen also das gleiche Verhalten wie die perizellulären, varicösen Nervenetze der Glomuszellen.

## VII. Schlussfolgerungen über die Art der Glomuszellen.

Aus der Untersuchung ergab sich, dass die Glomuszellen alle Merkmale von Ganglienzellen aufweisen. In Silberpräparaten zeigt das ganze Plasma eine neurofibrilläre Struktur. Bei Vitalfärbung mit Methylenblau verhält

es sich wie Neuroplasma, d.h. es färbt sich entweder diffus blau oder weist eine neurofibrilläre Netzstruktur auf; oft findet man in dem hellblauen Plasma auch dunkelblaue Granula. Schliesslich stellte sich bei Anwendung spezifischer Färbemethoden heraus, dass die Glomuszellen eine NISSL-Substanz aufweisen, die in der für autonome Ganglienzellen typischen, feinkörnigen Form auftritt.

Für das Vorhandensein zweier verschiedener Arten von Glomuszellen, wie sie nach Anwendung der üblichen Kernplasmafärbungen beschrieben wurden, ergaben diese spezifischen Färbungen keinerlei Hinweise <sup>1)</sup>.

Auf Grund der erwähnten morphologischen Kriterien darf man die Glomuszellen zu den Ganglienzellen zählen; und zwar sind es dann autonome Ganglienzellen von einer sehr besonderen Form und wohl auch einer besonderen Funktion. Das Eigenartige ihrer Form ist, dass es sich um kleine Ganglienzellen handelt, die durch breite Protoplasmabrücken miteinander verbunden sind und so ein Syncytium bilden.

Ein unmittelbarer Zusammenhang der Ganglienzellen ist bei Evertebraten schon seit langem bekannt. Bei den Wirbeltieren ist dagegen eine direkte, plasmatische Verbindung zwischen Ganglienzellen nicht so allgemein. MICHAILOW (1911) gibt jedoch eine deutliche Abbildung von drei sympathischen Ganglienzellen aus dem Ganglion coeliacum des Pferdes, die durch breite Anastomosen miteinander verbunden sind. BOEKE (1935) beschreibt einen derartigen Zusammenhang bei Ganglienzellen aus der Wand des posthepatischen Darmes von Amphioxus. COLE (1925) und LEEUWE (1937) finden dasselbe bei den sympathischen Ganglienzellen des Frosches. Auch die interstitiellen Zellen, die nach den Angaben des letztgenannten Autors Ganglienzellen darstellen, bilden zusammen ein grosses Syncytium <sup>2)</sup>.

Das varicöse, perizelluläre Netz, das im Glomusgewebe vorkommt, ist weiterhin vollkommen identisch mit dem Perizellulärapparat auf den gewöhnlichen grossen Ganglienzellen, wie er ebenfalls in Methylenblaupräparaten u.a. von ARNSTEIN (1887), SMIRNOW (1890) und DÖGIEL (1895) beschrieben wurde. In Silberpräparaten schliessen die Varicositäten dieses Nervenetztes als ein sehr feines Neurofibrillennetz unmittelbar an die neurofibrilläre Struktur der Glomuszelle an und zeigen also auch in derartigen Präparaten ein dem der Endausbreitung der Nervenfasern an den sympathischen Ganglienzellen entsprechendes Verhalten. Da es sich bei den Glomuszellen morphologisch um Ganglienzellen handelt, kann das varicöse Nervenetz, das um und an den Zellen liegt, mit dem der gewöhnlichen, sympathischen Ganglienzellen homologisiert, d.h. als Synapsapparat aufgefasst werden. Aus der Arbeit von FEDOROW (1935)

<sup>1)</sup> Dass sich z.B. das Plasma mancher Glomuszellen in Hämalaun-Eosin-Präparaten intensiver färbt und auch ihr Kern kleiner und dunkler ist, lässt sich vielleicht mit der allgemein bekannten Tatsache vergleichen, dass in derartigen Präparaten eines Spinalganglion öfters die Ganglienzellen ebenfalls verschieden aussehen; dort sieht man neben Zellen mit einem hellen, bläschenförmigen Kern im gleichen Präparat stets Zellen mit einem kleineren, dunkel gefärbten Kern, deren Plasma ebenfalls stärker gefärbt ist.

<sup>2)</sup> Auch in einer erst nach Abschluss der vorliegenden Untersuchung in meine Hände gelangten Veröffentlichung von SRÖHR (Nov. 1937) gibt dieser eine Abbildung einer direkten plasmatischen Verbindung zwischen zwei sympathischen Ganglienzellen aus dem Ganglion cervicale superius des Menschen.

ergab sich als wahrscheinlich, dass sich die Vorgänge bei der Übertragung des nervösen Impulses vor allem in den Varicositäten („disques terminaux“ nach FEDOROW) abspielen. Das Eigenartige an den Varicositäten im Nervenetz zwischen den Glomuszellen ist, dass sie so gross sind und in Methylenblaupräparaten oft einen grossen Teil der Zelloberfläche einnehmen. Vielleicht hängt das mit der spezifischen Funktion der Glomuszellen zusammen.

Obwohl sich aus einem Vergleich der Methylenblaupräparate mit den Silberimprägnationspräparaten mit grosser Wahrscheinlichkeit ergibt, dass zwischen den Neurofibrillen der Varicositäten und denen der Glomuszellen ein ununterbrochener Zusammenhang besteht, möchte ich hier auf die Art dieser Verbindung nicht ausführlicher eingehen. Über die Weise, wie die Endigungen der Nervenfasern mit den Ganglienzellen zusammenhängen, herrschen noch immer widerstreitende Meinungen. Nach CAJAL und seiner Schule besteht ein einfacher Kontakt; BIELSCHOWSKY, BOEKE, OUDENDAL, STÖHR haben dagegen nachgewiesen, dass die Fibrillen der Endigungen kontinuierlich in die der Ganglienzellen übergehen. FEDOROW und MATWEJWA (1935) aus der Schule von B. J. LAWRENTJEW stehen zwischen diesen beiden Extremen, denn sie sagen: „Les disques se logent en majeure partie sous la gaine de la cellule nerveuse, s'adhérant au plasma et s'insinuant, s'enfonçant parfois dans celui-ci. Par conséquent, ces rapports sont de caractère assez intime et dépassent les cadres d'un contact banal du disque avec le corps cellulaire“. Hauptsache ist jedoch, wie BOEKE bemerkt, dass eine Verbindung mittels lebender Substanz vorhanden ist und dass sich hier wichtige Prozesse bei der Übertragung des Nervenimpulses abspielen. Da ich feststellen konnte, dass die Glomuszellen Ganglienzellen sind, werden also die in Methylenblaupräparaten oft sehr grossen Varicositäten die Stellen sein, wo wichtige Vorgänge bei der Funktion des *Glomus caroticum* vor sich gehen. Hierauf werde ich später näher eingehen.

### VIII. Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung über die Innervation des *Glomus caroticum* mit den Resultaten anderer Autoren.

Wie schon bei der Beschreibung der Silberpräparate mitgeteilt wurde, sehen die meisten Forscher das Essentielle der Innervation der Glomuszellen darin, dass die Nervenfasern Endringe oder Endplättchen an den Glomuszellen bilden. Die neurofibrilläre Struktur des Plasma der Glomuszellen selbst, die bei den meisten Tieren mit Silbermethoden schwer darzustellen ist, aber beim Pferd sehr klar hervortritt, wird von keinem von ihnen erwähnt. Da sich bei meiner Untersuchung ergeben hat, dass die Glomuszellen Ganglienzellen sind, auf denen die Nervenfasern einen Perizellulärapparat bilden, dessen Varicositäten in Silberpräparaten oft als kleine Ringe erscheinen, ist es denn auch sehr wahrscheinlich, dass die anderen Untersucher nur Teile dieses Perizellulärapparates gesehen haben.

SETO, der die Innervation der Zellen des *Paraganglion aorticum supra-*

*cardiale* in der Form des Terminalreticulum beschreibt, hat ohne Zweifel eine ausserordentlich feine Imprägnierung der Endverzweigungen des zwischen den Glomuszellen gelegenen Nervennetzes erhalten, doch ist auch ihm die neurofibrilläre Struktur des Plasma der Glomuszellen selbst entgangen.

Es erscheint mir jedoch, dass sowohl DE CASTRO als auch NONIDEX zuweilen neben den Endringen und Endnetzchen der Nervenfasern auch das Neurofibrillennetz der Glomuszellen selbst imprägniert haben. So sagt DE CASTRO, dass er bei der Maus ganz vereinzelt eine Endigung in der Form eines Bechers sah. Obwohl er angibt, dass die Neurofibrillen in diesem Fall in einer feinen Lamelle auf der Oberfläche der Zellen liegen, ergibt sich jedoch aus seiner Abbildung (1926, S. 398, Abb. 15, bei f), dass die Neurofibrillen den Kern doch wohl sehr eng umfassen und dass daher hier mit grosser Wahrscheinlichkeit das Neurofibrillennetz der Glomuszellen abgebildet wurde. Das gleiche lässt sich von den Endigungen sagen, die NONIDEX neben den Endringen und-plättchen im *Glomus aorticum* beobachtete und folgendermassen beschreibt: „in some cases they look as rather simple bifurcated, reticular swellings which may embrace a glomuscell or one or more smaller cells of fibroblastic nature, belonging to the thin connective capsule of the cord or the externa of the smaller arterial branches“ (1935, vergl. Abb. 21, S. 301). M.E. hat dieser Forscher das neurofibrilläre Netz der eigentlichen Glomuszellen imprägniert, während die kleineren Zellen, die nach seinen Angaben fibroblastischer Natur sind, stark an die interstitiellen Zellen von CAJAL erinnern, deren Ganglienzellcharakter von LEEUWE nachgewiesen wurde.

### IX. Gehört das *Glomus caroticum* zu der von KOHN mit dem Namen Paraganglien bezeichneten Gewebegruppe?

KOHN und seine Mitarbeiter (z. B. WATZKA, 1934) halten die Paraganglien ganz allgemein für Nebenorgane des peripheren Nervensystems. Ihre Zellen entwickeln sich aus der Anlage des Nervensystems. Im Gegensatz jedoch zu den Ganglienzellen, die als „Primögenitur“ aus dieser Anlage entstehen, differenzieren sich die Paraganglienzellen als „Secundögenitur“ nicht zu eigentlichen Neuronen. Nach der Ansicht von KOHN sind sie denn auch im Gegensatz zu den Ganglienzellen nicht zu einer nervösen, sondern vielmehr zu einer anderen (vielleicht stofflichen) Leistung imstande.

Die Paraganglienzellen, die sich aus der Anlage des Sympathicus entwickeln, sind chromaffin, diejenigen dagegen, die sich im Bereiche der Kopfnerven entwickeln, nehmen in Chromsalzlösungen keine braune Farbe an; die einen sondern Adrenalin ab, die anderen nicht. Das *Glomus caroticum* besteht beim Menschen und den meisten Säugetieren aus einem Gemisch beider Arten von Paraganglienzellen, bei einigen Säugetieren dagegen ausschliesslich aus nicht-chromaffinen Zellen.

Andere Forscher sind der Ansicht, dass das *Glomus caroticum* nicht zur Gruppe der Paraganglien gehört. DE CASTRO (1926) gab hierfür als Argument an, dass die Zellen nicht chromaffin seien; u.a. WHITE und GOSSES

haben sich dieser Ansicht angeschlossen. GOSSES (1936) fügt noch hinzu, dass es nicht sicher sei, dass sich die Zellen aus dem Sympathicus entwickeln, während ihre Anordnung um Blutgefäße herum ebenfalls der der echten Paraganglien nicht entspricht. BENOIT (1928) stellt das *Glomus caroticum* nicht zu den Paraganglien, da sich seine Zellen nicht aus dem sympathischen Nervensystem entwickeln, sondern aus dem *Ganglion vagospinale*. Man hat jedoch im allgemeinen zu viel das Fehlen eines der ursprünglich von KOHN angegebenen Merkmale der Paraganglienzellen bei dieser Auffassung den Ausschlag geben lassen.

Eine der typischsten Eigenschaften der Paraganglienzellen ist nämlich nach KOHN ihre Lage im Verlauf sympathischer Nerven. Sie liegen darin vollkommen in der gleichen Weise wie die Ganglienzellen. Dies gilt, wie sich aus meiner Untersuchung ergab, bestimmt auch für die Zellen des *Glomus caroticum*. DE WINIWARDER betont dies ebenfalls nachdrücklich und sagt, dass die Glomuszellen sozusagen die Fortsetzung der Nervenfasern bilden und diese in ihrem Verlauf unterbrechen. Mit den üblichen Färbemethoden erhielt DE WINIWARDER bereits Bilder, die ihn vermuten liessen, dass sich die Nervenfasern in den Glomuszellen fortsetzen. Dass seine Auffassung richtig war, beweisen m.E. die Bilder, die ich bei verschiedenen Tieren mit spezifischen Nervenfärbemethoden erhielt, zur Genüge. Nach DE WINIWARDER sind die morphologischen Kriterien der Zellform sowie die Art, wie sie in den sympathischen Nervenfasern liegen, ausreichend, um eine Zellgruppe als Paraganglion zu bestimmen.

Dass soviel Meinungsverschiedenheiten bestehen über die Frage, ob das *Glomus caroticum* zu den Paraganglien gehört oder nicht, liegt m.E. daran, dass man die Art der Paraganglienzelle niemals auf Grund ihrer essentiellen Struktur definiert hat und diese wird nur durch eine Untersuchung ihres Zusammenhanges mit den Nervenfasern aufgeklärt werden können. Da KOHN angibt, dass die Paraganglienzellen keine nervöse Struktur aufweisen, bei meiner Untersuchung sich dagegen herausgestellt hat, dass sie diese wohl besitzen, könnte dies ein Motiv dafür sein, das *Glomus caroticum* nicht zu den Paraganglien zu zählen, zumindest, wenn man diese Auffassung von KOHN als ein Kriterium für die Paraganglien annimmt. Es ist jedoch die Frage, ob dies Merkmal bei einer näheren Untersuchung der Paraganglien auf ihre etwaige Ganglienzellstruktur überhaupt noch aufrecht erhalten werden kann, wenigstens in seiner vollen Konsequenz, und ob der Name Paraganglien den Charakter der meisten dieser Zellgruppen wohl richtig wiedergibt. So ergab sich für mich bereits (vergl. S. 31), dass ein Zellhaufen, der im Halsteil des Vagus-Sympathicus eines Pferdes lag und der als Paraganglion im Sinne von KOHN aufgefasst werden kann, in Präparaten nach BIELSCHOWSKY—GROS die gleiche Nervenstruktur zeigte, wie das *Glomus caroticum*. Auch durch die Angaben in der Literatur über die Innervation der anderen Paraganglien, einschliesslich des Markes der Nebenniere, wurde ich in dieser Meinung bestärkt. In dieser Hinsicht sind besonders wichtig die Arbeiten von SMIRNOW, FUSARI und DOGIEL.

SMIRNOW (1890) untersuchte die Innervation von Zellgruppen, die in den Ganglien des Grenzstranges bei Frosch und Kröte liegen. Es sind dies Zellgruppen, die von

S. MAYER als „Zellennester“ und „Kernnester“ bei den Amphibien beschrieben wurden und die KOHN (1902) zu den Paraganglien zählte. In Methylenblaupräparaten sah SMIRNOW zwischen den Zellen ein Netz varicöser Nervenfasern, das vollkommen übereinstimmte mit dem perizellulären Netz, das er und andere Forscher (EHRlich, LANDOWSKY und ARNSTEIN) auf der Oberfläche der sympathischen Ganglienzellen beschrieben. Auf Grund dieser Beobachtung hielt SMIRNOW diese Gruppen kleiner Zellen für Jugendformen der sympathischen Ganglienzellen. Er beobachtete also in diesen Zellanhäufungen das gleiche Netzwerk varicöser Nervenfasern, das ich, ebenfalls in Methylenblaupräparaten, in den Zellballen des *Glomus caroticum* fand.

FUSARI (1891) hat eine ausserordentlich genaue Untersuchung angestellt nach der Innervation der Nebenniere, hauptsächlich mit der schnellen Methode von GOLGI. In seiner sehr lesenswerten Arbeit beschreibt er, wie die eindringenden Nervenfasern zwischen den Zellen des Marks ein Netzwerk bilden, in dessen Knotenpunkten oft besonders grosse Varicositäten liegen, die manchmal als vieleckige Plättchen auftreten. In den feinsten Maschen dieses Netzes liegen die Zellen, die mit den Fasern des Netzes häufig in einem innigen Zusammenhange stehen. Bei jungen Katzen beobachtete er, dass hier und da viele Kerne in einem gemeinsamen Plasma liegen, das sich häufig rotbraun färbt. Nervenfasern dringen in dies Plasma ein und sind, da sich das Plasma mitfärbt, nicht weiter zu verfolgen. Dieser innige Zusammenhang zwischen Nervenfasern und Zellen besteht auch bei Zellen, die mehr frei in nicht so engem Verband zusammenliegen und nach seinen Angaben ausdifferenziert sind: „Beaucoup de cellules de ce cordon étaient colorées en brun, elles étaient très évidentes. Deux fibres nerveuses pénétraient entres ces cellules et, après s'être subdivisées, distribuèrent beaucoup de filaments, qui allaient se terminer dans les dites cellules. L'ensemble de la figure rappelait une grappe dans laquelle les cellules représentaient les grains (Fig. 2b)“. Obwohl die verschiedenen Zellen sich chromhaltigen Fixierungsgemischen gegenüber verschieden verhalten, ist ihr Zusammenhang mit dem Nervensystem überall der gleiche. Sehr charakteristisch ist was FUSARI sagt:

„L'aspect et le contenu chimique est insuffisant pour caractériser les éléments en question; il ne reste alors, comme unique critérium, que l'examen de leurs rapports avec les fibres nerveuses pour juger de leur nature“. Auf Grund ihrer Beziehungen zu den Nerven hält er die Zellen des Nebennierenmarkes für Nervenzellen.

DOGIEL (1894) beschreibt das gleiche Netzwerk varicöser Nervenfasern im Mark der Nebenniere. Grosse Varicositäten liegen oft in der Form vieleckiger Plättchen direkt auf der Oberfläche der Zellen. Die Menge der Nervenfasern im Mark der Nebenniere ist nach seinen Angaben so gross, dass die eigentlichen Drüsenzellen quantitativ die zweite Stelle einnehmen.

PINES (1924) untersuchte die Innervation der chromaffinen Zellen in den sympathischen Ganglien von Pferd und Katze. Er sieht hier das gleiche varicöse Endnetz. Nach seinen Angaben werden nämlich perizelluläre, korbähnliche Nervennetze gebildet, deren Fasern mit knopfförmigen Verdickungen und Ringen an den Zellen endigen sollen. Die Zellen färben sich zwar mit Methylenblau körnig blau, besitzen aber angeblich keine Ausläufer wie die Ganglienzellen. Die blau gefärbten Körner im Plasma der Zelle hält er für Sekretgranula. Zwischen den Zellen des Markes der Nebenniere beschreibt er das gleiche varicöse Nervennetz, das er für sekretorisch hält; ausserdem sieht er jedoch hier kolbenförmige Endapparate, die nach seinen Angaben sensibel sind (PINES und NAROWTSCHATOWA, 1931 und PINES, 1931).

KOLOSSOW (1930) untersuchte die Innervation der Nebenniere bei der Wolgaschildkröte mit der Methode GROS. Die Nervenfasern bilden im Mark der Nebenniere ein Netz mit Varicositäten, die bald oval sind, bald die Form dreieckiger Plättchen zeigen. Diese dringen nach seinen Angaben in das Plasma der chromaffinen Zellen ein. KOLOSSOW bemerkt, dass dies Bild der Innervation eine starke Übereinstimmung mit dem des *Glomus caroticum* zeigt, wie DE CASTRO und RIEGELE beschrieben haben.

STÖHR (1935) erblickt das Wesen der Innervation der Zellen des Nebennierenmarkes in der Bildung eines Terminalreticulum, das unmittelbar an der Oberfläche der chrom-

affinen Zellen liegt. Diese Art der Innervation zeigt eine völlige Übereinstimmung mit der von SETO im *Paraganglion aorticum supracardiale* beschriebenen.

Aus obenstehender, kurzer Übersicht ergibt sich, dass wesentliche Übereinstimmung besteht zwischen den Bildern, die die erwähnten Forscher mit verschiedenen Methoden bei den Paraganglien erhielten und denen des *Glomus caroticum*. Am wichtigsten erscheint mir hierbei, dass das *Glomus caroticum*, ebenso wie die von den erwähnten Forschern untersuchten Paraganglien, von meist markhaltigen Fasern innerviert wird, die um die Zellen ein Nervennetz bilden mit grossen, charakteristischen Varicositäten, die vor allem in Methylenblau deutlich zutage treten. Aus diesem Grund halte ich es vorläufig nicht ohne weiteres für erwünscht, das *Glomus caroticum* von den Paraganglien zu trennen, sondern möchte in den genannten Befunden vielmehr gerade einen Grund dafür sehen, alle diese verschiedenen Paraganglien ebenfalls auf ihren eventuellen Ganglienzellcharakter zu untersuchen. Die von FUSARI (1891) ausgesprochene Auffassung, man könne den Charakter der Markzellen der Nebenniere nur dann beurteilen, wenn man ihren Zusammenhang mit dem Nervensystem untersucht, gilt m.E. allgemein für alle Paraganglienzellen.

Nur durch eine derartige Untersuchung können etwaige wesentliche Unterschiede herausgestellt werden; auch könnte man eine bessere morphologische Basis legen für die Merkmale der Paraganglienzellen. Daneben können auch Differenzen, die zwischen den verschiedenen Paraganglien bestehen, wie z.B. die Chromaffinität, und die möglicherweise mit einer spezifischen Funktion (in sympathischer oder parasymphathischer Richtung) zusammenhängen, für eine nähere Einteilung dieses für die vegetativen Lebensvorgänge so wichtigen Gewebes von Bedeutung sein.

## X. Die Innervation des Sinus caroticus.

Schon ehe bekannt war, dass der *Sinus caroticus* eine spezifische Funktion besitzt und DE CASTRO als erster auf den ausserordentlichen Reichtum dieses Gebietes an Nervenendigungen hingewiesen hatte, haben Anatomen die Aufmerksamkeit auf die besondere Struktur der Wand des *Bulbus caroticus*, wie man damals von anatomischer Seite das Anfangsstück der *Art. carotis interna* meistens nannte, hingelenkt. Es war allgemein bekannt, dass die Wand hier viel dünner ist, als in den angrenzenden Gefässgebieten.

DE CASTRO gibt an, dass diese Verminderung der Wandstärke in dem dem Teilungswinkel zugekehrten Stück am ausgeprägtesten ist und ausschliesslich auf Kosten der Media geschieht, während die Adventitia an dieser Stelle verdickt ist. Im Gegensatz zu dem geringen Reichtum an Muskelfasern enthält die Wand hier sehr viele elastische Elemente.

Auch SUNDER—PLASSMANN (1930 u. 1933) findet in der Wand des *Sinus caroticus* viel elastisches Gewebe, welches sich meist in Form gefensterter Lamellen zeigt. Er weist weiter darauf hin, dass sie ausserordentlich reich an *Vasa vasorum* ist und dass die Intima dieses Gefässteiles relativ dick ist.

ARGAUD und DE BOISSEZON (1936) geben an, dass der *Sinus caroticus* des Pferdes sehr viele elastische Fasern enthält, die zu 15—20 Lamellen

angeordnet sind. An der Stelle der Trifurcation der *Art. carotis communis* liegen rund um den Ursprung der Gefässe Verdickungen der Intima, die wie Kämme in das Lumen hineinragen. An diesen Stellen ist die subendotheliale Schicht besonders dick, und es kommen Netze von sternförmigen Zellen darin vor, welche nach den obengenannten Autoren dieselben sind, die LANGHANS in der *Aorta* beschrieben hat. Diese kammförmigen Vorsprünge der Intima sollten zur Brechung der Blutwellen dienen.

Weil ich hauptsächlich meine Befunde über die Nervenversorgung des *Sinus caroticus* des Pferdes beschreiben will, ist es zweckmässig, zunächst den Bau des *Sinus caroticus* dieses Tieres zu beschreiben, wie er aus mit Hämalalaun-Eosin, Haematoxylin-VAN GIESON und Resorcinfuchsin gefärbten Präparaten

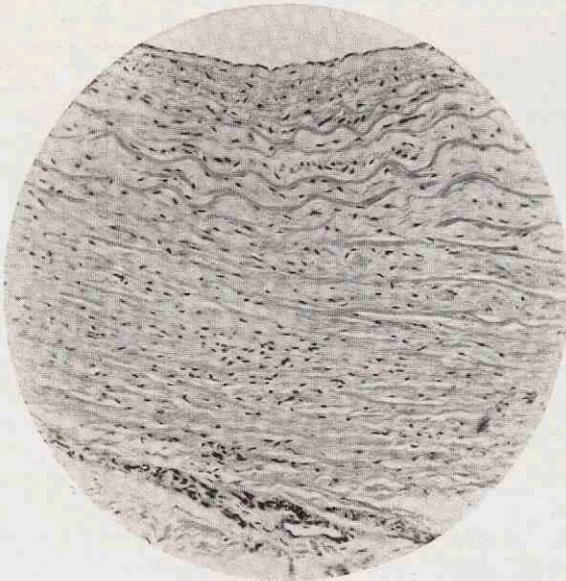


Abb. 28. Sinus caroticus des Pferdes. In der Wand viele dicke, elastische Lamellen, zwischen denen ein an vielen Stellen zellreiches Gewebe liegt; nur hier und dort liegt ein Bündelchen glatter Muskelfasern. Dicke, subendotheliale Schicht. Mikrophoto, Hämalalaun-Eosin-Färbung.

ersichtlich ist. Er unterscheidet sich von den angrenzenden Gefässtteilen dadurch, dass seine Media nicht als geschlossene Muskelschicht vorhanden ist, sondern in Bündelchen glatter Muskelfasern auseinanderfällt, während seine elastischen Elemente an Menge zunehmen. Die elastischen Fasern sind zu beträchtlich breiten, gefesterten Lamellen angeordnet und als solche vor allem in tangentialen Schnitten zu erkennen, da sie konzentrisch um das Lumen laufen. Diese elastischen Lamellen haben grosse Öffnungen, und daher sieht man im Querschnitt keine geschlossenen, konzentrischen, elastischen Bänder; auch verbinden sie sich oft mit benachbar-

ten Lamellen. An Stellen, an denen der elastische Charakter am deutlichsten ist, vor allem am Teilungswinkel der *Art. carotis communis*, liegen diese elastischen Lamellen durch die ganze Wand hindurch bis an die Intima (Abb. 28). Es ist hier schwierig eine Grenze zwischen Adventitia und Media zu ziehen, doch liegen in der äussersten Schicht der Wand zwischen den elastischen Lamellen mehr dicke, kollagene Fasern.

In den Räumen zwischen den elastischen Lamellen liegt ein ziemlich zellreiches Gewebe, welches in VAN GIESON-Schnitten nur wenige feine, kollagene Fasern aufweist. An manchen Stellen liegen Zellen die mit Ölimmersionsvergrößerung eine deutlich verzweigte Form aufweisen, in Strängen angeordnet.

Durch die grösseren und kleineren Unterbrechungen der elastischen Lamellen steht dieses zellreiche Gewebe der verschiedenen Schichten miteinander in Verbindung. Wie aus der Beschreibung der Innervation zu ersehen sein wird, besteht dieses Gewebe grösstenteils aus Nerven-elementen.

Die Intima ist an den Stellen, wo in der Wand das elastische Gewebe überwiegt und nur hier und da ein kleines Muskelfasernbündel vorkommt, verdickt; die Verdickung betrifft die subendotheliale Schicht, die ziemlich arm an kollagenen Fasern ist, aber feine elastische Fäserchen enthält und zahlreiche verästelte Zellen aufweist.

Der beschriebene Bau der *Sinus caroticus*-Wand, von dem Abb. 28 ein Übersichtsphoto gibt, stimmt also ziemlich mit dem der Arterien des elastischen Typus, wie z.B. der Aorta, überein. Diese Struktur ist jedoch nicht überall in der Sinuswand gleich stark ausgeprägt, selbst in dem selben Querschnitt kommen oft Stellen mit zahlreichen Muskelfasern vor, die zu einer eigenen Schicht angeordnet sind und bei denen die Intima weniger dick ist; mit anderen Worten, man sieht in einer Serie von Querschnitten des *Sinus caroticus* des Pferdes an einigen Stellen den Bau, der mit dem der Arterien des elastischen Typus übereinstimmt, an anderen Stellen mehr denjenigen des muskulösen Typus.

Die noch zu besprechenden Nervenendbildungen liegen vor allem an solchen Stellen, an denen in der Wand viele elastische Fasern vorkommen und zwar in dem Raum zwischen den Lamellen, zu denen diese elastischen Fasern angeordnet sind.

Wie schon mitgeteilt wurde (S. 5), liegt im Teilungswinkel der *Art. carotis communis* beim Pferde in der Arteriewand ein kleiner, sichelförmiger Knochen, welcher bei jungen Tieren noch aus Knorpel besteht. Beim Hund wurde oft in der medialen Wand des *Sinus caroticus*, gerade über dem Teilungswinkel, eine verkalkte Stelle angetroffen.

Die Anzahl von Untersuchern, die sich mit der Innervation des *Sinus caroticus* befasst haben, ist ziemlich klein. Ihre Befunde will ich erst kurz mitteilen.

DE CASTRO (1926, 1928) hat den *Sinus caroticus* beim Menschen, Rind, Affen, Katze, Hund und Kaninchen mit der Silbermethode und mit Methylenblaufärbung untersucht und hat als Erster gezeigt, dass seine Wand ausserordentlich reich an Nervenendigungen ist. Er lobt die Vollständigkeit, mit welcher das Methylenblau die Endigungen färbt; die Silberimprägnierungen geben damit verglichen nur ein sehr unvollständiges Bild. Die markhaltigen Fasern bilden im allgemeinen zwei Typen von Endigungen, nämlich solche mit diffuser Verästelung, die ein beträchtlich grosses Gebiet einnehmen, und daneben Endigungen mit mehr circumscrip-ter Verzweigung. Sie liegen nach DE CASTRO alle in den tieferen Lagen der Adventitia, zwischen den Lamellen von kollagenen Fasern. Der diffuse Typus stammt in der Regel von dünnen, markhaltigen Fasern ab, die, nachdem sie ihr Mark verloren haben, sich in eine Anzahl Äste teilen, welche wiederholt aufs Neue sich spalten und sich schliesslich stark geschlängelt in verschiedenen Höhen der Wand ausbreiten. In ihrem Trajekt besitzen sie

viele neurofibrilläre Varicositäten und endigen mit einem kleinen Ring oder Endnetzchen. Der Autor gibt ausdrücklich an, dass er nie zwischen den verschiedenen Ästen Anastomosen fand, sodass eine Netzbildung nicht vorliegen kann. Der zweite Typus, der *circumscriptere*, entsteht durch die Endverästelung dicker, markhaltiger Fasern. Auch diese weisen viele neurofibrilläre Varicositäten auf und endigen oft mit besonders grossen neurofibrillären Netzen. Diese letzteren sind nach ihm niemals scharf umrissen, sondern von ihren dünnen Rändern gehen kamm- und dornenförmige Fortsätze aus, die sich zwischen den kollagenen Fasern verlieren. In dieser Endverästelung liegen viele verhältnismässig grosse Kerne, die nach seiner Meinung den Bindegewebszellen angehören. Obgleich er weder mit der Methode von CAJAL, noch mit derjenigen von BIELSCHOWSKY das Protoplasma dieser Zellen sichtbar machen konnte, sah DE CASTRO, dass diese Kerne in einem intimen Verband mit den Nervenästen und Endnetzchen stehen, und zwar in derselben Weise, wie BOEKE es für andere sensible Endigungen angegeben hat. Oft haben die Endnetzchen die Form eines Kelches, in dessen Hohlraum ein Bindegewebskern liegt. Meistens jedoch liegen die Endnetzchen frei und haben mit Zellen keine Verbindung, breiten sich jedoch entlang der kollagenen Fasern aus; die Äste, aus denen sie entspringen, sind indessen wohl von Kernen begleitet. Diese Befunde von DE CASTRO über das Vorkommen von Zellen in der Endverästelung der Fasern habe ich deshalb hier etwas ausführlicher behandelt, weil die Bilder, die ich vom *Sinus caroticus* des Pferdes erhalten habe, — meiner Meinung nach — eine andere Deutung dieser Zellen zulassen.

SUNDER—PLASSMANN (1930 und 1933) beschreibt dieselben Endigungen wie DE CASTRO im *Sinus caroticus* des Menschen. Er gibt vor allem eine ausserordentlich schöne Abbildung der *circumscripten* Endigung, mit mehr Strukturdetails als von DE CASTRO beschrieben sind. Er sieht nämlich, dass hier ausserordentlich komplizierte, terminale, nervöse Netze gebildet werden; auch die diffusen Endigungen zeigen an ihrer Peripherie solch ein feines, nervöses Netz. Er spricht im allgemeinen von „neuro-vegetativen Receptorenfeldern“, während er die äusserst feine netzförmige Endausbreitung im Anschluss an STÖHR „Terminalreticulum“ nennt, das kontinuierlich in das Protoplasma der Fibroblasten übergehen soll. Daneben sieht er andere Formen „neurovegetativer Receptoren“. So beschreibt er Körperchen in denen Neurofibrillenbündel, abstammend von dicken, markhaltigen Fasern, zu einem eigenartigen Nervenapparat gruppiert sind. Kennzeichnend dafür ist, dass die Neurofibrillen an verschiedenen Stellen „Schlingenterritorien“ bilden und auf diese Weise grosse Zellen umspinnen, mit denen sie in engen Kontakt treten. Welcher Art diese Zellen sind, kann der Autor nicht sagen; obwohl er davon überzeugt ist, dass es sich nicht um Ganglienzellen handelt, hält er es doch für möglich, dass es nervöse Zellen sind. Er möchte sie für eine Art „Sinuszellen“ halten, die für die Übertragung von Reizen auf die nervöse Substanz im engeren Sinn sorgen. Das Ganze liegt im Bindegewebe des *Sinus caroticus*. Dieselben Zellen, aber um welche die Neurofibrillen grossmaschige „Schlingenterritorien“ bilden, sieht er mitten in Nervenfasernbündeln liegen und

hält sie für einen besonderen Typus von Neuroreceptoren. Schliesslich findet er oft mitten in grossen Neuroreceptorenfeldern „Endkolben“, die er als sehr dunkel imprägnierte Plättchen abbildet, von deren Peripherie meistens feine, dornförmige Ausläufer ausgehen, die in ein feines „Terminalreticulum“ übergehen.

MURATORI (1934) beschreibt die Nervenendigungen im Anfangsstück der *Arteria occipitalis* des Rindes (homolog mit dem *Sinus caroticus* anderer Tiere) und gibt an, dass ihre Äste oft netzförmig miteinander anastomosieren.

STÖHR (1935) weist darauf hin, dass im *Sinus caroticus*, sowohl bei den diffusen, als auch bei dem circumscribten Endigungstypus sich die markhaltigen Fasern an einer kernreichen Stelle des Bindegewebes verästeln und dass diese Äste nach wiederholter Teilung allmählich in ein „Terminalreticulum“ übergehen, welches nach der Peripherie zu immer feiner wird und sich schliesslich als ein kaum imprägnierbares Netz in das Bindegewebe verliert.

#### EIGENE BEFUNDE ÜBER DIE INNERVATION DES SINUS CAROTICUS.

Es wurde hauptsächlich der *Sinus caroticus* des Pferdes untersucht, daneben aber auch derjenige des Hundes und des Schweines.

Die Methylenblaufärbung geschah auf die Art, wie sie bei der Färbung des Glomusgewebes angegeben wurde. Die ganze Verästelungsstelle der *Art. carotis communis*, also mit Teilen der *Art. carotis externa*, *Art. occipitalis* und dem Anfangsstück der *Art. carotis interna* (der *Sinus caroticus*), wurde in Längsrichtung in Serienschnitte von 40–60  $\mu$  Dicke zerlegt. Auf diese Weise wurden ausser meist tangentialen Wandschnitten, in der Mitte des Präparates auch Querschnitte erhalten. Die Schnitte für die BIELSCHOWSKY-GROS-Imprägnierung wurden alle tangential geschnitten, da man so die vollständigsten Bilder erhält, weil das Nervengewebe schichtweise, parallel mit der Oberfläche zwischen den elastischen Lamellen oder kollagenen Fasern ausgebreitet ist.

Auch hier zeigte sich, dass der Vergleich von Methylenblau- mit Silberpräparaten für die Beurteilung der erhaltenen Bilder grosse Vorteile bietet. Es sei jetzt schon bemerkt, dass der Nervenapparat des *Sinus caroticus* nicht nur aus sensiblen Endigungen markhaltiger Nervenfasern besteht, sondern viel komplizierter ist. Denn die Zellen, die im Gebiete der Endausbreitung der Nervenfasern liegen und die von anderen Autoren als Bindegewebszellen aufgefasst werden, gehören nämlich, wie wir später sehen werden, ihrer Art nach zum Nervenapparat des *Sinus caroticus*.

In dem losen Bindegewebe der Sinuswand bilden die markhaltigen Nervenfasern einen Plexus, indem die Bündel, in welche sie gruppiert sind, Fasern untereinander austauschen.

Namentlich in den Methylenblaupräparaten erhält man einen guten Einblick in die Art und Weise, in welcher die markhaltigen Fasern in die Sinuswand eindringen und sich dort verästeln. Nachdem sie ihr Mark verloren haben, teilen sie sich in eine Anzahl Äste, die in ausgedehnte Nervenetze übergehen, welche zwischen den Lamellen elastischer und kollagener Fasern liegen. Die Abb. 29, ein Mikrophoto eines Methylenblau-

präparates, gibt eine Übersicht der Ausdehnung dieses Netzwerkes und der Art, wie eine markhaltige Faser darin ausstrahlt. Man bekommt nicht den Eindruck, dass sich hier die Faser in ihren Verzweigungen erschöpft, vielmehr scheint es, dass sie eine Verbindung mit einem sehr ausgedehnten Nervennetz eingeht. Die Art des Nervennetzes wird erst erkennbar, wenn man sowohl Methylenblau-, als auch Silberimprägnierungspräparate, die verschieden intensiv gefärbt und imprägniert sind, studiert. Das Netz

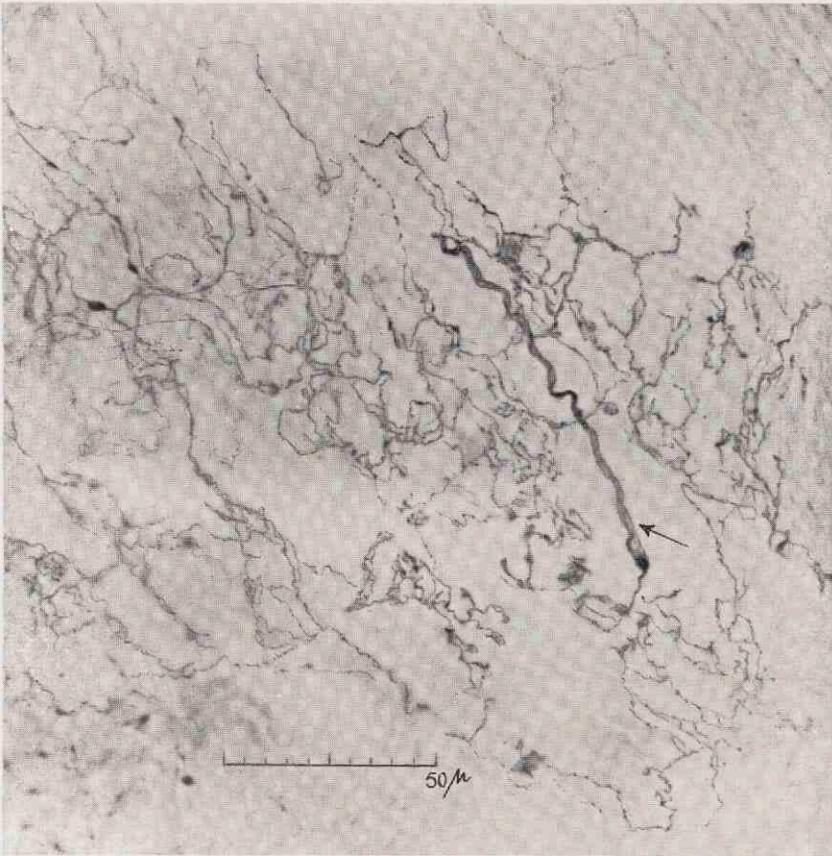


Abb. 29. Sinus caroticus des Pferdes. Markhaltige Nervenfasern, die mit ihrer Endverzweigung in ein ausgedehntes Nervennetz übergeht. Die Struktur des Netzes kommt bei dieser Vergrößerung im Photo nicht zu ihrem Recht. Tangentialer Schnitt durch die Wand. Vitale Methylenblaufärbung.

erscheint dann als ein Syncytium stark verästelter Zellen: die interstitiellen Zellen von CAJAL.

Über die interstitiellen Zellen sei hier, grösstenteils nach der Arbeit von LEEUWE (1937), folgendes erwähnt: Sie sind zuerst als „neurones sympathiques interstitiels“ von CAJAL beschrieben und kommen überall im Organismus vor, wo sympathisches Nervengewebe angetroffen wird. Es sind stark verästelte Zellen, die durch Fortsätze anastomosieren, sodass ein Syncytium entsteht; ausserdem geben die Zellen noch

Äste, die u.a. nach den glatten Muskelzellen gehen, ab. Bisher sind sie hauptsächlich in der efferenten Sympathicusbahn angetroffen worden, LEONTOWITSCH (1901) und OKAMURA (1929) aber beschreiben kleine sensible Ganglienzellen, ersterer in der Haut, letzterer in Herz und Blutgefässen, die sicher mit den interstitiellen Zellen CAJAL's identisch sind.

Obwohl sie CAJAL ursprünglich für Ganglienzellen hielt, sind sie vor allem von LAWRENTJEW und VAN ESVELD, auf Grund der Auffassung von HELD vom Bau des Nervengewebes, als Lemmoblasten beschrieben worden. STÖHR hält diese Zellen für SCHWANN'sche Zellen. Nach BOEKE liegen sie am Ende des „sympathischen Grundplexus“, schliessen also an diese kernhaltigen Neuroplasmastränge an, während sie durch ein periterminales Netzwerk die Verbindung mit dem Protoplasma der Erfolgs Elemente bilden. Nach seiner Meinung muss man in dem Syncytium der interstitiellen Zellen die Stelle der „Umwertung der Erregung“ erblicken. Es ist von Wichtigkeit hier zu erwähnen, dass dieser Untersucher das Syncytium interstitieller Zellen u.a. auch in der Wand von Blutgefässen beschrieben hat. Im Jahre 1935 äussert BOEKE, anlässlich der Beschreibung des sympathischen Darmplexus von Amphioxus, die Vermutung, dass die interstitiellen Zellen vielleicht mit primitiven Ganglienzellen vergleichbar sind. SCHABADASCH (1934) hält das Syncytium interstitieller Zellen für einen Teil des SCHWANN'schen Leitplasmodium, fügt aber hinzu, dass er wohl den Eindruck hätte, diese interstitiellen Zellen seien etwas mehr, als nur Membranzellen. Namentlich Methylenblaufärbung verstärkt diesen Eindruck. Sie ähneln dann sehr den Ganglienzellen, unterscheiden sich aber von diesen durch ihre Dimension und, wie er bemerkt, durch den Mangel von Nissl-Substanz.

LEEUWE hat schliesslich den Ganglienzellcharakter dieser interstitiellen Zellen einwandfrei gezeigt. Er sah mit Hilfe der vitalen Methylenblaufärbung nicht nur den syncytiellen Zusammenhang mit den gewöhnlichen, autonomen Ganglienzellen, sondern ausserdem zwischen beiden allerlei Übergangsformen. In dieser interstitiellen Zelle kommt ein neurofibrilläres Netzwerk vor, welches im Gegensatz zu dem des Lemmoblasten durch die Zelle selbst gebildet wird. Während die interstitiellen Zellen sich ausserordentlich gut mit Methylenblau färben, nimmt das Plasma der SCHWANN'schen Zelle diesen Farbstoff vital überhaupt nicht an. Auch zeigte er, dass die interstitielle Zelle NISSL-Substanz enthält (Färbung mit Methylgrün-Pyronin und Thionin), die sich hinsichtlich künstlichen Magensaftes, Säuren und Alkalien ebenso verhält, wie die NISSL-Substanz der gewöhnlichen Ganglienzelle. Diese Zellen zeigen weiterhin dieselbe Oxydase- und Peroxydase-Reaktion wie die Ganglienzellen. Auch die Genese, die an der Froschlarve studiert wurde, spricht für den Ganglienzellcharakter; er sah, wie junge, sympathische Ganglienzellen sich teilen und ein Syncytium bilden, aus dem sich dann sowohl sympathische Ganglienzellen im engeren Sinne als interstitielle Zellen differenzieren. Bei dieser Entwicklung wachsen die Neurofibrillen nicht kontinuierlich von zentral nach peripher, sondern entstehen primär in der zuerst zur Entwicklung gekommenen, peripheren, interstitiellen Zelle.

Nach diesem Autor bildet der ganze Sympathicus ein einziges Syncytium von Ganglienzellen, peripher also aus interstitiellen Zellen bestehend, ohne dass sich SCHWANN'sche Zellen dazwischen schalten.

Im *Sinus caroticus* ist nun dieses Netz interstitieller Zellen, in das sich die Endverästelungen der markhaltigen Nervenfasern fortsetzen, sehr charakteristisch. Es tritt am deutlichsten in Präparaten zu Tage, in denen ausser den Neurofibrillen auch das Plasma und die Kerne gefärbt sind. An manchen Stellen bildet es ein sehr regelmässiges Maschenwerk von Plasmasträngen, in dessen Knotenpunkten Kerne liegen.

Abb. 30 zeigt einen Teil aus diesem mit Methylenblau gefärbten Syncytium. Sowohl in dem direkt um die Kerne liegenden Plasma, als auch in den verbindenden Plasmastreifen ist eine deutliche neurofibrilläre Netzstruktur wahrzunehmen, während hier und dort das Plasma körniger gefärbt

ist oder auch wohl grössere blaue Schollen aufweist. Oft liegen auf den Knotenpunkten dieses Syncytium zwei Kerne nebeneinander. Auch mit BIELSCHOWSKY—GROS'scher Methode lässt sich dieses Syncytium interstitieller Zellen sehr elektiv imprägnieren; wenn neben den Neurofibrillen auch das Plasma der Zellen sichtbar geworden ist, gleicht das Bild voll-

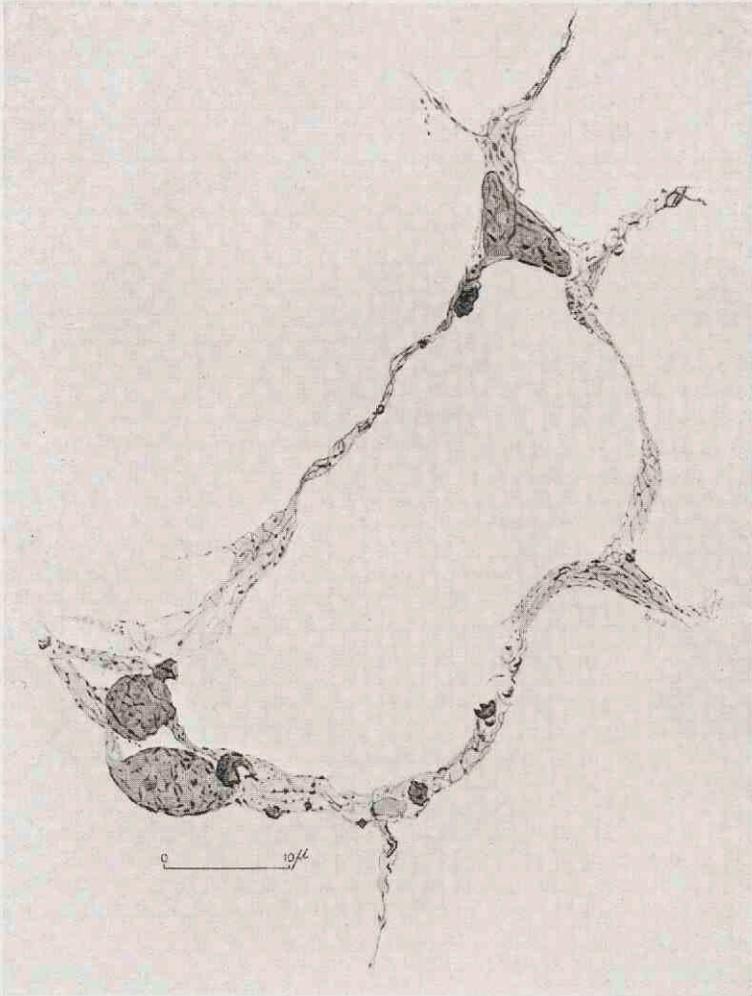


Abb. 30. Sinus caroticus des Pferdes. Teil aus dem Syncytium von interstitiellen Zellen (CAJAL). Feine, neurofibrilläre Struktur des Protoplasma. Vitale Methylenblaufärbung.

kommen dem der Methylenblaupräparate; das umliegende Bindegewebe bleibt selbst bei dieser intensiven Imprägnation völlig ungefärbt. An vielen Stellen, besonders in den Räumen zwischen den elastischen Lamellen, zeigt dieses Syncytium interstitieller Zellen eine Verdichtung; es ist hier kernreicher und die miteinander anastomosierenden Fortsätze liegen sehr dicht

zusammen. Ausserdem liegen hierin interstitielle Zellen mit oft grossen Kernen, die ausser den schmalen Fortsätzen auch sehr breite, dünne, lamellenartige Fortsätze besitzen, die gleichfalls neurofibrillär strukturiert sind. Abb. 31 zeigt ein Bild einer solchen Stelle aus einem BIELSCHOWSKY—GROS-Präparat. Ein Ast einer dicken Nervenfasers strahlt hier in ein Syncytium interstitieller Zellen aus, das hier sehr elektiv imprägniert ist; das umliegende Gewebe, hauptsächlich elastisches und kollagenes Bindegewebe, ist völlig ungefärbt geblieben. Die neurofibrilläre Plasmastruktur des Syncytium tritt deutlich hervor; an vielen Stellen sind die Neurofibrillen äusserst fein und laufen teils parallel zueinander, teils hängen sie netzförmig zusammen. Oft haben diese Neurofibrillen feine, punktförmige Verdickungen, die manchmal in sehr regelmässigen Abständen voneinander liegen. An anderen Stellen, besonders da, wo das Zellprotoplasma grosse Membranen bildet (wie u.a. oben in Abb. 31), besitzt das Protoplasma eine mehr grobmaschige, neurofibrilläre Netzstruktur. Oft sieht man an der Oberfläche der Plasmastränge ein dickes, tiefschwarz imprägniertes Neurofibrillenbündel laufen, das hier und dort, so z.B. in Abb. 31 bei A, noch deutlicher bei B, einen kleinen Ring bildet, der ringsumher mit einem feinen, periterminalen Netzwerk in das feine Fibrillennetz des Plasma übergeht. Auf die Erklärung der letztgenannten Bilder wird bei der Besprechung der Verbindungsart von den Endverzweigungen der markhaltigen Nervenfasern mit dem Syncytium von interstitiellen Zellen näher eingegangen werden. Die Präparate zeigen die beschriebenen Strukturen mit solcher Feinheit und Vollständigkeit, wie sie kaum eine Zeichnung wiedergeben kann. In Abb. 32 und 33 sind einzelne Zellen mit den charakteristischen, lamellären Plasmafortsätzen abgebildet, die, wie oft sehr gut zu sehen ist, den Membranen elastischer Fasern entlang ausgebreitet sind. Manchmal liegen diese Zellen scheinbar lose vom Syncytium, weil die Fortsätze, mit denen sie untereinander in Verbindung treten in einer senkrecht zur Schnittrichtung stehenden Fläche verlaufen. In den Methylenblaupräparaten ist das Protoplasma dieser Zellen oft körnig, die neurofibrilläre Netzstruktur kommt darin nicht so regelmässig zum Vorschein, wie in Silberpräparaten.

Wie aus dieser Beschreibung hervorgeht, bestehen also die Nervenetze im *Sinus caroticus* aus interstitiellen Zellen, die der Auffassung von CAJAL, LEONTOWITSCH, BETHE und LEEUWE folgend als periphere, sympathische Ganglienzellen aufgefasst werden dürfen. Für diese Meinung spricht einerseits ihr Verhalten bei Silberimprägnierung und vitaler Methylenblaufärbung, andererseits auch, dass sie im Besitze von NISSL-Substanz sind, wie dies sich in Methylenblaupräparaten und bei der Färbung mit Methylgrün-Pyronin und Thionin zeigte. Auch die Resultate von den bei der Beschreibung der Silberpräparate des Glomusgewebes erwähnten Durchschneidungsversuche sind in Übereinstimmung mit dieser Interpretation. Nach dem Durchschneiden des Astes des *Nervus glossopharyngeus* (des *Sinusnerven* nach HERING), aber auch bei einem anderen Versuch nach dem Durchschneiden aller Nervenäste zwischen *Arteria carotis externa* und *interna*, waren nach fünf bzw. fünfundzwanzig Tagen alle markhaltigen Nervenfasern im *Sinus caroticus* degeneriert. Das Syncytium interstitieller Zellen hingegen war

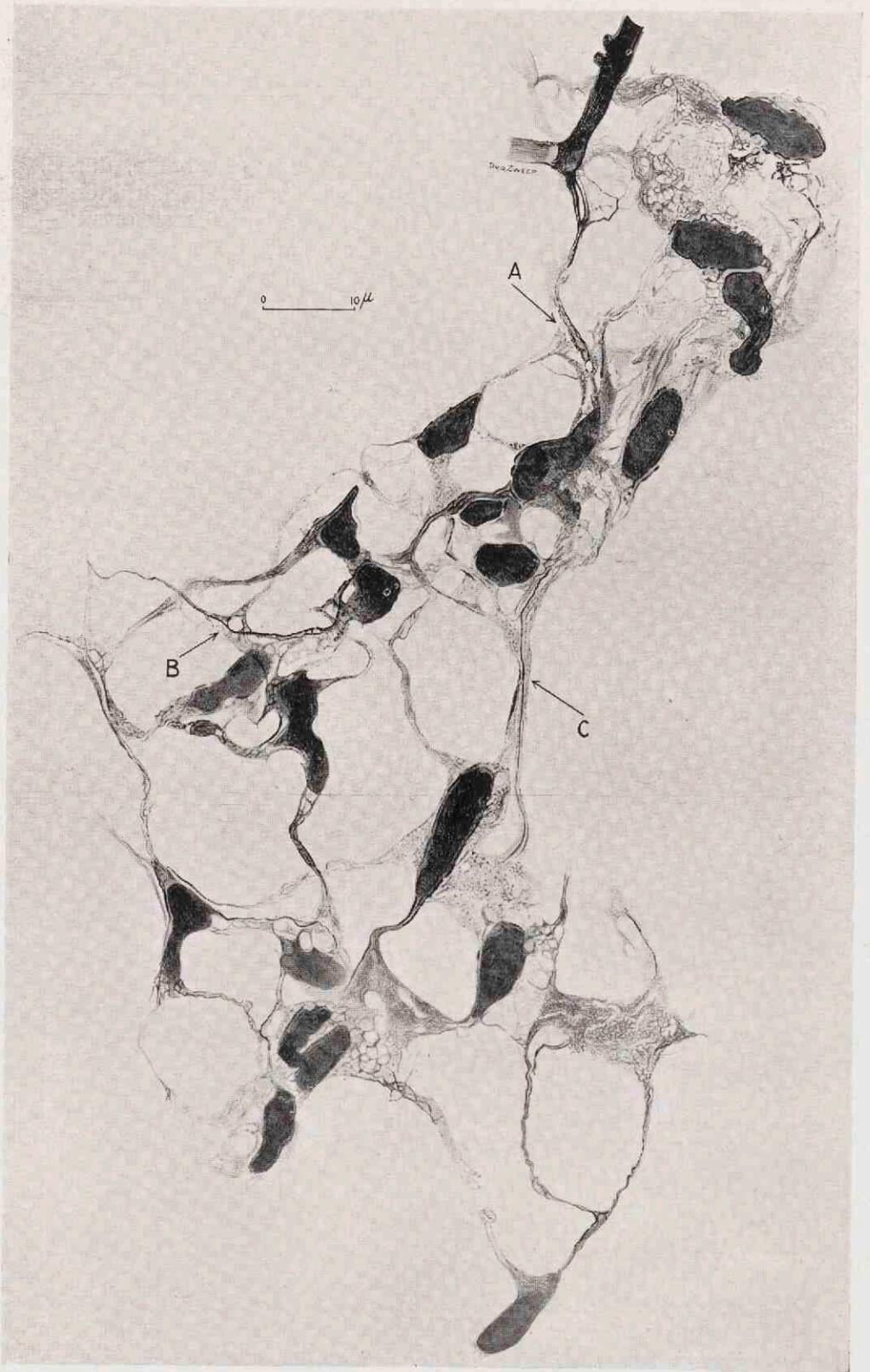


Abb. 31. Sinus caroticus des Pferdes. Syncytium von interstitiellen Zellen, in den Räumen zwischen den elastischen Lamellen liegend. Bei A, B, und C liegen dicke Neurofibrillenbündel in der oberflächlichen Schicht des sehr fein-fibrillären Plasma der interstitiellen Zellen. An einigen Stellen bildet das Plasma membranartige Verbreiterungen mit neurofibrillärer Netzstruktur. BIELSCHOWSKY—GROS-Präparat.

vollkommen intakt geblieben und besass noch sein unbeschädigtes, neurofibrilläres Netzwerk.

Bisher wurden hauptsächlich die interstitiellen Zellen in der efferenten Sympathicusbahn beschrieben (Innervation von glatten Muskeln und Drüsen). Aber die Nervenetze im *Sinus caroticus* sind zweifellos sensibel, erstens, weil dieses Gebiet receptorisch ist für Veränderungen



Abb. 32. Interstitielle Zelle (CAJAL) aus dem Sinus caroticus des Pferdes mit membranförmigen Plasmafortsätzen, die eine neurofibrilläre Netzstruktur besitzen. BIELSCHOWSKY—GROS-Präparat.

im Blutdruck und zweitens weil die Netze zwischen den Lamellen elastischer Fasern ausgebreitet liegen, wo so gut wie gar keine glatten Muskelzellen vorkommen. Im Zusammenhang mit der sensiblen Funktion steht wahrscheinlich auch die an verschiedenen Stellen typische Differenzierung dieses Syncytium, wo, abweichend von dem efferenten Syncytium in den glatten Muskeln, breite lamelläre Plasmafortsätze gefunden werden, die eine neurofibrilläre Netzstruktur besitzen und längs



Abb. 33. Interstitielle Zelle (CAJAL) aus dem Sinus caroticus des Pferdes. Membranartige Verbreiterungen des Plasma liegen einer Lamelle elastischer Fasern entlang ausgebreitet.

der Lamellen elastischer und kollagener Fasern ausgebreitet sind. Sie sind vielleicht mit den Dendritlamellen zu vergleichen, die besonders von LAWRENTJEW (1929) bei den grossen Ganglienzellen des Darmtraktes beschrieben sind.

Ähnliche sensible Nervenetze, in denen auch Zellen vorkommen, die sehr verschiedenartig gedeutet werden, sind im Endocard und Epicard besonders des Herzvorhofes und im Aortenbogen (Endigungen des Nervus depressor) beschrieben. Auch hier bilden markhaltige Nervenfasern durch wiederholtes Verästeln wirkliche Nervenetze dadurch, dass die Äste untereinander anastomosieren. SMIRNOW (1895) beschrieb sie in Methylenblaupräparaten und erwähnte, dass die Fäserchen dieses Netzes auf oder in einer körnig, blau gefärbten Substanz liegen, die er „sensible Unterlage“ nannte. DOGIEL (1898) sah, dass die von SMIRNOW beschriebene, körnige Substanz das Protoplasma kleiner, sternförmiger Zellen mit runden bis ovalen Kernen war. Diese kleinen, sternförmigen Zellen färben sich nach DOGIEL besonders gut mit Methylenblau und haben in feine varicöse Fäserchen übergehende, miteinander ein Flechtwerk bildende Fortsätze. Was die Deutung dieser Zellen anbetrifft, sagt er: „Auf Grund aller dieser Facta ist man genötigt anzunehmen, dass zum Bestande des von dicken, markhaltigen und marklosen Fasern gebildeten Endapparates, ein Netz von Nervenfasern mit zwischengelagerten, besonderen, sternförmigen Bindegewebszellen gehört; die Ausläufer dieser Zellen verflochten sich miteinander und bilden ein Stützgerüst für die Nervenfasern der Endigung. Die Zellen selbst aber, gehören aller Wahrscheinlichkeit nach zu den L. SALA'schen Zellen, welche die Nervenfasern begleiten.“

Aus dieser Beschreibung folgt also, dass er hier ein Netz interstitieller Zellen beschrieben hat, die er anfangs im Gegensatz zu CAJAL für Bindegewebszellen hielt. LAWRENTJEW (1929) sah in Silberpräparaten in diesen Endocardzellen die Neurofibrillen intraprotoplasmatisch direkt um den Kern herum liegen. Er vergleicht diese Zellen der sensiblen Endigungen im Endocard mit denjenigen sensibler Apparate von MEISSNER und GRANDRY.

OKAMURA (1929) ist, soweit mir bekannt, der einzige Autor, der diese Zellen für sensible Ganglienzellen hält. Nach ihm wird das sensible Nervenetz des Subendocardium und Subepicardium durch sensible Ganglienzellen gebildet; dieser Plexus von Ganglienzellen mit ihren verästelten Dendriten kann, wie er bemerkt, eine Endigung von Nervenfasern vortäuschen.

Sowohl in Silber-, als auch in Methylenblaupräparaten mit elektiver Neurofibrillenfärbung, bei denen aber das Plasma, in welchem die Neurofibrillen liegen, nicht mitgefärbt ist, sieht man wenig von dem zelligen Charakter dieser Nervenetze im *Sinus caroticus*. Man sieht dann netzförmig zusammenhängende Bündel sehr feiner Neurofibrillen, längs denen oder in denen ovale bis runde Kerne liegen. Da sie die Fortsetzung der Endverästelung der Nervenfasern bilden, könnte dieses Bild vermuten lassen, dass man mit einer äusserst feinen, netzförmig fibrillären Endausbreitung der dicken, markhaltigen Nervenfasern zu tun hat. Als solche werden sie jetzt von den meisten Autoren betrachtet. So gibt SUNDER—PLASSMANN in Abbildung 4 seiner Arbeit von 1933 ein sehr schönes Bild dieses feinen Netzes von Neurofibrillenbündeln, welches er für die Endausbreitung der Nervenfasern hält und in Anschluss an STÖHR Terminalreticulum nennt. Nach seinen Angaben dringt dieses Terminalreticulum in die umliegenden Bindegewebszellen ein; aber aus seiner Abbildung geht hervor, dass die Neurofibrillennetze sehr dicht um die oft dreieckigen Kerne herumliegen und sich dabei meistens in drei verschiedenen Rich-

tungen als Neurofibrillenbündel fortsetzen. Angesichts der Resultate meiner Untersuchung scheint es mir denn auch, dass SUNDER—PLASSMANN diese Zellen zu Unrecht für Bindegewebszellen hält, denn m.E. sind es interstitielle Zellen. Auch die grosse Anzahl von Kernen, die DE CASTRO in der Endverästelung der Nervenfasern vorfindet und mit welchen die Neurofibrillennetzchen in sehr engen Kontakt treten, gehören m.E. sehr wahrscheinlich zu den genannten interstitiellen Zellen.

Die von SUNDER—PLASSMANN (1933) und STÖHR (1935) als Terminalreticulum beschriebenen, oft breiten, lamellären, neurofibrillären Netze dürfen denn auch nicht als Endausbreitung der Nervenfasern aufgefasst werden, sondern sind mit den oben beschriebenen, äusserst dünnen, oft membranförmigen Ausläufern der interstitiellen Zellen identisch. Sie haben eine neurofibrilläre Netzstruktur und dürfen vielleicht mit den Dendritlamellen der grossen sympathischen Ganglienzellen gleichgestellt werden.

Ein Vergleich der Abbildungen 31, 32 und 33 mit Abbildung 4 aus der Arbeit von SUNDER—PLASSMANN (1933) und Abbildung 8 und 9 aus der Arbeit von STÖHR (1935) macht eine solche Auffassung annehmbar.

*Über die Art der Verbindung der Endverästelung markhaltiger Nervenfasern mit dem Syncytium interstitieller Zellen.*

Es ist nicht so einfach anzugeben, auf welche Weise die Endverästelung der markhaltigen Nervenfasern in dieses Syncytium interstitieller Zellen übergeht. Es wurden jedoch, sowohl mit Methylenblau als auch mit Silberimprägnierung nach der Methode Gros, Bilder erzielt, die vermuten lassen, dass hier funktionell eine synaptische Verbindung besteht. Schon Methylenblaupräparate, in denen sich nur die Endausbreitung der Nervenfasern gefärbt hat, während das hieran anschliessende Syncytium interstitieller Zellen ungefärbt geblieben ist, weisen in diese Richtung. Abb. 34 zeigt hiervon ein Bild; man sieht die dicke Nervenfasern sich wiederholt teilen und schliesslich in plasmatische Verbreiterungen mit mehr körnigem Aspekt oder neurofibrillärer Struktur übergehen. An einer einzigen Stelle jedoch (bei ✓), sieht man die Endverästelung an ein Nervennetz anschliessen; es ist hier nicht zu sehen, dass es aus einem Syncytium interstitieller Zellen besteht, da hier nur die Neurofibrillen gefärbt sind und das Plasma und die Kerne der syncytial zusammenhängenden, interstitiellen Zellen grösstenteils ungefärbt geblieben sind (eine gleiche Abbildung gibt SCHABADASCH (1934) von einer nach seiner Meinung sensiblen Endverästelung einer markhaltigen Faser aus der Wand der Blase, die auch an einer Stelle mit dem subepithelialen Nervennetz zusammenhängt). Auf den ersten Blick wäre man denn auch geneigt, eine solche Endverästelung einer markhaltigen Nervenfasern für eine circumscriphte Nervenendigung zu halten. Hat man aber sehr viele Methylenblau- und Silberpräparate durchgesehen, dann kommt man zu der Überzeugung, dass hier eine partielle Färbung stattgefunden hat und dass die Färbung vermutlich aufgehört hat an der Stelle des Anschlusses an den eigenen Nervenapparat des *Sinus caroticus*: das besonders differenzierte Syncytium interstitieller, sensibler



Abb. 34. Sinus caroticus des Pferdes. Endverästelung einer dicken, markhaltigen Nervenfasers. Bei ↓ Anschluss an ein Nervennetz, von dem nur die Neurofibrillen gefärbt sind; das Plasma, in dem sie liegen, und dessen Kerne sind ungefärbt geblieben. Vitale Methylenblaufärbung.

Zellen. Gerade diese Unterbrechung der Färbung gibt bei der Methylenblau-methode, die eine vitale Färbung ist und daher auf einer Reaktion des lebenden Neuroplasma beruht, einen Hinweis, dass hier vielleicht funktionell eine besondere Verbindung, ein Synaps besteht.

Genauere Hinweise auf die Art dieser Verbindung gaben jedoch sehr viele, vollständiger gefärbte Methylenblau- und Silberpräparate. In Methylenblaupräparaten wurde wahrgenommen, dass die Endverästelungen der markhaltigen Nervenfasern als sehr feine, dunkelblau gefärbte Fäserchen entlang dem mehr körnig-blau gefärbten Protoplasma des Syncytium interstitieller Zellen (der „sensiblen Unterlage“ von SMIRNOW, den „sternförmigen Zellen“ von DOGIEL) laufen. Sie bilden in seiner oberflächlichen Schicht hier und dort dunkelblau gefärbte Varicositäten. Auch in Silberpräparaten sind oft, wie bereits erwähnt wurde, die Endverästelungen der Nervenfasern als stark imprägnierte, geschlossene Neurofibrillenbündel in der oberflächlichen Schicht des sehr feinen, meist netzförmig fibrillären Protoplasma der interstitiellen Zellen zu verfolgen. In Abb. 31 ist dies an drei Stellen mit einem Pfeil angegeben. Das Präparat selbst zeigt besser, als es in einer Abbildung wiedergegeben werden kann, dass u.a. bei A und bei B diese Neurofibrillenbündel kleine Ringe und Schleifen bilden, welche mit einem periternalen Netz in die feine, neurofibrilläre Struktur des Plasma der interstitiellen Zellen übergehen. Diese Bilder sprechen ohne weiteres dafür, dass die Verbindung der Endverästelung der Nervenfasern mit dem Syncytium interstitieller Zellen funktionell eine synaptische ist und zu vergleichen ist mit der Art und Weise, wie sich die Perizellulärapparate in einem sympathischen Ganglion mit den grossen sympathischen Ganglienzellen verbinden.

Befunde anderer Untersucher lassen vermuten, dass überall, wo an der Peripherie Syncytia interstitieller Zellen vorkommen, Nervenfasern eine derartige Verbindung mit ihnen eingehen.

Dr. LEEUWE demonstrierte im Laboratorium von Prof. BOEKE ein Methylenblaupräparat des Pharynx von Rana, in dem diese besondere Verbindung von Nervenfasern mit dem Syncytium interstitieller Zellen sehr deutlich zum Vorschein gekommen war. Auf dem sehr feinen, neurofibrillären Protoplasma dieses Syncytium bildete ein eigenes System dunkelblau gefärbter Fäserchen kleine Endkörperchen in der Form von kleinen Ringen, welche mit einem kleinen, periternalen Netzwerk in das neurofibrilläre Netz des genannten Syncytium übergingen.

Auch LEONTOWITSCH (1930) beschreibt an Hand ausserordentlich schöner Methylenblaupräparate vom Pharynx des Frosches feine Perizellulärapparate auf kleinen, peripheren Ganglienzellen, die man wohl als identisch mit den interstitiellen Zellen von CAJAL auffassen darf.

Weitere Untersuchungen, besonders mit Methylenblau, werden vielleicht mehr Einzelheiten zu Tage fördern, doch kann bereits jetzt als sehr wahrscheinlich angenommen werden, dass die sensiblen Nervenetze zwischen den Lamellen elastischer Fasern aus einem sensiblen Syncytium interstitieller Zellen bestehen, mit denen die Endverästelungen der markhaltigen Nervenfasern funktionell eine synaptische Verbindung eingehen.

Ausser den beschriebenen sensiblen Nervennetzen, wurden im *Sinus caroticus* oft grosse, autonome Ganglienzellen gefunden, während weiter hier und dort Anhäufungen von Glomuszellen mit der erwähnten Ganglienzellstruktur angetroffen wurden. Um die sehr zahlreichen *Vasa vasorum* herum liegt immer ein Syncytium interstitieller Zellen, dessen bandförmige, Neurofibrillen aufweisende Fortsätze ein regelmässiges Maschenwerk bilden.

An den Stellen, an denen in der Wand des *Sinus caroticus* eine Muskelschicht vorkommt, liegt ein Syncytium interstitieller Zellen, welches zwischen die Muskelfasern eindringt und diese versorgt. Auf die Innervation der glatten Muskeln soll hier nicht näher eingegangen werden; sie ist bis in sehr feine Einzelheiten von BOEKE (1933) in der Gefässwand an der Hand von Silberpräparaten beschrieben, und von SCHABADASCH (1934) in der Muskelwand der Blase nach Methylenblaupräparaten dargestellt. Nur sei darauf hingewiesen, dass in Methylenblaupräparaten die Form dieser sicher efferenten, interstitiellen Zellen etwas anders ist, als die Form derjenigen in dem Syncytium, das zwischen den Lamellen elastischer Fasern liegt und sehr wahrscheinlich sensibel ist. Ausser, dass das Netz der efferenten interstitiellen Zellen dünner ist, sind die Fortsätze mehr schmal-bandförmig und bilden in ihrem Trajekt verschiedene Varicositäten. Diese dringen, wie LEEUWE gezeigt hat, mit einem kleinen, periterminalen Netzwerk in die Muskelfasern ein. Im Gegensatz zu diesen efferenten, interstitiellen Zellen, bilden die genannten sensiblen, interstitiellen Zellen in den Räumen zwischen den elastischen Fasern viel dichtere Netze. Sie haben oft grosse, ovale bis runde Kerne, während die Ausläufer der Zellen an vielen Stellen grosse, dünne Lamellen mit neurofibrillärer Struktur bilden. Letztere sind vielleicht mit den Dendritlamellen grosser sympathischer Ganglienzellen zu vergleichen.

Dieses würde mit der Auffassung von OKAMURA (1929) übereinstimmen. Er sagt, dass in der Gefässwand ein Plexus kleiner Ganglienzellen vorkommt, die er nach ihrer Form in motorische und sensible einteilt. Die Bilder lassen sich jedoch schwer vergleichen, da OKAMURA nur die Form und keine Struktur der Zellen abbildet.

Eine wichtige Frage ist weiter, ob eine Trennung zwischen dem Syncytium interstitieller Zellen in den Räumen zwischen den elastischen und kollagenen Lamellen und dem Syncytium der Muskelschichten besteht. In Längsschnitten durch den ganzen *Sinus caroticus*, in denen mit Methylenblau eine vollständige Nervenfärbung durch die ganze Wanddicke erzielt war, konnte keine scharfe Trennung zwischen diesen beiden, nach ihrer Funktion doch sicher verschiedenen, Teilen des Syncytium interstitieller Zellen wahrgenommen werden, wenigstens nicht in Übersichtsbildern bei schwacher Vergrösserung. Es ist mir aber nicht gelungen, mit Ölimmersion eine Kontinuität der Fortsätze der verschiedenen Syncytia nachzuweisen.

#### *Interstitielle Zellen in der Intima des Sinus caroticus.*

In der subendothelialen Schicht der Intima kommt gleichfalls ein Syncytium interstitieller Zellen vor. Wie schon erwähnt wurde, ist die sub-

endotheliale Schicht im *Sinus caroticus* wesentlich dicker als in den angrenzenden Gefäßteilen. Besonders beim Hund wurden Methylenblaupräparate erhalten, bei denen dieses Syncytium interstitieller Zellen sich sehr elektiv gefärbt hatte. Der syncytiale Verband kommt vor allem deutlich in Schnitten, die parallel mit der Oberfläche verlaufen, zum Ausdruck. In Querschnitten der Wand konnte dagegen ihr Verband mit dem Endothel und andererseits ihr Zusammenhang mit dem Netz interstitieller Zellen in der Adventitia festgestellt werden. Die Kerne haben, wie überall im Syncytium gefunden wurde, oft eine eigenartige Form, und in vielen Fällen liegen zwei Kerne dicht nebeneinander. Sowohl aus ihrem Verband mit den Nervennetzen in der Adventitia, als auch aus ihrer Form und Struktur ergibt sich, dass es sicher interstitielle Zellen (CAJAL) sind; das

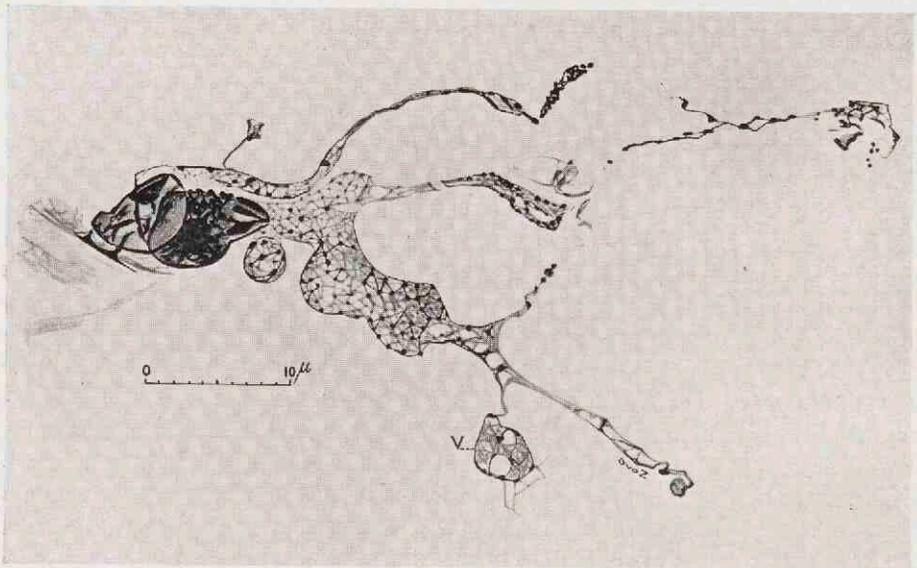


Abb. 35. Sinus caroticus des Hundes. Interstitielle Zelle (CAJAL) aus der Intima. Das Plasma besitzt eine neurofibrilläre Netzstruktur. Einer der Fortsätze hat an seinem Ende eine Varicosität (V.) mit einer Andeutung eines periternalen Netzes.

Protoplasma hat, wie Figur 35 zeigt, eine feine, netzförmig fibrilläre Struktur. Die Fortsätze sind reichlich verästelt und haben oft Anschwellungen (Varicositäten); an der Varicosität (bei V.) ist noch eine Andeutung eines periternalen Netzes zu sehen. Viele dieser interstitiellen Zellen stehen durch Fortsätze in intimem Verband mit den Endothelzellen. In Abb. 36 sind zwei interstitielle Zellen dargestellt, in denen dieser Verband deutlich zum Ausdruck kommt; namentlich die linke Zelle besitzt einen nach dem Endothel gerichteten Fortsatz mit einer Endanschwellung, die in ein periternales Netzwerk übergeht, welches sehr eng am Kerne einer Endothelzelle liegt. Diese beiden Zellen liegen scheinbar frei voneinander, aber wie schon erwähnt, erkennt man ihren syncytialen Verband besonders in Tangentialschnitten. Auch senden in der Intima liegende

interstitielle Zellen oft in die Richtung der Media einen Fortsatz, welcher mit einzelnen Varicositäten an einem Bündelchen glatter Muskelzellen endigt.

In den Gefäßteilen, in denen die Intima besonders dick ist, wie z.B. im Aortenbogen, kommt nun in der verdickten, subendothelialen Schicht eine besondere Art sternförmiger Zellen vor, die zuerst durch LANGHANS (1866) beschrieben wurden. Besonders in tangential zur Wand verlaufenden Schnitten ist zu sehen, dass die Fortsätze dieser Zellen, die in der Regel stark verästelt sind, miteinander anastomosieren und dadurch ein Syncytium bilden. Auch im *Sinus caroticus* sieht man mit gewöhnlichen Kern-Plasma-Färbungen solche Zellen von LANGHANS. ARGAUD und DE BOISSEZON (1936) haben sie im *Sinus caroticus* des Pferdes in den Intimaverdickungen beschrieben. Neben diesen LANGHANS'schen Zellen, die man allgemein für ein Syncytium von Bindegewebszellen hält, kommen in der subendothelialen Schicht die bekannten, verästelten, glatten Muskelzellen vor. Beim Vergleichen der VAN GIESON-Schnitte mit den Methylenblaupräparaten bekommt man den Eindruck, dass dieses Syncytium LANGHANS'scher Zellen vielleicht mit den sich so besonders gut mit Methylenblau färbenden, interstitiellen Zellen identisch ist.

Mitteilungen über das Vorkommen von Nervelementen in der Intima der Ge-



Abb. 36. Sinus caroticus des Hundes. Zwei interstitielle Zellen in der subendothelialen Schicht. Die linke Zelle hat einen Fortsatz mit einer Endvaricosität, die mit einem periterminalen Netz sich eng an einen Kern einer Endothelzelle (End. K.) anschliesst.

Bei dem Vergleich der VAN GIESON-Schnitte mit den Methylenblaupräparaten bekommt man den Eindruck, dass dieses Syncytium LANGHANS'scher Zellen vielleicht mit den sich so besonders gut mit Methylenblau färbenden, interstitiellen Zellen identisch ist.

Mitteilungen über das Vorkommen von Nervelementen in der Intima der Ge-

fäße sind in der Literatur sehr selten. SMIRNOW (1895) sah unter dem Endothel der Atria des Herzens Nervennetze liegen, DOGIEL (1898) und sein Schüler SCHEMETKIN sahen sie in der Intima des Aortenbogens und der Lungenarterien. OKAMURA (1929) erwähnt das Vorkommen kleiner, sensibler Ganglienzellen in der Intima der Aorta und der Vena cava; es ist m.E. sehr wahrscheinlich, dass diese kleinen Ganglienzellen mit den interstitiellen Zellen von CAJAL identisch sind.

BOEKE (1933) beschreibt eine Nervenendigung in der Form eines kleinen Ringes im Protoplasma einer Endothelzelle von einer Kapillare, während nach STÖHR (1933) auch in der Intima der Blutgefäße das nervöse „Terminalreticulum“ vorkommt. NONDEZ (1937) beschreibt sensible Nervenendigungen in der dicken, subendothelialen Schicht der Venae cavae, die nach seinen Angaben den in der Adventitia des *Sinus caroticus* gelegenen völlig gleichen. Sie bilden kleine Endringe, die in engen Kontakt mit Endothelzellen und Muskelfasern treten. Er weist auf den innigen Verband der Fasern dieser Endigungen mit Zellen hin, die er für Fibroblasten hält, die jedoch meines Erachtens wahrscheinlich identisch mit den interstitiellen Zellen sind.

Aus dieser Beschreibung des Nervenapparates des *Sinus caroticus* folgt also, dass der Receptor für den Sinusreflex von HERING, der im folgenden Kapitel ausführlicher besprochen werden soll, nicht, wie die meisten Forscher angeben, nur aus sensiblen Endigungen, markhaltiger Nervenfasern besteht. Der *Sinus caroticus* besitzt vielmehr ein selbständiges, autonomes Nervennetz, das durch eine besondere Art peripherer, autonomer Ganglienzellen, den interstitiellen Zellen von CAJAL, gebildet wird. Markhaltige Fasern, vor allem von dem Ast des Nervus glossopharyngeus abstammend (dem Sinusnerven nach HERING), gehen mit diesem Nervennetz eine Verbindung ein, die histologisch derart ist, dass man vermuten kann, diese Verbindung sei funktionell eine synaptische.

Besonders die typischen Syncytia interstitieller Zellen zwischen den Lamellen elastischer und kollagener Fasern sind wahrscheinlich die Elemente, welche die Veränderung des Blutdruckes im *Sinus caroticus* percipieren können. Hierfür spricht die Beobachtung, dass sie mit membran dünnen, breiten Fortsätzen von neurofibrillärer Struktur den elastischen und kollagenen Lamellen entlang ausgebreitet sind. Ob auch die gefundenen Syncytia interstitieller Zellen in der Intima eine Rolle bei dem Zustandekommen des Sinusreflexes spielen, wird nur aus physiologischen und pharmakologischen Experimenten hervorgehen können.

## XI. Über die Beziehung zwischen Morphologie und Physiologie des Gebietes des *Sinus caroticus*, unter besonderer Berücksichtigung des Glomusgewebes.

Einige Forscher haben versucht, einen Einblick in die Funktion des *Glomus caroticum* zu gewinnen durch die Untersuchung der Folgeerscheinungen nach der operativen Entfernung. Ihre Befunde sind jedoch sehr verschieden.

BETKE (1915) experimentierte mit jungen Katzen und Hunden. Ungefähr 4—6 Wochen nach beiderseitiger Exstirpation der Carotisverzweigung traten folgende Erscheinungen auf: Die Tiere blieben im Wachstum hinter

den Kontrolltieren zurück, ermüdeten ausserdem schneller, das Haar fiel aus und die Haut wurde ungeschmeidig. Bei der Sektion der Tiere, die oft nach einigen Monaten starben, wurden am Knochensystem die wichtigsten Abweichungen gefunden; sie stimmten im allgemeinen in vieler Beziehung mit den bei Rhachitis vorkommenden überein. Weiter sah das Knochenmark gelber aus, als bei den Kontrolltieren, und nahm die Zahl der Follikel in der Milz ab. Nach BETKE weisen diese Erscheinungen darauf hin, dass das *Glomus caroticum*, neben einem regulierenden Einfluss auf den Blutdruck, einen solchen auf das Wachstum der Knochen und vielleicht über das Knochenmark auch auf die Blutbildung hat.

MASSAGLIA (1916) sah nach beiderseitigem Ausbrennen des *Glomus caroticum* oder Exstirpation der ganzen Carotisverzweigung bei Katze und Hund eine einige Tage anhaltende Glycosurie auftreten. Beim Kaninchen war das Resultat negativ; es muss dies der Tatsache zugeschrieben werden, dass bei diesem Tiere das Glomusgewebe zu zerstreut liegt, um es vollkommen entfernen zu können. Die auf diese Weise experimentell erzeugte Glycosurie ist nach MASSAGLIA vielleicht mit derjenigen zu vergleichen, welche nach einem Stich in den Boden des 4. Ventrikels auftritt (CLAUDE BERNARD).

FISCHER (1924) erhielt nach Exstirpation der ganzen Carotibifurkation bei seinen Versuchstieren denselben Symptomenkomplex und auch dieselben Störungen in der Knochenbildung wie BETKE. Ausserdem sah er eine Hypertrophie der Epithelkörperchen und der Nebennieren.

KLUG (1924) sah dagegen bei Hunden und Katzen, welche die genannte Operation gut überstanden hatten, die erwähnten Erscheinungen überhaupt nicht auftreten.

COLLAZO, RESA u. FERNANDEZ CRUZ (1935) erhielten jedoch wieder dieselben Erscheinungen wie BETKE und FISCHER. Diese Autoren konstatierten ausserdem bei den Versuchstieren nach Entfernung der „*Carotisdriisenzone*“ eine Hypercalcaemie. Wurden indessen bei diesen Tieren noch ausserdem die Epithelkörperchen entfernt, dann sank plötzlich der Calciumgehalt des Blutes stark ab. Die Ursache der Hypercalcaemie muss denn auch ihrer Meinung nach in der Parathyreoidea gesucht werden. Diese Untersucher glauben, dass eine funktionelle Korrelation zwischen diesem Reflexrezeptorengebiet und der Parathyreoidea besteht; so bleiben z.B. auch die tetanischen Krampfanfälle nach Parathyreoidektomie aus, wenn ausserdem die „*Carotisdriisenzone*“ entfernt wird.

Mit dem Obenstehenden stimmen die Befunde von GOORMAGHTIGH und HEYMANS (1931), dass bei Tieren nach Entnerven des *Sinus caroticus* und des Depressorgebietes von Aorta und Herz eine Hypertrophie der Epithelkörperchen auftritt, sehr gut überein.

Aus den obenbesprochenen Untersuchungen darf man jedoch nicht ohne weiteres Schlüsse über die Funktion des *Glomus caroticum* ziehen, da ausserdem das Receptorengebiet des *Sinus caroticus* ausgeschaltet ist.

Im Zusammenhange mit der Morphologie des *Glomus caroticum* sind zwei andere Untersuchungsrichtungen von mehr Bedeutung. Einige Autoren haben sich mit dem Studium der biologischen Wirksamkeit der Extrakte

des Glomusgewebes beschäftigt, während andere die von dem *Sinus caroticus*-Gebiete ausgehenden Reflexe untersuchten. Denn während bisher beide Untersuchungsrichtungen in der Physiologie und Pharmakologie völlig geschieden sind, wird man ihre Resultate jedoch, wie näher erklärt werden soll, von einem Gesichtspunkte aus betrachten können, wenn man weiss, dass das Glomusgewebe aus einem Syncytium besonderer, autonomer Ganglienzellen besteht.

MULON (1904) fand, dass Extrakte des Glomusgewebes vom Pferde, nach Injektion bei Meerschweinchen, Erhöhung des Blutdruckes verursachen. Der Extrakt hat nach diesem Autor eine Wirkung wie Adrenalin.

FRUGONI (1913) machte einen Extrakt von Glomusgewebe von Kälbern und studierte seine Wirkung, indem er Kaninchen damit einspritzte. Ausser allgemeinen Erscheinungen, die man nach dem Einspritzen von Extrakten aller möglichen Gewebearten auftreten sieht, bemerkte er eine spezifische Wirkung auf die Blutzirkulation. Eine kleine Dosis verursachte nach einer anfänglich geringen und kurzen Erhöhung des Blutdruckes eine wesentliche Hypotensie (von 15—40 mm Quecksilber), die lange anhielt und mit einer Verringerung der Herzschlagfrequenz gepaart ging. Ausserdem zeigte er die vasodilatatorische Wirkung dieser Extrakte an künstlich durchströmten Blutgefässen der Eingeweide und die hemmende Wirkung auf das ebenfalls künstlich durchströmte Herz. Sie wirken also umgekehrt wie Adrenalin. Obschon der Extrakt von Glomusgewebe Hypotensie erzeugt, darf man, nach seinen Angaben, hieraus noch nicht schliessen, dass das Glomusgewebe auch in vivo einen Stoff sezerniert, der unabhängig von Adrenalin regulierend auf den Blutdruck wirkt.

ASZODI und PAUNZ (1923) konnten weder mit Hilfe chemischer noch mit Hilfe biologischer Reaktionen Adrenalin im Extrakt des Glomusgewebes vom Pferde nachweisen.

CHRISTIE (1933) bereitete einen Extrakt aus einem Tumor des *Glomus caroticum* des Menschen. Er fand darin eine vasodepressorische Substanz, die jedoch nicht ganz mit Acetylcholin und Histamin-ähnlichen Stoffen identisch ist, da Atropin ihre Wirkung nicht unterdrückt. Er gab darum dieser wirksamen Substanz den Namen Carotidin. CHRISTIE bemerkt, dass das Vorhandensein einer vasodepressorischen Substanz im Extrakte eines Organes noch kein Beweis dafür ist, dass das betreffende Organ eine innersekretorische Funktion hat, denn man kann aus sehr verschiedenen Geweben, wie Gehirn, Eingeweide, Muskeln, eine solche Substanz bereiten. Sie kommt aber im *Glomus caroticum* in besonders grosser Menge vor. Aus dem *Glomus caroticum* von Elasmobranchii wurde ein Extrakt gewonnen, der zwei wirksame Bestandteile enthielt. Der eine hatte dieselbe Wirkung wie Adrenalin, der andere dagegen ergab denselben vasodepressorischen Effekt, wie der Extrakt des Tumors des *Glomus caroticum*. CHRISTIE bringt dies in Zusammenhang mit den beiden, im *Glomus caroticum* dieses Tieres vorkommenden, Arten von Zellen, deren eine chromaffin ist, die andere dagegen nicht.

Von den meisten Untersuchern wird also im Glomusgewebe eine vasodepressorisch wirkende Substanz gefunden. Aus den Untersuchungen von CHANG und GADDUM (1933) geht indessen hervor, dass, um in einem

Gewebeextrakt Acetylcholin nachzuweisen, besondere Sorgfalt beim Bereiten des Extraktes beobachtet werden muss. Man muss ihn ausserdem mit verschiedenen pharmakologischen Methoden untersuchen und die Resultate quantitativ miteinander vergleichen. Nur so kann man feststellen, in wie weit die vasodepressorische Wirkung von Glomusgewebeextrakt auf dem Vorhandensein von Acetylcholin beruht.

Nach der Entdeckung des Sinusreflexes von HERING ist auch das *Glomus caroticum* in das Studium der von diesem Gebiete ausgehenden Reflexe miteinbezogen. Der Sinusreflex im engeren Sinne besteht darin, dass eine Erhöhung des Blutdruckes im *Sinus caroticus* auf reflektorischem Wege eine Bradycardie und eine allgemeine Hypotensie verursacht, während eine Herabsetzung des Druckes im *Sinus caroticus* eine Beschleunigung des Herzschlages und eine allgemeine Hypertensie zur Folge hat.

DRÜNER (1925) meinte anfangs, dass das *Glomus caroticum* das Organ sei von dem der Sinusreflex ausginge, weil er keine besondere Struktur in der Wand des *Sinus caroticus* sah und diese seiner Meinung nach arm an Nervenfasern war.

DE CASTRO (1926) fand jedoch, dass die Wand des *Sinus caroticus* besonders reich an Nervenendigungen ist. Die Empfindlichkeit für Veränderungen im Blutdruck ist denn auch in der Adventitia des *Sinus caroticus* lokalisiert, und in dem beschriebenen Nervenapparat sieht er die peripheren Endigungen der zentripetalen Bahn des Sinusreflexes. Anfangs meinte er, dass das *Glomus caroticum* das Erfolgsorgan dieses Reflexes wäre und darauf durch Bildung eines Sekretes, das an das Blut abgegeben würde, reagiere. Im Jahre 1928 hat, wie bereits erwähnt, DE CASTRO seine Auffassung ganz geändert. Durch die Resultate einer experimentellen Untersuchung kam er zu der Überzeugung, dass das *Glomus caroticum* eine sensible Innervation besitzt und mit spezifischen, sensorischen Zellen versehen sein muss. Er stellte nun die Hypothese auf, dass das *Glomus caroticum* im Stande wäre, Veränderungen in der qualitativen Blutzusammensetzung zu percipieren; die Impulse, die es dadurch empfängt, sollten dann auf reflektorischem Wege andere Organe in ihrer Funktion beeinflussen. Die Nervenendigungen in der Sinuswand wären nur für Veränderungen im Blutdruck empfindlich; mit anderen Worten, die Sinuswand wäre die Stelle, an welcher der eigentliche Sinusreflex von HERING erzeugt würde.

Obwohl JAKOBOVICI, NITZESCU und POP (1928) auf Grund von Experimenten an 5 Menschen während chirurgischer Eingriffe die Meinung vertreten, dass der *Sinus caroticus*-Reflex von HERING durch Vermittlung des *Glomus caroticum* entsteht und also ein „reflexe glandulo-carotidien“ ist, wird von massgebenden Physiologen auf diesem Gebiet (unter anderen C. HEYMANS) im allgemeinen auf Grund von besonders hierfür angestellten Experimenten angenommen, dass die Wand des *Sinus caroticus* für Veränderungen im Blutdruck empfindlich ist (dass der eigentliche Sinusreflex von HERING also von dort ausgeht) und dass vom *Glomus caroticum* Reflexe ausgehen, die durch Veränderungen in der chemischen Blutzusammensetzung erzeugt werden.

DANIELOPOLU, ASLAN und MARCOU (1933) sind mit dieser Trennung in

Funktionen nicht einverstanden. Nach ihnen sind das *Glomus caroticum* und der *Sinus caroticus* beide sowohl für mechanische als auch für chemische Reize empfindlich. In der Wand des *Sinus caroticus* sollten die Nervenendigungen in der Adventitia empfindlich für Veränderungen im Blutdruck sein, im *Glomus caroticum* die Nervenendigungen in den Arterien des Organes. Die Veränderungen in der chemischen Blutzusammensetzung sollten im *Glomus caroticum* durch die sensiblen Endigungen des Organes selbst percipiert werden, in der Sinuswand jedoch durch die Nervenendigungen in der Wand der *Vasa vasorum*.

Es scheint mir nun möglich, dass sich experimentell feststellen liesse, dass auch von der Wand des *Sinus caroticus* Reflexe ausgehen können, die durch chemische, dem passierenden Blute zugefügte Stoffe erregt werden, da es sich bei meiner Untersuchung herausgestellt hat, dass bei verschiedenen Tieren zerstreute Anhäufungen von Glomuszellen in der Adventitia des *Sinus caroticus* vorkommen. Eine vollständige, topographische Trennung von Glomusgewebe und dem typischen Nervenapparat der Wand des *Sinus caroticus*, ist bei Experimenten sehr schwierig zu machen. Welche Rolle das Syncytium interstitieller Zellen, welches sich in der Intima des *Sinus caroticus* befindet und dessen Ausläufer Endigungen an den Endothelzellen bilden, beim Zustandekommen der verschiedenen Reflexe spielt, wird sich nur bei Experimenten, bei denen die Intima dieses Gebietes entfernt worden ist, herausstellen.

Es hat sich besonders in den letzten 10 Jahren herausgestellt, welche wichtige Rolle die Reflexe, die von dem *Sinus caroticus*-Gebiet und von dem analogen *Depressor*-Gebiet der *Aorta* ausgehen, im Leben spielen; sie wirken nicht nur auf die Funktion des Gefäßsystems, sondern haben ausserdem auf die Atmung, den Tonus und die Kontraktion der quergestreiften Muskeln, auf die Darmperistaltik und die Bewegungen der Pupille einen Einfluss.

Man kann im allgemeinen sagen (HERING, KOCH, HEYMANS), dass von diesen Gebieten aus auf reflektorischem Wege das Gleichgewicht zwischen dem parasympathischen und dem orthosympathischen Tonus reguliert wird. Veränderungen im Blutdruck und im Gehalte des Blutes an Sauerstoff, Kohlensäure u.s.w. werden hier percipiert, und erzeugen Reflexe, die das Gleichgewicht wieder herstellen. Auch verschiedene pharmakologische Stoffe üben einen stimulierenden Einfluss auf diese reflexogenen Zonen aus, u.a. Nicotin, Lobelin, Acetylcholin.

Das *Glomus caroticum* hat also in jedem Fall als rezeptorisches Organ einen wichtigen Anteil am Zustandekommen dieser Reflexe. Die Autoren, die sich mit dem Studium dieser Reflexe befassen, geben jedoch nicht an, dass es Anderen gelungen ist, eine vasodepressorische Substanz in Extrakten von Glomusgewebe nachzuweisen. Es wird jedenfalls nicht versucht, die Resultate beider Untersuchungsrichtungen miteinander in Beziehung zu bringen.

Auch die Morphologen sind in zwei Lager geteilt. Einige Autoren betrachten, im Anschluss an DE CASTRO, das *Glomus caroticum* nicht als ein Paraganglion, sondern als ein, mit sensiblen Nervenendigungen versehenes Organ, dessen Zellen mit den Zellen sensibler Endkörperchen zu vergleichen sind. Andere indessen, die an dem Paraganglioncha-

rakter festhalten, erkennen den Zellen eine innersekretorische Funktion zu.

PAJME nimmt an, dass diese Bildung und Abgabe von Stoffen durch die Zellen in der Form der von MASSON und BERGER aufgestellten Hypothese der Neurocrinie geschieht. Dieses wäre eine besondere Form von Endocrinie, bei der die gebildeten Stoffe nicht an die Blutbahn abgegeben werden, sondern durch Diffusion die in der Nähe liegenden Nerven und Nervenendigungen durchtränken und ihre Funktion so auf eine besondere Art beeinflussen (MASSON erkennt den argentaffinen Zellen im Darm eine solche neurocrine Funktion zu, BERGER (1923) den „cellules sympathicotropes“ aus dem Hilus des Ovarium, VAN CAMPENHOUT (1927) und SIMARD (1937) den Zellen der „complexes sympathico-insulaires“ im Pankreas).

GOORMAGHTIGH (1936) hält das *Glomus caroticum* wohl für ein parasympathisches (nicht chromaffines) Paraganglion, aber er will es im Hinblick auf die bisherigen Kenntnisse seiner Funktion, als sensorisches, parasympathisches Paraganglion von anderen vagalen Paraganglien trennen, die er in der Brust- und Bauchhöhle einer Maus antraf und die eine sezernierende Funktion haben, weil sie vermutlich mit efferenten Vagusfasern in Verbindung stehen. Die Funktion dieser letztgenannten Paraganglien mit Drüsennatur bringt er in Beziehung zu der besonders von ELLIOTT, LOEWI und DALE begründeten Ansicht über die neurohumorale Art der Übertragung des Nervenimpulses an seine periphere Endigung. Wir wissen aus ihren Arbeiten, dass bei Reizung von sympathischen Fasern an dieser Stelle Adrenalin freikommt, während bei Reizung von parasympathischen Fasern an der Stelle der Endigungen Acetylcholin entsteht. Diese Stoffe übertragen den Impuls auf das zu innervierende Gewebe. GOORMAGHTIGH will nun annehmen, dass es die Paraganglien sind, die durch Sekretion diese Neurohormone bilden. Er gibt (1935) an, dass beinahe bei jedem autonomen Ganglion ein Paraganglion liegt, dessen abführendes Blut das zugehörige Ganglion durchströmt. Auf diese Weise kämen die Neurohormone in das Ganglion. In seiner Veröffentlichung von 1936 gibt er an, dass die vagalen Paraganglien, die seiner Meinung nach mit efferenten Vagusfasern verbunden sind, das Acetylcholin ausscheiden, welches dann durch Diffusion nach dem, in einiger Entfernung liegenden, distalen Ende des Nerven gehen würde, sobald dieser stimuliert ist. Es scheint mir nun, dass die von GOORMAGHTIGH gemachte Trennung des *Glomus caroticum* von anderen vagalen Paraganglien auf Grund ihrer Funktion vorläufig zu wenig begründet ist, dass man aber ausserdem von morphologischer Seite auf falschem Wege ist, wenn man annimmt, dass im allgemeinen die Neurohormone von speziellen Drüsenzellen sezerniert werden. Weil nun die Neurophysiologen es annehmbar gemacht haben, dass diese Neurohormone an der Stelle der Übertragung des Nervenimpulses selbst gebildet werden (siehe u.a. FELDBERG und GADDUM, 1934), wird auch der Histologe, wenn in einem Gewebe Adrenalin oder Acetylcholin nachgewiesen werden kann, an erster Stelle seine Aufmerksamkeit der Nervenstruktur widmen müssen.

Gerade weil sich aus meiner Untersuchung ergeben hat, dass die Glomuszellen eine besondere Art autonomer Nervenzellen sind, lassen sich die Resultate der beiden verschiedenen Richtungen physiologischer und phar-

makologischer Untersuchungen gut kombinieren. Eine sensorische Funktion des *Glomus caroticum* ist dadurch wohl mit der Tatsache vereinbar, dass Extrakte aus diesem Gewebe eine spezifische, vasodepressorische Wirkung haben.

Die sensorische Funktion beruht jedoch nicht, wie DE CASTRO u. NONIDÉZ sich vorstellen, auf dem Vorkommen sensibler Endigungen in diesem Organ, sondern die Glomuszellen sind selbst eine besondere Art sensibler, autonomer Ganglienzellen. Wie der Nervenimpuls zentralwärts geleitet wird, kann jedoch nur sehr spekulativ schematisch angegeben werden. Man darf aber, wie ich glaube, wohl sagen, dass jedenfalls an der Stelle der Varicositäten des Perizellulärapparates eine „Umwertung“, oder anders ausgedrückt „eine synaptische Übertragung“ des Nervenimpulses zustandekommt.

Nun haben KIBJAKOW (1933), FELDBERG und GADDUM (1934), BARSOUM, GADDUM und KHAYAL (1934), CANNON und ROSENBLUETH (1937) gezeigt, dass bei Reizung einer praeganglionären Faser in einem autonomen Ganglion Acetylcholin frei wird; sie haben es annehmbar gemacht, dass diese Substanz die Übertragung des Nervenimpulses der praeganglionären Faser auf die Ganglienzelle zustande bringt und dass sie höchstwahrscheinlich an der Stelle der Synapse frei wird. CHANG und GADDUM (1933) haben Extrakte verschiedener Gewebe auf das Vorhandensein von Acetylcholin untersucht. Sie fanden u.a., dass Extrakte des Nervus sympathicus vom Pferde besonders reich an Acetylcholin sind, ein Befund, der nach ihnen die Auffassung unterstützt, dass dieser Stoff eine Rolle bei der Übertragung von Nervenimpulsen in einem autonomen Ganglion spielt.

Von diesem Standpunkte aus müssen wir, wie mir scheint, auch die Wirksamkeit von Extrakten des *Glomus caroticum* betrachten; es ist jedenfalls gewünscht, sie mit den von CHANG und GADDUM angegebenen Vorsorgen auf das Vorhandensein von Acetylcholin hin zu untersuchen. Denn man wird die Bildung dieser Stoffe nicht an den histologischen Begriff einer Drüsenzelle mit innersekretorischer Funktion festkoppeln dürfen, sondern von dem Standpunkt ausgehen müssen, dass es Produkte der nervösen Funktion des Glomusgewebes sind. Da ja die Glomuszellen Ganglienzellen sind, kann man sich vorstellen, dass genau wie bei gewöhnlichen, autonomen Ganglienzellen auch beim Durchgang eines Nervenimpulses durch das *Glomus caroticum* Acetylcholin freikommen kann.

HEYMANS, BOUCKART, SIDNEY FARBER und HSU (1936) zeigten, dass kleine Dosen Acetylcholin via die *Carotis communis* durch das *Sinus caroticus*-Gebiet gebracht, von hier aus Reflexe erregen, die die Atmung fördern und die Herztätigkeit hemmen. Auch dieser Befund ist — meiner Ansicht nach — mit der Tatsache in Einklang zu bringen, dass Glomuszellen Ganglienzellen sind, da FELDBERG und GADDUM fanden, dass kleine Dosen Acetylcholin autonome Ganglienzellen zum Auslösen eines Impulses reizen.

Aus all diesen Angaben ergibt sich, wie ich glaube, wohl deutlich, dass es für das Studium der Funktion des *Glomus caroticum* wichtig ist zu wissen, dass die Glomuszellen autonome Ganglienzellen sind. So ergeben sich neue Probleme für das Studium der Funktion des *Glomus caroticum*.

Ohne Zweifel werden Untersuchungen über die Art der Leitung des Nervenimpulses im *Glomus caroticum*, wie sie von KIBJAKOW, FELDBERG, GADDUM, CANNON und ROSENBLUETH am *Ganglion cervicale superius* und am *Ganglion mesentericum caudale* gemacht wurden, und ebenso die Untersuchung der Extraktwirkung, wie sie von CHANG und GADDUM an anderen Geweben angestellt wurde, unsere Kenntnisse von der Art der Funktion des Glomusgewebes bereichern. Da es sich gezeigt hat, dass es auf alle Fälle eine wichtige Rolle in dem Aufrechterhalten des funktionellen Gleichgewichtes im autonomen Nervensystem spielt, können solche Untersuchungen ebenfalls zu einer richtigen Einsicht in die Pathogenese und Therapie von Krankheiten führen, die auf einer Störung dieses Gleichgewichtes beruhen und die bei unseren Haustieren ziemlich viel vorkommen.

### ZUSAMMENFASSUNG.

#### **Glomus caroticum.**

##### MIKROSKOPISCH-ANATOMISCH.

In der Hauptsache wurde das *Glomus caroticum* des Pferdes untersucht. Bei diesem Tier kann meist nicht von einem abgegrenzten Organ gesprochen werden. Glomusgewebe kommt sehr zerstreut im Netzwerk von Nervenfasern zwischen der *Art. carotis externa* und *interna* vor und ausserdem in der Wand des *Sinus caroticus*. Es liegt jedoch immer im Verlaufe von Nervenfasern. Die grosse Anhäufung von Glomusgewebe, die immer im Teilungswinkel der *Art. carotis communis* liegt, ist aus Läppchen aufgebaut („Secundärknötchen“ von SCHAPER). Bindegewebssepten, in denen sehr viele, hauptsächlich markhaltige Nervenfasern liegen, dringen in die Lobuli hinein und geben hier immer feiner werdende Septen ab. Um die Läppchen herum und auch in ihren Bindegewebssepten liegt ein Netz von sinös erweiterten Venen. Die Glomuszellen sind zu Zellnestern und Zellsträngen angeordnet, die von sehr feinen Septen umgeben sind. Diese Septen bestehen hauptsächlich aus netzförmig zusammenhängenden Plasmasträngen mit ovalen bis runden Kernen, und nur wenig kollagenem Bindegewebe. Die Glomuszellen selbst sind stark verästelt, und die Fortsätze der verschiedenen Zellen hängen alle untereinander zusammen, sodass ein grosses Syncytium vorliegt. Die Plasmastränge mit ovalen bis runden Kernen, die um die Zellnester liegen, hängen kontinuierlich mit diesem Glomuszell-Syncytium zusammen. Beim Pferde liegen im Glomuszell-Syncytium immer Anhäufungen eines gelbbraunen, durchscheinenden Pigments.

Bei Hund und Schwein bilden die Glomuszellen nicht ein derartig regelmässiges, netzförmiges Syncytium. Man sieht bei diesen Tieren oft Bilder, in denen verschiedene Kerne in einer gemeinschaftlichen, mehr oder weniger vacuolisierten Protoplasmamasse liegen.

Bei gewöhnlichen Kern-Plasma-Färbungen fällt bereits der ausserordentliche Reichtum an Nervenfasern des Organes auf und man erhält ausserdem den Eindruck, als ob die Nervenfasern kontinuierlich in das Glomuszell-Syncytium übergehen.

## DIE ART DER GLOMUSZELLEN.

Diese ist nur mit Hilfe spezifischer Nervenfärbungsmethoden zu studieren. Es wurde hierfür die Silberimprägnierung nach BIELSCHOWSKY—GROS, die vitale Methylenblaufärbung und die Färbung der NISSL-Substanz gebraucht.

a) In BIELSCHOWSKY—GROS-Schnitten hat das ganze Protoplasma der Glomuszellen eine neurofibrilläre Struktur; die neurofibrillären Netzchen sind um die Kerne herum oft am dunkelsten imprägniert, während sie an der Oberfläche des Glomuszell-Syncytium meist eine hellere Farbe annehmen. Der syncytiale Verband kommt auch in solchen Silberpräparaten deutlich zum Ausdruck; die neurofibrillären Netzchen um die Kerne herum sind durch Neurofibrillenbündel, die in den miteinander anastomosierenden Fortsätzen der Zellen liegen, verbunden. Das Bild der Glomuszellen in Silberpräparaten stimmt mit dem der Neuroblasten, bzw. Sympathicoblasten, wie sie u.a. von CAJAL und HELD abgebildet sind, in vielen Punkten überein.

b) Die Glomuszellen färben sich vital mit Methylenblau genau so, wie wir das von den Ganglienzellen her kennen. Einmal ist das Plasma von deutlicher Netzstruktur, dann wieder ist es körnig oder homogen blau gefärbt; es verhält sich also bei dieser Färbung wie Neuroplasma.

c) Die Glomuszellen haben eine NISSL-Substanz von der feinkörnigen Form, wie sie in sympathischen Ganglienzellen vorkommt. Sie tritt sowohl bei der Färbung mit Methylgrün-Pyronin als auch mit Thionin sehr deutlich zutage; mit Thionin färbt sie sich einigermaßen metachromatisch. Auch die Kerne der Glomuszellen zeigen bei diesen Färbungen ein Bild, das mit dem der Kerne grosser autonomer Ganglienzellen völlig analog ist.

d) Markhaltige Nervenfasern, die in das *Glomus caroticum* hineingehen, verästeln sich, nachdem sie ihre Markscheiden verloren haben und bilden einen Perizellulärapparat auf den Glomuszellen, der mit demjenigen der grossen autonomen Ganglienzellen vollkommen übereinstimmt. Vor allem in Methylenblaupräparaten erscheint dieser Perizellulärapparat in der Form eines Nervenfasernetzes, welches oft sehr grosse Varicositäten, meist auf seinen Knotenpunkten, aufweist. Diese Varicositäten sind plasmatische Gebilde, die manchmal diffus blau gefärbt sind, aber auch oft eine feine Netzstruktur haben oder einen körnigeren Aspekt zeigen. Sie schliessen sich direkt dem Protoplasma der Zellen an. In Silberpräparaten tritt dieses perizelluläre Nervenfasernetz nicht in solch typischer Form hervor. Besonders, wenn die Präparate eine sehr elektive Neurofibrillenfärbung aufweisen und das Protoplasma, in dem sie liegen, nicht mitgefärbt ist, ist dieses Netzwerk von Nervenfasern mit seinen Varicositäten schwierig als solches zu erkennen, da die neurofibrilläre Struktur der Varicositäten sich unmittelbar an die der Glomuszellen anschliesst. In Präparaten die eine weniger feine Neurofibrillenimprägnierung aufwiesen und das Protoplasma des Glomuszell-Syncytium eine diffus graubraune Farbe angenommen hatte, waren jedoch manchmal Teile dieses Perizellulärapparates in Form von kleinen Ringen, Schleifen oder schwarz gekörnten Flecken in der oberflächlichen Schicht des Glomuszell-Syncytium zu sehen.

## SCHLUSSFOLGERUNG.

Aus diesen Untersuchungen hat sich ergeben, dass die Glomuszellen alle essentiellen morphologischen Eigenschaften von Ganglienzellen besitzen. Auch die Resultate von Degenerationsexperimenten, nämlich das Intaktbleiben der neurofibrillären Netze der Glomuszellen nach fünf bzw. fünf- undzwanzig Tage dauernder Degeneration der Nervenfasern, die in das *Glomus caroticum* hineindringen, spricht gleichfalls für die Ganglienzellnatur dieser Zellen. Daraus kann man also schliessen, dass die Glomuszellen periphere, kleine, syncytial zusammenhängende, autonome Ganglienzellen sind, mit denen die Endverästelungen der Nervenfasern durch einen Perizellulärapparat in Verbindung treten.

Physiologische und pharmakologische Experimente (DE CASTRO, HEYMANNS, BOUCKAERT und DAUTREBANDE) ergaben, dass das *Glomus caroticum* eine sensorische Funktion hat; qualitative Veränderungen in der Blutzusammensetzung werden dort percipiert. Hierdurch entstehen Reflexe, die regulierend auf das Gleichgewicht im autonomen Nervensystem wirken.

Vergleichen wir jetzt die Resultate dieser Experimente mit den Ergebnissen meiner morphologischen Untersuchungen, dann kann man wohl annehmen, dass die Glomuszellen ein Syncytium sensibilis, peripherer, autonomer Ganglienzellen bilden, das in sehr enger Verbindung mit den Blutgefässen steht. Die zentripetale Bahn der Reflexe, die hier ihren Ursprung haben, verläuft über Fasern, die mit diesem Syncytium durch einen Perizellulärapparat, also funktionell synaptisch verbunden sind. Es ist dies von Bedeutung als Grundlage für weitere experimentelle Untersuchungen der Funktion dieses für vegetative Lebensvorgänge sehr wichtigen, autonomen Nervengewebes. So sind in Extrakten von Glomusgewebe Substanzen nachgewiesen, die in ihrer Wirksamkeit viel Übereinstimmung zeigen mit der des Acetylcholins. Vielleicht konnte durch genauere Untersuchungen nun festgestellt werden, ob die Bildung dieser Substanzen im Glomusgewebe gleich zu stellen ist mit dem Freikommen von Acetylcholin in autonomen Ganglien, wenn durch diese ein Nervenimpuls geht, dass heisst, dass die Eigenschaften der Extrakte beurteilt werden müssen, ausgehend von den Kenntnissen des Entstehens und der Wirkung von Neurohormonen.

**Sinus caroticus.**

Der Bau des *Sinus caroticus* nähert sich an vielen Stellen demjenigen der Arterien des elastischen Typus. In den Räumen zwischen den Lamellen elastischer Fasern liegen Nervenetze, die aus einem Syncytium CAJAL'scher interstitieller Zellen bestehen.

Ausgehend von der Untersuchung von LEEUWE, der feststellte, dass die interstitiellen Zellen Ganglienzellen sind, und damit die ursprüngliche Auffassung von CAJAL von der Art dieser Zellen bestätigte, darf auch dieses Syncytium interstitieller Zellen in der Wand des *Sinus caroticus* als ein Syncytium peripherer, autonomer Ganglienzellen aufgefasst werden, auch im Hinblick auf sein Verhalten bei der vitalen Methylen-

blaufärbung und seine Struktur in Silberimprägnierungspräparaten. Mit dieser Auffassung stimmen auch die Resultate von Degenerationsexperimenten überein. Nach dem Durchschneiden der nach dem *Sinus caroticus* gehenden Nervenäste waren nach fünf und auch nach fünfundzwanzig Tagen alle dicken Nervenfasern mit ihren Verästelungen degeneriert; die interstitiellen Zellen jedoch, waren vollkommen normal und hatten ein völlig intaktes Neurofibrillennetz. Sie haben eine feine, meist netzförmig neurofibrilläre Struktur. An vielen Stellen bildet dieses Syncytium äusserst dünne, membranförmige Verbreiterungen, die den Lamellen elastischer Fasern entlang ausgebreitet sind und eine neurofibrilläre Netzstruktur aufweisen. Die meist markhaltigen Nervenfasern, welche in der oberflächlichen Schicht der Adventitia einen Plexus bilden, dringen in die Wand hinein und gehen mit ihrer Endverästelung eine Verbindung mit dem erwähnten Syncytium interstitieller Zellen ein.

Obwohl, namentlich in Silberpräparaten, mit elektiver Neurofibrillenimprägnierung die Neurofibrillen dieser Nervenäste kontinuierlich in das feine Neurofibrillennetz interstitieller Zellen übergehen, konnte sowohl in Silber- als auch in Methylenblaupräparaten beobachtet werden, dass die feinen Endäste dieser Nervenfasern Endigungen in Form kleiner Ringe und Schleifen besitzen, die sich mit einem kleinen, periterminalen Netzwerk an das feine Neurofibrillennetz dieses Syncytium interstitieller Zellen anschliessen.

Auch in der verdickten Intima kommt ein Netz interstitieller Zellen vor, welches sich an das Nervennetz der Adventitia anschliesst. Die Fortsätze dieser Zellen sind oft nach dem Endothel zu gerichtet und bilden dort Anschwellungen, an die sich ein periterminales Netz anschliesst, welches eine intime Verbindung mit den Endothelzellen eingetht.

#### SCHLUSSFOLGERUNGEN.

Als Receptor für den Sinusreflex von HERING muss ein Syncytium sensibler, interstitieller Zellen angesehen werden. Die zentripetale Bahn dieses Reflexes verläuft über Nervenfasern, deren Endverästelungen mit diesem Syncytium eine höchstwahrscheinlich funktionell synaptische Verbindung eingehen.

In wie weit auch das Syncytium interstitieller Zellen, das in der verdickten Intimawand angetroffen wird, beim Zustandekommen des Sinusreflexes eine Rolle spielt, kann nur durch weitere Experimente entschieden werden.

#### Literaturverzeichnis.

**Agduhr, E.:** 1932. Wachsplatten- und Glasrekonstruktionen. Zur Beleuchtung der früheren embryonalen Entwicklung des Glomus carotideum. Verh. Anat. Ges. 41. Versamml. Lund. Anat. Anz., Ergänz. H. zum 75. Bd., S. 233—234; **Akkeringa, L. J.:** 1929. Die Lage der Neurofibrillen am peripheren Ende der Nervenbahn. Zs. f. mikr. anat. Forschg., Bd. 19., S. 183—270; **Alezais et Peyron:** 1911. Histogénèse des paragangliomes carotidiens. Bull. assoc. franc. pour l'étude du cancer, T. 4, No. 4, p. 481; **Alezais et Peyron:** 1914. Un groupe nouveau de néoplasies de type neuroembryonnaire. Les parasympathomes carotidiens. Bull. ass. franc. pour l'étude du cancer, T. VII, p. 438—446; **Andersch, C. S.:** 1797. Tractatio anatomico-physiologica de nervis humani corporis aliquibus quam edit. E. Phil. ANDERSCH. Regiomont.

1797, II, p. 132 (zit. nach STILLING 1892); **Argaud, R. et de Boissezon, P.**: 1936. Structure du sinus carotidien chez le cheval. Ann. d'anat. path., T. 13, p. 1035—1038; **Argaud, R. et de Boissezon, P.**: 1936. Incertitudes histophysiologiques sur le corpuscule carotidien. Biol. medic., Vol XXVI, Année 34, p. 458—487; **Arnold, J.**: 1865. Ueber die Structur des Ganglion intercaroticum. Arch. Path. (VIRCHOW), Bd. 33, S. 190—209; **Arnold, J.**: 1865. Zwei Fälle von Hygroma colli cysticum congenitum und deren fraglichen Beziehung zu dem Ganglion intercaroticum. Arch. Path. (VIRCHOW), Bd. 33, S. 209—229; **Arnstein, C.**: Die Methylenblaufärbung als histologische Methode. Anat. Anz., II. Jahrg., S. 125—135 und S. 551—554; **Aszodi, Z. und Paunz, L.**: 1923. Chemisches über die Zugehörigkeit der Carotisdrüsen zu dem Adrenalsystem. Biochem. Zs., Bd. 136, S. 159—162; **Bacq, Z. M.**: 1935. La transmission chimique des influx dans le système nerveux autonome. Erg. Physiol., Bd. 37, p. 82—185; **Barsoum, G., Gaddum, J. H. and Khayal, M. A.**: 1934. The Liberation of a Choline Ester in the Inferior Mesenteric Ganglion. Jl. of Physiol., Vol. 82, 9 P; **Benninghoff, A.**: 1930. Die Arterien. Handb. d. mikr. Anat. des Menschen (v. MÖLLENDORFF), Bd. 6, T. 1, S. 49—131; **Benoit, A.**: 1928. Recherches sur l'origine et la signification du ganglion carotidien. Arch. Biol., T. XXXVIII, p. 219—247; **Berger, L.**: 1923. La glande sympathicotrope du hile de l'ovaire; ses homologues avec la glande interstitielle du testicule. Les rapports nerveux des deux glandes. Arch. d'anat. d'histol. et d'embr., Année 1923, T. II, p. 259—305; **Berger, L.**: 1930. La neurocrinie: considérations histologiques sur le mécanisme de la sécrétion interne. Presse méd., no. 101, p. 1729; **Berger, L.**: 1935. Coexistence de cellules sympathicotropes et de cellules phéochromes dans un testicule de nouveau-né. Arch. d'anat. micr., T. 31, p. 101—109; **Berkelbach van der Sprenkel, H.**: 1934. Nebenniere und Paraganglien. Handb. der vergl. Anat. der Wirbeltiere (BOLK, GÖPPERT), Bd. 2, 1. Hälfte, S. 777—816; **Betke**: 1915. Experimentelle Untersuchungen über die physiologische Bedeutung der Glandula carotica. BRUNS Beitr. klin. Chir., Bd. 95, S. 343—375; **Bielschowsky, M.**: 1928. Nervengewebe. Handb. mikr. Anat. des Menschen (v. MÖLLENDORFF), Bd. 4, T. 1, S. 1—201; **Boeke, J.**: 1932. In WILDER-PENFIELD, Cytology and Cellular Pathology of the Nervous System. Section VI, p. 274; **Boeke, J.**: 1933. Innervationsstudien III. Die Nervenversorgung des M. ciliaris und des M. sphincter iridis bei Säugern und Vögeln. Ein Beispiel plexiformer Innervation der Muskelfasern. Zs. f. mikr. anat. Forsch., Bd. 33, H. 2, S. 233—275; **Boeke, J.**: 1933. Innervationsstudien IV. Die efferente Gefässinnervation und der sympathische Plexus im Bindegewebe. Ebenda, Bd. 33, H. 2, S. 276—328; **Boeke, J.**: 1933. Innervationsstudien V. Der sympathische Grundplexus und seine Beziehungen zu den quergestreiften Muskelfasern und zu den Herzmuskelfasern. Ebenda, Bd. 34, H. 3, S. 330—378; **Boeke, J.**: 1934. Innervationsstudien VI. Der sympathische Grundplexus in seinen Beziehungen zu den Drüsen. Ebenda, Bd. 35, H. 4, S. 551—601; **Boeke, J.**: 1935. Innervationsstudien VII. Der sympathische Darmplexus (Plexus entericus) von Amphioxus lanceolatus und die Bedeutung der „Interstitiellen Zellen“ und der Synapsen für den sympathischen Grundplexus. Ebenda, Bd. 38, H. 4, S. 554—593; **Boissezon, P. de**: 1936. La trifurcation carotidienne et le corpuscule intercarotien du cheval. Ann. d'anat. path., T. 13, no. 6, p. 733—747; **Botár, J., et Pribék, L.**: 1935. Corpuscule paraganglionnaire dans l'orbite. Ann. d'anat. path., T. 12, p. 227—228; **Bouckaert, J. J., Dautrebande, L., Heymans**: 1931. Dissociation anatomophysiologique des deux sensibilités du sinus carotidien: sensibilité à la pression et sensibilité chimique. Ann. phys. physicoch. biol. VII, p. 207; **Boyd, J. D.**: 1937. The Development of the Human Carotid Body. Publ. 479 CARNEGIE Inst. Washington., p. 1—32; **Cajal, Ramon S.**: 1908. Nouvelles observations sur l'évolution des neuroblastes avec quelques remarques sur l'hypothèse neurogénétique de HENSEN-HELD. Anat. Anz., Bd. 32, S. 1—25; **Cajal, Ramon S.**: 1909/1911. Histologie du système nerveux. Ed. Maloine, Paris; **Campenhout, E. van**: 1925. Etude sur le développement et la signification morphologique des flots endocrines du pancréas chez l'embryon de mouton. Arch. biol., T. XXXV, p. 45—88; **Campenhout, E. van**: 1927. Contributions à l'étude de l'histogénèse du pancréas chez quelques mammifères. Les complexes sympathico-insulaires. Arch. biol., T. 37, p. 121—171; **Cannon, W. B. and Rosenblueth, A.**: 1937. The Transmission of Impulses through a Sympathetic

- Ganglion. Amer. J. Phys., Vol. 119, Nr. 2, p. 221—235; **Castro, F. de**: 1926. Sur la structure et l'innervation de la glande intercarotidienne (glomus caroticum) de l'homme et des mammifères, et sur un nouveau système d'innervation autonome du nerf glosso-pharyngien. Trav. lab. de rech. biol. MADRID, T. XXIV, p. 365—432; **Castro, F. de**: 1928. Sur la structure et l'innervation du sinus carotidien de l'homme et des mammifères. Nouveaux faits sur l'innervation et la fonction du glomus caroticum. Trav. lab. de rech. biol. MADRID, T. XXV, p. 331—380; **Castro, F. de**: 1929. Über die Struktur und Innervation des Glomus caroticum beim Menschen und bei den Säugetieren. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 89, H. 3, S. 250—265; **Chang, H. C.** and **Gaddum, J. H.**: 1933. Choline Esters in Tissue Extracts. J. of Phys., Vol. 79, p. 255—285; **Chase, W. H.**: 1933. Familial and bilateral Tumors of the Carotid Body. J. of Path. and Bact., Vol. XXXVI, No. 1, p. 1—11. **Christie, R. V.**: 1933. The Function of the Carotid Gland (Glomus Caroticum). I. The Action of Extracts of a Carotid Gland Tumor in Man. II. The Action of Extracts of the Carotid Gland of the Elasmobranchs. Endocrin., Vol. 17, p. 421 and p. 433; **Cole, E. C.**: 1925. Anastomosing Cells in the Myenteric Plexus of the Frog. J. of Comp. Neurol., Vol. 38, p. 375; **Collazo, J. A., Resa, R., Fernandez Cruz, A.**: 1935. Hypercalcämische und antitetanische Wirkung der Exstirpation der „Carotisdrüsenzone“. Klin. Ws., Jg. 14, Nr. 21, S. 748—749; **Costa, A. Celestino da**: 1935. Sur les rapports entre les ébauches du corpuscule carotidien et du sympathique cervical chez les Cheiroptères. C. R. ass. anat. 30, Montpellier, p. 90—94; **Costa, A. Celestino da**: 1936. Sur les éléments paraganglionnaires des embryons des mammifères. C. R. ass. anat., IVe Congres Féd. intern. anat. 31e Réun., Milan; **Costa, A. Celestino da**: 1936. Les paraganglions cervicaux des embryons des Cheiroptères. C. R. soc. biol., T. 122, p. 242; **Dale, H. H.**: 1934. The Chemical Transmission of Nerve Impulses. Science (N.Y.), p. 450; **Dale, H. H., Feldberg, W.** and **Vogt, M.**: 1936. Release of Acetylcholine at Voluntary Motor Nerve Endings. J. of Phys., Vol. 86, p. 353—380; **Danielopolu, D., Aslan, A.** et **Marcou, I.**: 1933. Le siège d'action du facteur mécanique et du facteur chimique dans la sensibilité sino-carotidienne. J. de phys. et de path. gén., T. XXXI, No. 2, p. 338—347; **Dogiel, A. S.**: 1894. Die Nervenendigungen in den Nebennieren der Säugethiere. Arch. Anat. Entw. Gesch., Jahrg. 1894, S. 90—103; **Dogiel, A. S.**: 1895. Zur Frage über den feineren Bau des sympathischen Nervensystems bei den Säugethieren. Arch. mikr. Anat. Entw. Gesch., Bd. 46, S. 305—344; **Dogiel, A. S.**: 1895. Zur Frage über die Ganglien der Darmgeflechte bei den Säugetieren. Anat. Anz., Bd. 10, S. 517—528; **Dogiel, A. S.**: 1898. Die sensibelen Nervenendigungen im Herzen und den Blutgefässen der Säugethiere. Arch. Mikr. Anat. Entw. Gesch., Bd. 52, S. 44—79; **Dowgjallo, N. D.**: 1926. Materialien zur Frage der Gefässinnervation. Anat. Anz., Bd. 61, S. 466—479; **Dowgjallo, N. D.**: 1932. Beiträge zur Lehre von der Innervation des peripherischen Blutgefässsystems. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 97, S. 9—54; **Drüner, L.**: 1925. Über die anatomischen Unterlagen der Sinusreflexe HERING's. D. med. Ws., Jahrg. 51, Nr. 14, S. 559—560; **Elliott, T. R.**: 1913. The Innervation of the Adrenal Glands. J. of Phys., Vol. 46, p. 285—290; **Esveid, L. W. van**: 1928. Über die nervösen Elementen in der Darmwand. Zs. mikr. anat. Forschg., Bd. 15, H. 1/2, S. 1—42; **Fedorow, B. G.**: 1935. Essai de l'étude intravitale des cellules nerveuses et des connexions interneuronales dans le système nerveux autonome. Trav. lab. de rech. biol. Madrid, T. XXX, p. 403—434. **Fedorow, B. G.** et **Matwejewa, S. J.**: 1935. La structure des connections interneuronales dans le système nerveux autonome de la grenouille. Ebenda, T. XXX, p. 379—401. **Feldberg, W.** and **Gaddum, J. H.**: 1934. The Chemical Transmitter at Synapses in a Sympathetic Ganglion. J. of Phys., Vol. 81, p. 305—309; **Feldberg, W.** und **Minz, B.**: 1934. Das Auftreten eines acetylcholinartigen Stoffes im Nebennierenvenenblut bei Reizung der Nervi splanchnici. Arch. ges. Phys. (PFLÜGER), Bd. 233, S. 657—682; **Fischer, W.**: 1924. Über die Function der Carotisdrüse. Zs. ges. exp. Med., Bd. 39, S. 477—486; **Frugoni, C.**: 1913. Etudes sur la glande carotidienne de LUSCHKA. Arch. Ital. Biol., T. LIX (Pisa), p. 208—212; **Fusari, R.**: 1891. De la terminaison des fibres nerveuses dans les capsules surrénales des mammifères. Arch. Ital. Biol., T. XVI, p. 262—275; **Glaser, W.**: 1914. Über die Nervenverzweigungen innerhalb der Gefässwand. D. Zs. Nervenheilk., Bd. 50, S. 305; **Glaser, W.**: 1914. Die Nerven

in den Blutgefäßen des Menschen. Arch. Anat. Phys. (Anat. Abt.), Jahrg. 1914, S. 189—196; **Glaser, W.**: 1924. Die Innervation der Blutgefäße. In **MÜLLER, L. R.** Die Lebensnerven, S. 191—211; **Glaser, W.**: 1926. Die intramurale Innervation der Kranzgefäße. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 79, S. 797—804; **Goormaghtigh, N.**: 1928. L'évolution du tissu paraganglionnaire après la naissance. C. R. assoc. anat., 23ième réun. Prague, p. 1—4; **Goormaghtigh, N.**: 1931. La sclérose vasculaire rénale expérimentale du lapin (après énévation du sinus carotidien et section des nerfs dépresseurs aortiques). Ann. d'anat. path., T. VIII, p. 585—603; **Goormaghtigh, N.**: 1935. Sur l'existence de paraganglions vagues. C. R. soc. biol., T. 120, p. 1348—1350; **Goormaghtigh, N.**: 1935. Les glandes annexes du système nerveux autonome. Bruxelles medic., No. 2, Nov. 1935, p. 1—7; **Goormaghtigh, N.**: 1936. On the Existence of Abdominal Vagal Paraganglia in the Adult Mouse. Jl. of Anat., Vol. LXXI, p. 77—90; **Goormaghtigh, N.** et **Heymans, C.**: 1931. Hypertrophie parathyroïdienne après énévation du sinus carotidien et de la zone cardio-aortique. C. R. soc. biol., T. 116, p. 474—477; **Goormaghtigh, N.** et **Pannier, R.**: 1936. Contribution à la localisation anatomique de la zone vasosensible de la région cardio-aortique. C. R. soc. biol., T. 121, p. 88—89; **Gosses, J.**: 1936. Het Glomus Caroticum. Diss., Amsterdam; **Grünstein, N.**: 1896. Über den Bau der grösseren menschlichen Arterien in verschiedenen Altersstufen. Arch. mikr. Anat. Entw. Gesch., Bd. 47, S. 583—654; **Haller,**: 1743. De vera origine nervi intercostalis. Göttingen, 1743 (zit. nach **LUSCHKA**, 1862); **Held, H.**: 1909. Die Entwicklung des Nervengewebes bei den Wirbeltieren. Leipzig, Verl. Joh., Ambrosius Barth; **Heppner**: 1869. Über den feineren Bau der Glandula carotica. Arch. Path. (VIRCHOW), Bd. XLVI, H. 4, S. 401—408; **Hering, H. E.**: 1927. Die Karotissinusreflexe auf Herz und Gefäße. Verl. Th. Steinkopf; **Hering, H. E.**: 1932. Der Blutdruckzoglertonus in seiner Bedeutung für den Parasympathikustonus und Sympathikustonus. Verl. Thieme, Leipzig; **Heringa, G., C.**: 1920. Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des sensiblen peripheren Nervensystems. Verh. Kon. Acad. Wetensch. Amsterdam, Deel XXI, No. 1, S. 1—130; **Heymans, C., Bouckaert, J. J.** et **Regniers, P.**: 1933. Le sinus carotidien et la zone homologue cardio-aortique. Ed. Doin et Cie, Paris; **Heymans, C., Bouckaert, J. J., Farber, S.** et **Hsu, F. J.**: 1936. Influence réflexogène de l'acétylcholine sur les terminaisons nerveuses, chimio-sensitives du sinus carotidien. Arch. intern. pharmacod. et ther., vol. LIV, p. 129—135; **Jacobovici, J., Nitzescu, I.** et **Pop, A.**: 1928. Sur la fonction de la glande (paraganglion) carotidienne. La glande et le réflexe du sinus carotidien. C. R. soc. biol., T. 98, p. 732—735; **Jalowy, B.**: 1934. Über die Herkunft und die Bedeutung der LANGERHANN'schen Zellen in den Sinushaaren. Bull. Akad. Polonaise, classe sci. math. et nat., série B., p. 209—224; **Kedrowsky, B.**: 1935. Sur la réalité des structures fibrillaires dans la cellule nerveuse vivante. Arch. d'anat. micr., T. 31, fasc. 3, p. 451—458; **Kibjakow, A. W.**: 1933. Über humorale Übertragung der Erregung von einem Neuron auf das Andere. Arch. ges. Phys. (PFLÜGER), Bd. 232, S. 432—443; **Klug**: 1924. Über die Carotisdrüse. BRUNS' Beitr. klin. Chir., Bd. 131, S. 531—556; **Kofmann, V.**: 1935. Zur Innervation des Paraganglion aorticum abdominalne bei einigen Säugetieren. Zs. Anat. und Entw. Gesch., Bd. 105, S. 305—315; **Kofmann, V.**: 1937. Die Innervationsstruktur des Paraganglion aorticum abdominale. Anat. Anz., Bd. 84, S. 120—134; **Kohn, A.**: 1900. Über den Bau und die Entwicklung der sog. Carotisdrüse. Arch. mikr. Anat. Entw. Gesch., Bd. 56, S. 81—148; **Kohn, A.**: 1902. Das chromaffine Gewebe. Erg. Anat. Entw. Gesch., Bd. XII, S. 253—348; **Kolossow, N. G.**: 1930. Zur Frage der Innervation der Nebennieren. Zs. mikr. anat. Forsch., Bd. 20, S. 107—121; **Kolossow, N. G.** und **Sabussow, G. M.**: 1929. Beiträge zum Studium der sympathischen und spinalen Ganglien einiger Reptilien und Vögel. Die Ganglien von Emys europaea, Anser cinereus L., und Columba livia L. Zs. mikr. anat. Forsch., Bd. 18, S. 5—36; **Kon, Y.**: 1933. Über die Silberreaction der Zellen. IV. Fischer, Jena; **Kondratjew, N.**: 1931. Über die „kurzen“ Bahnen des autonomen Nervensystems. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 95, S. 143—170; **Langhans, Th.**: 1866. Beiträge zur normalen und pathologischen Anatomie der Arterien. Arch. Path. (VIRCHOW), Bd. 36, S. 187—226; **Lapinsky, M.**: 1905. Über die Gefässinnervation der Hundepfote. Arch. mikr. Anat. Entw. Gesch., Bd. 65, S. 623—647; **Lapinsky, M.**: 1913. Zur

Innervation der Hirngefäße. Arch. Anat. Phys. (Anat. Abt.), Jahrg. 1913, Suppl. Bd., S. 163—171; **Lawrentjew, B.**: 1914. Zur Frage der Morphologie und Verteilung der Nervenendigungen in der weiblichen Urethra. Intern. Monatsschr. Anat. Phys., Bd. 30, S. 337—362; **Lawrentjew, B. J.**: 1925. Über die Erscheinungen der Degeneration und Regeneration im sympathischen Nervensystem. Zs. mikr. anat. Forschg., Bd. 2, S. 201—223; **Lawrentjew, B. J.**: 1926. Über die Verbreitung der nervösen Elemente (einschliesslich der „interstitiellen Zellen“ Cajals) in der glatten Muskulatur, ihre Endigungsweise in den glatten Muskelzellen. Zs. mikr. anat. Forschg., Bd. 6, S. 467—488. **Lawrentjew, B. J.**: 1927. Die Faserendigungen des N. vagus in Säugetierherzen. Anat. Anz., Bd. 64, S. 59—62; **Lawrentjew, B. J.**: Experimentell-morphologische Studien über den feineren Bau des autonomen Nervensystems. 1929. I. Beteiligung des Vagus an der Herzinnervation. Zs. mikr. anat. Forschg., Bd. 16, S. 383—411; 1929. II. Über den Aufbau der Ganglien der Speiseröhre nebst einigen Bemerkungen über das Vorkommen und die Verteilung zweier Arten von Nervenzellen in dem autonomen Nervensystem. Ebenda, Bd. 18, S. 233—262; **Lawrentjew, B. J.** und **Iljina, W. J.**: 1932. III. Über die Innervation der Harnblase. Ebenda, Bd. 30, S. 543—549; **Lawrentjew, B. J.**: 1934. IV. Weitere Untersuchungen über die Degeneration und Regeneration der Synapsen. Ebenda, Bd. 35, S. 71—118; **Leeuwe, H.**: 1937. Over de interstitieele cel (Cajal). Een onderzoek van de periphere sympathicus met behulp van de vitale methyleenblauwkleuring. Diss., Utrecht; **Leontowitsch, A.**: 1901. Die Innervation der menschlichen Haut. Intern. Monatsschr. Anat. Phys., Bd. 18, S. 142—310; **Leontowitsch, A.**: 1930. Über die Ganglienzellen der Blutgefäße. Zs. Zellforschg. und mikr. Anat., Bd. 11, H. 2, S. 23—45; **Luschka, H.**: 1862. Über die drüsenartige Natur des sogenannten Ganglion intercaroticum. Arch. Anat. Phys., Jahrg. 1862, S. 405—414; **Marchand, F.**: 1891. Beiträge zur Kenntniss der normalen und pathologischen Anatomie der Glandula carotica und der Nebennieren. Intern. Beitr. Wissensch. Med., Festschr. R. VIRCHOW, Bd. 1, S. 537—581; **Massaglia, A.**: 1916. Über die Function der sogenannten Carotisdrüse. Frankf. Zs. Path., Bd. 18, H. 2, S. 333—347; **Masson, P.**: 1924. Appendicite neurogène et carcinoides. Ann. d'anat. path., T. 1., S. 3—59; **Masson, P.**: 1937. Les glomus neuro-vasculaires. Actual. scient. et industr. No. 453. Ed. Hermann et Cie, Paris; **Meyling, H. A.**: 1936. The Glomus Caroticum and the Sinus Caroticus of the Horse. Proc. Kon. Acad. Wetensch. Amsterdam, Vol. XXXIX, No. 5, p. 706—713; **Michailow, S.**: 1911. Der Bau der zentralen sympathischen Ganglien. Intern. Monatschr. Anat. Phys., Bd. 28, S. 26—115; **Michels, N. A.**: 1935. The Plexus Omentalis and its relation to Capillary Innervation in the Omentum of the Rabbit. Am. Jl. Anat., Vol. 57, Nr. 2, p. 205—258; **Milcou, St. M.**: 1930. Peut on classer le ganglion carotidien parmi les paraganglions. C. R. soc. biol., T. 105, p. 55—58; **Mönckeberg, J. G.**: 1905. Die Tumoren der Glandula carotica. Beitr. path. Anat. (ZIEGLER), Bd. 38, S. 1—66; **Muller, L. R.**: 1924. Die Lebensnerven. Verl. Springer, Berlin; **Mulon, P.**: 1904. Spécificité de la réaction chromaffine: glandes adrénalogènes. C. R. soc. biol. Année 56, T. 1, p. 113—115; **Muratori, G.**: 1932. Contributo all' innervazione del tessuto paragangliare annesso al sistema del vago (glomus-carotico, paragangli extravagali ed intravagali) e all'innervazione del sino carotidea. Anat. Anz., Bd. 75, S. 115—123; **Muratori, G.**: 1933. Ricerche istologiche sull' innervazione del glomo carotico. Arch. ital. anat. embr., Vol. 30, p. 573—602; **Muratori, G.**: 1934. Contributo istologico all'innervazione della zona arteriosa glomo-carotidea. Arch. ital. anat. embr., Vol. 33, p. 421—442; **Muratori, G.**: 1937. Contributi morfologici allo studio dei recettori aortico-arteriosi dei riflessi cardiopressoregolatori. Arch. ital. anat. embr., Vol. 38, p. 387—472; **Nonidez, J. F.**: 1935. The Aortic (Depressor) Nerve and its Associated Epithelioid Body, the Glomus Aorticum. Amer. Jl. Anat., Vol. 57, Nr. 2, p. 259—293; **Nonidez, J. F.**: 1935. The Presence of Depressor Nerves in the Aorta and Carotid of Birds. Anat. Rec., Vol. 62, p. 47—73; **Nonidez, J. F.**: 1936. Observations on the Bloodsupply and the Innervation of the Aortic Paraganglia of the Cat. Jl. of Anat., Vol LXX, p. 215—224; **Nonidez, J. F.**: The Nervous „Terminal Reticulum“. A Critique. 1936. I. Observations on the Innervation of the Blood Vessels. Anat. Anz., Bd. 82, S. 348—366; **Nonidez, J. F.**: 1937. II. Observations on the Autonomic Ganglia and Nerves with special Reference

to the Problem of the Neuro-Neuronal Synapses. *Anat. Anz.*, Bd. 84, S. 315—329; **Nonidez, J. F.**: 1937. Identification of the Receptor Areas in the Venae Cavae and Pulmonary Veins which initiate Reflex Cardiac Acceleration (BRAINBRIDGE'S Reflex). *Amer. Jl. of Anat.*, Vol. 61, p. 203—223; **Nordmann, M.**: 1929. Die pathologisch-anatomischen Folgen des chronischen Hochdrucks nach experimentellen Dauer-ausschaltung der Blutdruckzügler. *Krankh. Forschg.*, Bd. 7, S. 268—288; **Okamura, Ch.**: 1929. Über die Ganglienzellen in der Herzwand. *Zs. Anat. Entw. Gesch.*, Bd. 89, S. 344—366; **Okamura, Ch.**: 1929. Über den Nervenapparat der Gefäßwand. *Ebenda*, Bd. 91, S. 528—537; **Okamura, Ch.**: 1930. Über den Nervenapparat der Respirationsorgane. *Ebenda*, Bd. 92, S. 20—26; **Okamura Ch.**: 1937. Die Ganglien in der Wand der Bronchien und Alveolen von Mammaliern und Amphibien. *Zs. mikr. anat. Forschg.*, Bd. 41, S. 627—639; **Oudendal, A. J. F.**: 1912. Über den Zusammenhang der Ausläufer der Korbzellen mit den Zellen von PURKINJE in der Rinde des Kleinhirns. *Psych. en Neurol. Bladen*, No. 1, S. 1—11; **Palme, F.**: 1934. Die Paraganglien über dem Herzen und im Endigungsgebiet des Nervus depressor. *Zs. mikr. anat. Forschg.*, Bd. 36, S. 391—420; **Paltauf, R.**: 1892. Über Geschwülste der Glandula carotica nebst einem Beitrage zur Histologie und Entwicklungsgeschichte derselben. *Beitr. path. Anat. (ZIEGLER)*, Bd. 11, S. 260—301; **Pannier, R.**: 1935. Données générales sur le système ganglionnaire et paraganglionnaire du coeur. *C. R. soc. biol.*, T. CXX, p. 1350—1353; **Paunz, L.**: 1923. Pathologisch-anatomische Veränderungen der Carotisdrüse. *Arch. Path. (VIRCHOW)*, Bd. 241, S. 76—115. **Penitschka, W.**: 1931. Paraganglion aorticum supracardiale. *Zs. mikr. anat. Forschg.*, Bd. 24, S. 24—37; **Pines, L.**: 1924. Über die Innervation des chromaffinen Gewebes des Sympathicus und über das sympathico-chromaffine System im allgemeinen. *Arch. Psych. und Nervenkrankh.*, Bd. 70, S. 636—647; **Pines, L.**: 1931. Allgemeine Ergebnisse unserer Untersuchungen über die Innervation der innersekretorischen Organe. *Arch. ges. Phys. (PFLUGER)*, Bd. 228, S. 373—390; **Pines, L. und Narowtschatowa, K.**: 1931. Über die Innervation der Nebennieren. *Zs. mikr. anat. Forschg.*, Bd. 25, S. 518—538; **Prenant, A.**: 1894. Contribution à l'étude du développement organique et histologique du thymus, de la glande thyroïde et de la glande carotidienne. *La Cellule*, T. X, p. 87—178; **Rabl, H.**: 1922. Die Entwicklung der Carotisdrüse beim Meerschweinchen. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. 96, S. 315—339; **Rachmanow, A. W.**: 1901. Zur Frage der Nervenendigungen in den Gefäßen. *Anat. Anz.*, Bd. 19, S. 555—558; **Riegele, L.**: 1928. Die Nerven des Glomus caroticum beim Menschen mit kurzer Übersicht über den histologischen Aufbau des Organs. *Zs. Anat. Entw. Gesch.*, Bd. 86, S. 142—167; **Rijnders, H.**: 1933. Over de Innervatie van de Halsslagaders. *Diss.*, Amsterdam; **Schabadasch, A.**: 1934. Studien zur Architektonik des vegetativen Nervensystems. I. Neue intramurale Nervengeflechte der Harnblase und des Harnleiters. *Zs. Zellforschg. und mikr. Anat.*, Bd. 21, S. 657—732; **Schaper, A.**: 1892. Beiträge zur Histologie der Glandula carotica. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. 40, S. 287—320; **Seto, H.**: 1935. Über zwischen Aorta und Arteria pulmonalis gelegenen Herzparaganglien. *Zs. Zellforschg. und mikr. Anat.*, Bd. 22, S. 213—231; **Sevki, K.**: 1934. Über eine besondere Granulation der chromaffinen Markzellen der Nebenniere, ihre Beziehung zur Chromaffinität und ihr Vorkommen im Phäochromozytom. *Arch. Path. (VIRCHOW)*, Bd. 294, S. 65—71; **Simard, L. C.**: 1937. Les complexes néuro-insulaires du pancréas humain (neurocrinie et fonction paraganglionnaire). *Arch. d'anat. micr.*, T. 33, p. 49—64; **Smirnow, A.**: 1890. Die Struktur der Nervenzellen im Sympathicus der Amphibien. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. 35, S. 407—424; **Smirnow, A.**: 1895. Über die sensibelen Nervenendigungen im Herzen bei Amphibien und Säugethieren. *Anat. Anz.*, Bd. 10, S. 737—749; **Smith, Chr.**: 1924. The Origin and Development of the Carotid Body. *Amer. Jl. Anat.*, Vol. 34, p. 87—125; **Szepsenwohl, J.**: 1935. Sur l'origine du glomus caroticum chez les embryons d'oiseaux (canard). *C. R. assoc. anat.*, 30ième, réün. Montpellier, p. 469—477; **Stilling, H.**: 1892. Du ganglion intercarotidien. *Rec. inaug. de l'Université de Lausanne. Trav. des Facultés*, p. 321—331; **Stilling, H.**: 1899. Die chromophilen Zellen und Körperchen des Sympathicus. *Anat. Anz.*, Bd. 15, S. 229—233; **Stöhr, Ph., Jr.**: 1928. Das peripherische Nervensystem. *Handb. mikr. Anat. (MÖLLENDORFF)*, Bd. 4, Teil 1, S. 143—447; **Stöhr, Ph., Jr.**: 1928.

Mikroskopische Anatomie des vegetativen Nervensystems. Verl. Springer, Berlin; **Stöhr, Ph., Jr.:** 1933. Zur Nervenversorgung der Blutgefäße. D. med. Ws., Bd. 59, S. 1626—1629; **Stöhr, Ph., Jr.:** 1935. Zur Innervation der menschlichen Nebenniere. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 104, S. 475—490; **Stöhr, Ph., Jr.:** 1935. Beobachtungen und Bemerkungen über die Endausbreitung des vegetativen Nervensystems. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 104, S. 133—158; **Stöhr, Ph., Jr.:** 1937. Mikroskopische Studien zur Innervation des Magen-Darmkanals, IV. Zs. Zellforsch. und mikr. Anat., Bd. 27, S. 341—392; **Sunder-Plassmann, P.:** 1930. Untersuchungen über den Bulbus carotidis bei Mensch und Tier im Hinblick auf die „Sinusreflexe“ nach HERING; ein Vergleich mit anderen Gefäßstrecken; die Histopathologie des Bulbus carotidis; das Glomus caroticum. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 93, S. 567—622; **Sunder-Plassmann, P.:** 1933. Über neuro-vegetative Receptorenfelder im Kreislaufregulationsmechanismus und durch deren Ausschaltung experimentell erzeugte, morphologisch fassbare Veränderungen im sympathischen Nervensystem. Zs. ges. Neurol. Psych., Bd. 147, S. 414—447; **Sunder-Plassmann, P.:** 1933. Über nervöse Receptorenfelder in der Wand der intrapulmonalen Bronchien des Menschen und ihre klinische Bedeutung, insbesondere ihre Shockwirkung bei Lungenoperationen. D. Zs. Chir., Bd. 240, S. 249—268; **Svitzer, E.:** 1863. Untersuchungen über das Ganglion intercaroticum. Kopenhagen (zit. nach BERKELBACH VAN DER SPRENKEL, 1934); **Swinyard, C. A.:** 1937. The Innervation of the Suprarenal Gland. Anat. Rec., Vol. 68, p. 417; **Tello, F.:** 1924. Développement et terminaison du nerf dépresseur. Trav. lab. rech. biol. Madrid, T. XXII, p. 295—308; **Terni, T.:** 1931. Simpatico cervicale degli amnioti (Ricerche di morfologia comparata). Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 96, S. 289—426; **Timofeew, D.:** 1898. Beobachtungen über den Bau der Nervenzellen der Spinalganglien und des Sympathicus der Vögel. Intern. Monatschr. Anat. Phys., Bd. 15, S. 259—268 und 273—281; **Tschernjachiwsky, A.:** 1930. Note sur le développement du système nerveux du coeur, la terminaison du nerf dépresseur et l'innervation du sinus carotidien. Trav. lab. rech. biol. Madrid, T. XXVI, p. 75—98; **Tschernjachiwsky, A.:** 1932. Sur les granulations argentophiles des cellules médullaires de la capsule surrénale. Ebenda, T. XXVII, p. 267—273; **Watzka, M.:** 1931. Über die Verbindungen inkretorischer und neurogener Organe. Verh. anat. Gesellsch. 39. Versamml., Amsterdam, Anat. Anz., Ergänz. H. zum 71. Bd. S. 185—190. **Watzka, M.:** 1934. Vom Paraganglion caroticum. Verhandl. Anat. Ges., Versamml. Würzburg, Anat. Anz., Erg. H., Bd. 78, S. 103—120; **Watzka, M.:** 1937. Über die Entwicklung des Paraganglion caroticum der Säugetiere. Zs. Anat. Entw. Gesch., Bd. 108, S. 61—73; **White, E. G.:** 1935. Die Struktur des Glomus caroticum, seine Pathologie und Physiologie und seine Beziehungen zum Nervensystem. Beitr. path. Anat. (ZIEGLER), Bd. 96, S. 177—227; **Wilson Gerard, M. and Billingsley, P. R.:** 1923. The Innervation of the Carotid Body. Anat. Rec., Vol. 25, p. 391—400; **Winder, C. V.:** 1937. Pressoreceptor Reflexes from the Carotid Sinus. Amer. J. Phys., Vol. 118, p. 377; **Winder, C. V.:** 1937. On the Mechanism of Stimulation of Carotid Gland Chemoreceptors. Amer. J. Phys., Bd. 118, p. 389; **Winiwarter, H. de:** 1926. Signification du ganglion carotidien. C. R. soc. biol., 94, p. 407—408; **Winiwarter, H. de:** 1934. Origine et signification du ganglion carotidien. C. R. assoc. anat. 29ième réun., Bruxelles, p. 519—528;

## S A M E N V A T T I N G

De belangstelling van histologen voor de innervatie van de sinus caroticus en het glomus caroticum vindt zijn oorzaak in het feit, dat hier belangrijke reflexen hun oorsprong vinden, die o.a. de bloedsomloop en de ademhaling beïnvloeden.

In 1924 ontdekte HERING, dat het verwijde beginstuk van de art. carotis interna, de sinus caroticus, gevoelig is voor veranderingen in de bloeddruk: stijgt de druk van het bloed in dit vaatgedeelte, dan ontstaat reflectorisch een daling van de druk in het geheele arterieele stelsel en bovendien een vermindering van de hartslagfrequentie, terwijl bij vermindering van de druk juist omgekeerd een arterieele hypertensie en een tachycardie ontstaat. Een mechanische prikkeling van de sinus caroticus heeft geen reflectorisch effect, wanneer de zenuwtakken, die dit gebied verzorgen, in hoofdzaak een tak van de N. glossopharyngeus, de sinuszenuw van HERING, doorgesneden zijn.

Wat de localisatie van het receptorisch gebied van deze reflexen betreft, werd van anatomische zijde behalve aan de wand van de sinus caroticus, ook gedacht aan het merkwaardige lichaampje, dat bij alle dieren en de mensch constant in de carotisbifurcatie wordt aangetroffen: het glomus caroticum. Dit orgaantje is bij hond en kat, waar het een doorsnede van slechts één tot enkele millimeters bezit, nog juist met het bloote oog waar te nemen; bij het paard is het echter in verhouding grooter en bereikt soms zelfs de grootte van een erwt. Het heeft al naar gelang van de bloedsomloop een parel-grijze tot rood-bruine kleur. Bij het paard beperkt het zich meest niet tot één lichaampje; zeer vaak liggen verspreide ophooping van glomusweefsel in het vlechtwerk van zenuwvezelen, dat tusschen de drie takken van de art. carotis communis, t.w. de art. carotis interna en externa en de art. occipitalis, gelegen is (zie fig. 2).

Talrijke morphologische studies over het orgaantje waren reeds verschenen voor het bekend was, dat het sinus caroticusgebied het uitgangspunt is van reflexen, die voor vegetatieve functies van het organisme van belang zijn. Hoewel alle onderzoekers getroffen werden door de buitengewone zenuwvezelrijkdom en de onevenredig sterke vascularisatie van het orgaantje, bracht echter de interpretatie van het glomuscelparenchym, dat tot celballen en celstrengen gerangschikt is, de grootste moeilijkheden mede.

LUSCHKA (1862) hield deze celstrengen en celballen voor klierbuizen en hij sprak van glandula carotica. ARNOLD (1865) meende echter, dat het vaatkluwens waren, waarvan het epitheel (endotheel) sterk gewoekerd was; hij sloeg daarom de naam glomeruli arteriosi intercarotici voor.

Omstreeks 1900 vestigde KOHN er de aandacht op, dat de cellige bestanddeelen van het orgaantje met andere celgroepen, die in de buiksympathicus liggen en met de cellen van het bijniemerg belangrijke essentiële kenmerken gemeen hebben. In de eerste plaats ontstaan ze volgens hem alle uit de sympathicus en liggen ze in het traject van sympathische zenuwvezelen ingeschakeld op de wijze, zooals de gangliencellen er in liggen.

Voorts zijn al deze celgroepen, zooals STILLING (1892) reeds aangaf, alleen goed met kaliumbichromaat-houdende vloeistoffen te fixeren, terwijl vele cellen zich met het chroom bruin kleuren; om deze redenen noemde hij ze chroomaffine. Hij vatte de genoemde celgroepen samen onder de naam van paraganglien; sindsdien spreekt de school van KOHN van het paraganglion intercaroticum. De naam paraganglien werd gekozen om hun verwantschap met sympathische gangliencellen aan te geven. Ze ontstaan volgens KOHN beide uit dezelfde embryonale aanleg, maar bij hun verdere ontwikkeling differentieëren ze zich volgens KOHN en ELLIOTT (1913) in zeer verschillende richting. In tegenstelling met de gangliencellen ontwikkelen zich de paragangliencellen niet tot eigenlijke neuronen, maar tot een bijzondere soort van kliercellen, die een intern secernerende functie zouden hebben. Deze genetische verwantschap komt volgens ELLIOTT nog tot uitdrukking in hun innervatie. Door het werk van LANGLEY was bekend, dat de zenuwvezelen, die een klier verzorgen, op hun weg eenmaal onderbroken worden door een ganglioncel; de postganglionaire vezelen innerveeren de kliercellen. Dit nu zag ELLIOTT niet bij het bijniemerg; de zenuwvezels loopen hier als praeganglionaire vezels door tot de bijniemergcellen, de verbinding van de zenuwvezels met deze paragangliencellen komt dus op dezelfde wijze tot stand als bij de autonome gangliencellen. Deze zelfde, voor een klier zeer bijzonder autonome wijze van innervatie zag DE CASTRO (1926) bij het glomus caroticum.

Omdat het glomus caroticum in dezelfde weefselgroep, waarin het bijniemerg thuis behoort, was gerangschikt en bekend was, dat extracten van het bijniemerg een bloeddrukverhoogende werking hebben, lag het voor de hand ook extracten van glomusweefsel op hun werkzaamheid te onderzoeken. Hoewel MULON (1904) vond, dat ze een werking hebben als adrenaline, werd later door de meeste onderzoekers aangegeven, dat ze bij een proefdier ingespoten, juist een vaso-depressorisch effect ten gevolge hebben.

Latere onderzoekers deelen echter lang niet alle KOHN's interpretatie van het glomusweefsel. In navolging van DE CASTRO (1926) rekenen vele het glomus caroticum niet meer tot de paraganglien, omdat de cellen niet chroomaffine zijn en ze volgens hen bovendien niet uit de aanleg van de sympathicus zouden ontstaan. De school van KOHN en ook DE WINIWARDER, MURATORI, GOORMAGHTIGH e.a. blijven echter het glomus caroticum als een paraganglion beschouwen. Volgens hen behoort het tot de groep van niet-chroomaffine paraganglien, die in het traject van parasymphatische zenuwvezels zijn opgenomen en vaso-depressorische stoffen vormen; deze groep onderscheidt zich in genoemde eigenschappen van de chroomaffine paraganglien, die in verband staan met sympathische zenuwvezelen en adrenaline vormen.

Uit dit kort overzicht volgt dus wel, dat er allerminst overeenstemming in de interpretatie van het glomus caroticum is bereikt; men vindt nog steeds het orgaantje met de meest verschillende namen, als glandula carotica, paraganglion intercaroticum en glomus caroticum aangeduid. BERKELBACH v. D. SPRENKEL (1934) komt dan ook door zijn uitvoerige

literatuurstudie tot de slotsom „morphologisch verstehen wir das Organ noch nicht, physiologisch ist es ebenso rätselhaft“. Ook het onderzoek naar de innervatie heeft, zooals uit het volgende zal blijken, weinig van het histologisch raadselachtige van dit orgaanje kunnen wegnemen.

Na de ontdekking van de sinusreflex heeft men vooral de innervatie van sinus caroticus en glomus caroticum onderzocht. DE CASTRO (1926 en 1928) toonde als eerste de buitengewone zenuwrijkdom van de sinus caroticus aan; merghoudende zenuwvezelen vormen er in de wand groote sensibele eindigingen, die hij voor de receptoren van de sinusreflex van HERING houdt. In het glomus caroticum werden het eerst door DE CASTRO en later door anderen als RIEGELE, BOEKE, NONIDEZ, MURATORI zenuw-eindigingen gevonden in de vorm van ringetjes en kleine netjes, die volgens sommige onderzoekers op de oppervlakte der glomuscellen zijn gelegen, volgens anderen (BOEKE) in het plasma der glomuscellen binnendringen. Deze innervatie werd aanvankelijk door de meeste onderzoekers voor efferent, voor een klierinnervatie, gehouden. DE CASTRO (1926) stelde de hypothese op, dat het glomus caroticum de effector van de sinusreflex zou zijn, terwijl de receptor in de wand van de sinus caroticus zou gelocaliseerd zijn. De glomuscellen zouden op de ontvangen zenuwimpuls reageeren met de afgifte van hun secretum aan het bloed, dat dan bij wijze van hormoon de functie van verschillende organen zou beïnvloeden. In 1928 wijzigde DE CASTRO echter deze opvatting omtrent de innervatie. Omdat hem bij degeneratieproeven bleek, dat het trophisch centrum van de zenuwvezelen, die het glomus caroticum innerveeren, in het ganglion van de N. glossopharyngeus is gelegen, houdt hij de beschreven innervatie nu voor afferent, dus voor een sensorische, en hij veronderstelt, dat het glomus caroticum voorzien moet zijn van specifieke sensorische cellen. Gezien de buitengewone rijkdom aan bloedvaten vermoedt hij, dat het glomus caroticum in staat is veranderingen in de chemische samenstelling van het bloed te percipieeren, waardoor het langs reflectorische weg de functie van andere organen beïnvloedt. Andere onderzoekers o.a. SUNDER-PASSMANN (1933) spreken echter van efferente innervatie en houden het glomus caroticum voor een klier met interne secretie.

Uit de school van HERING (Keulen), DANIELOPOLU (Boekarest), maar vooral uit die van HEYMANS (Gent), zijn daarop belangrijke experimenteele onderzoekingen omtrent de functie van het autonoom-receptorische gebied van glomus caroticum en sinus caroticus verschenen. Zoo bleek, dat van dit gebied uit niet alleen een tonische reflectorische beïnvloeding van de bloedcirculatie bestaat, maar dat bovendien een invloed op de ademhaling, op de functie van het maagdarmkanaal, parathyreoïdea, dwarsgestreepte spieren, de pupil enzovoort kon worden waargenomen.

HERING en ook HEYMANS geven dan ook aan, dat van dit gebied (en van het overeenkomstige depressorgebied van de aorta) een voortdurende reguleering van het evenwicht tusschen de sympathicus- en de parasympathicustonus plaats vindt. Veranderingen in bloeddruk en chemische samenstelling van het bloed (o.a. CO<sub>2</sub> gehalte, Ph. enz.) worden hier gepercipieerd en wekken reflexen op, die de activiteit en de functie van auto-

nome organen veranderen, waardoor het overheerschen van de tonus van één der beide componenten, de orthosympathicus of de parasympathicus, voorkomen wordt. BOUCKAERT, DAUTREBANDE en HEYMANS (1931) hebben experimenteel aangetoond, dat het glomus caroticum meer de veranderingen in de chemische samenstelling van het bloed percipieert, terwijl de sinus caroticus gevoelig is voor veranderingen in de bloeddruk, dus op mechanische prikkels reageert; ze hebben daarmee dus de oorspronkelijk door DE CASTRO opgestelde hypothese omtrent de functie van het glomus caroticum aannemelijk gemaakt.

Uit dit alles blijkt dus wel het belang van een nauwkeurige morphologische kennis van het glomus caroticum en van de innervatie van dit orgaantje en van de sinus caroticus. Een hernieuwd onderzoek in deze richting leek me derhalve gerechtvaardigd, gezien de zeer verschillende opvattingen, die omtrent de innervatie van het glomus caroticum heerschen. Ook gaf de in verhouding betrekkelijk geringe hoeveelheid gevonden zenuw-eindigen een onbevredigende verklaring voor het groote aantal zenuwvezelen, dat in het orgaantje wordt aangetroffen.

De opzet van dit onderzoek om het zenuwverband van de glomuscellen nader te bestudeeren, leidde tijdens het onderzoek tot een uitbreiding in dien zin, dat met behulp van specifieke zenuwmethoden de aard der glomuscellen nader bestudeerd werd. Tevens bleek bij het onderzoek naar de innervatie van de sinus caroticus, dat we hier kwamen te staan voor het, juist den laatsten tijd door het grondleggende werk van CAJAL, BOEKE, STÖHR, LAWRENTJEW, SCHABADASCH, LEONTOWITSCH, OKAMURA, LEEUWE, e.a. voor een morphologisch onderzoek zoo interessant geworden gebied van de meest periphere einduitbreiding van het autonome zenuwweefsel.

De resultaten van het onderzoek laten zich als volgt samenvatten:

### **Glomus caroticum.**

#### MICROSCOPISCH-ANATOMISCHE BOUW.

In hoofdzaak werd onderzocht het glomus caroticum van het paard. Er kan bij dit dier meestal niet van een scherp begrensde orgaantje gesproken worden. Zeer verspreid komt glomusweefsel voor in de plexus intercaroticus en bovendien in de wand van de sinus caroticus. Steeds ligt het echter in het traject van zenuwvezelen.

De groote ophooping van glomusweefsel, die steeds in de deelingshoek van de art. carotis communis ligt, is opgebouwd uit kwabjes, die in een bindweefsel liggen, dat zeer rijk is aan zenuwvezelen en bloedvaten (zie fig. 3). Bindweefsel-schotten, waarin zeer vele, in hoofdzaak merghoudende, zenuwvezelen zijn gelegen, dringen de kwabjes binnen en geven hier steeds fijnere schotten af. Om de kwabjes en in de grove bindweefsel-schotten tusschen de kwabjes ligt een netwerk van sineus verwijde venen (zie fig. 3 en 4). De glomuscellen zelf zijn gerangschikt tot celballen en celstrengen (zie fig. 4), die omgeven zijn door de fijnste schotten, welke weinig collagene vezelen bevatten, maar in hoofdzaak zijn opgebouwd uit netvormig samenhangende plasmabanden, waarin ovale tot ronde kernen zijn gelegen. In coupes

met gewone kern-plasmakleuringen krijgt men reeds de indruk, dat deze kernhoudende plasmabanden a.h.w. de voortzetting vormen van de zenuwvezelen, die in de grove schotten tot bundels samengevoegd in collageen bindweefsel liggen. De glomuscellen zelf zijn sterk vertakt en de uitloopers der verschillende cellen hangen alle onderling samen, waardoor één groot syncytium gevormd wordt (zie fig. 5). De plasmabanden met ovale tot ronde kernen, gelegen om de celballen en celstrengen, hangen continu met dit glomuscel-syncytium samen. Bij het paard liggen in het glomusweefsel steeds ophooping van een geel-bruin doorschijnend pigment.

Ook bij het rund vormen de Glomuscellen een dergelijk netvormig syncytium. Bij hond en varken echter vormen de glomuscellen niet een dergelijk regelmatig netvormig syncytium, maar bij deze dieren ziet men dikwijls beelden, waar verschillende kernen in een gemeenschappelijke, min of meer vacuolaire, protoplasmamassa zijn gelegen.

Met gewone kern-plasmakleuringen valt reeds de buitengewone zenuwvezelrijkdom van het orgaantje op en krijgt men bovendien, vooral bij het paard, de indruk alsof de zenuwvezelen zich via de genoemde kernhoudende plasmabanden in het glomuscel-syncytium voortzetten. Uit hoofde van zijn overzichtelijke structuur leek het glomusweefsel van het paard het meest geschikt, om met behulp van specifieke, histologische zenuwmethoden het verband van zenuwvezelen met de glomuscellen te onderzoeken.

#### DE AARD DER GLOMUSCELLEN.

Bij het onderzoek naar de innervatie van het glomus caroticum met behulp van zilverimpregnatiepreparaten bleek, dat de aard der glomuscellen alleen met behulp van specifieke zenuwkleuringsmethoden is te bestudeeren. Hiervoor werden gebruikt de zilverimpregnatie volgens BIELSCHOWSKY in de modificaties van BOEKE en GROS, de vitale methyleenblauwkleuring en de kleuring op NISSL-substantie.

A. In BIELSCHOWSKY preparaten bezit het geheele protoplasma der glomuscellen een neurofibrillaire structuur; het neurofibrillaire net is om de kernen meestal het donkerst geïmpregneerd, terwijl het aan de oppervlakte van het glomuscel-syncytium een meer lichte tint aanneemt (zie fig. 7, 8 en 9). Het syncytieele verband van de cellen treedt ook in dergelijke preparaten duidelijk aan den dag: de neurofibrillaire netjes om de kernen zijn door neurofibrillenbundels, die in de met elkaar anastomoseerende uitloopers der cellen loopen, met elkaar verbonden. Het beeld van de glomuscellen in zilverimpregnatie-preparaten bezit veel overeenkomst met dat der neuroblasten, event. sympathicoblasten, zooals ze o.a. door CAJAL en HELD eveneens in zilverpreparaten zijn afgebeeld (vergelijk fig. 7 en 11 met fig. 16 en 17).

B. Met methyleenblauw kleuren de glomuscellen zich vitaal op de wijze, zooals we dit van gangliencellen kennen. Nu eens is in het plasma een duidelijke netstructuur aan den dag getreden, dan weer is het meer korrelig of homogeen gekleurd (zie fig. 20, 21, 22, 23 en 24).

C. De glomuscellen bezitten een NISSL-substantie in de fijnkorrelige

vorm, zooals ze in de sympathische gangliencellen voorkomt (zie fig. 18 en 19). Ze treedt zoowel bij kleuring met methylgroen-pyronine als met thionine zeer duidelijk aan den dag; met thionine kleurt ze zich eenigszins metachromatisch. Ook de kernen der glomuscellen geven bij deze kleuringen een beeld, geheel analoog aan dat der kernen der groote autonome gangliencellen.

D. Merghoudende zenuwvezelen, die het glomus caroticum binnendringen, vertakken zich, nadat ze hun mergscheede hebben verloren en vormen een pericellulairapparaat, volkomen analoog aan dat van gewone, groote, autonome gangliencellen. Vooral in methyleenblauwpreparaten treedt het duidelijk aan den dag in den vorm van een zenuwvezelnet voorzien van varicositeiten, die dikwijls zeer groot zijn en veelal op de knooppunten van het net zijn gelegen (zie fig. 26 en 27). De varicositeiten zijn plasmatische vormingen, die direct bij het plasma der glomuscellen aansluiten en die soms diffuus blauw gekleurd zijn, maar ook dikwijls een fijne netstructuur bezitten of een meer korrelig aspect vertoonen. In zilverpreparaten treedt het pericellulaire zenuwvezelnet niet in zoo'n typische vorm aan den dag. Vooral wanneer in de preparaten een zeer electieve neurofibrillenkleuring is verkregen, en het protoplasma, waarin ze liggen, niet meegekleurd is, is dit netwerk van zenuwvezelen met zijn fibrillaire aanzwellingen moeilijk als zoodanig te onderkennen, omdat de neurofibrillaire structuur van deze varicositeiten direct aansluit bij die der glomuscellen. In preparaten waarin echter een minder fijne neurofibrillenimpregnatie was verkregen en het protoplasma van het glomuscel-syncytium een diffuus grijsbruine tint had aangenomen, waren vaak slechts gedeelten van het pericellulairapparaat te zien in den vorm van ringetjes en lusjes of zwart gekorrelde plekjes in de oppervlakkige laag van het glomuscel-syncytium (zie fig. 14, 15 en 16). Het is dan ook zeer waarschijnlijk, dat onderzoekers, die het essentieele van de innervatie van het glomus caroticum beschrijven in den vorm van zenuwvezelen, die aan of in de glomuscellen eindringetjes of eindnetjes vormen, eveneens slechts deelen van dit pericellulairapparaat hebben gezien, dat zich, zooals vermeld, met methyleenblauw zoo karakteristiek kleurt. De neurofibrillaire structuur van het protoplasma der glomuscellen is hen echter ontgaan, waardoor ze tot een principieel geheel andere interpretatie omtrent de aard der zenuwverzorging komen. Juist daarom konden deze resultaten van hun innervatiestudies geen aanwijzingen geven omtrent de aard der glomuscellen.

#### CONCLUSIES.

Uit het onderzoek is gebleken, dat de glomuscellen alle essentieele morphologische eigenschappen van gangliencellen bezitten. Ook de resultaten van ingestelde degeneratie-experimenten pleiten voor de gangliencel-natuur van de cellen. Zoo werd bij doorsnijding van de zenuwtakken, die naar het glomus caroticum gaan, in een tweetal experimenten gevonden, dat na vijf, resp. vijf en twintig dagen degeneratie, wel alle zenuwvezelbun-dels in het orgaantje gedegeneerd, maar de glomuscellen zelf volkomen

normaal waren, terwijl er intacte neurofibrillaire netwerken in werden aangetroffen.

Er mag dan ook uit de resultaten van dit onderzoek de conclusie getrokken worden, dat de glomuscellen kleine, perifere, syncytieel samenhangende, autonome gangliencellen zijn, waarmede van centraal komende zenuwvezelen, door middel van een pericellulairapparaat in verbinding treden.

#### HET VERBAND TUSSEN MORFOLOGIE EN FYSIOLOGIE VAN HET GLOMUS CAROTICUM.

Uit fysiologische en farmacologische experimenten (DE CASTRO, HEYMANS, BOUCKAERT en DAUTREBANDE) is gebleken, dat het glomus caroticum een sensorische functie heeft. In dit orgaan worden kwalitatieve veranderingen in de bloedsamenstelling gepercipieerd, waardoor reflexen ontstaan, die regulerend op het evenwicht in het autonome zenuwstelsel werken.

Brengen we de resultaten van deze experimenten en die van dit morfologisch onderzoek met elkaar in verband, dan mag verondersteld worden, dat we in de glomuscellen een syncytium van autonome gangliencellen moeten zien, dat sensibel is. Dat ze in staat zijn kwalitatieve veranderingen in de bloedsamenstelling te percipieeren, is ook morfologisch aannemelijk, omdat ze in innig contact met de bijzonder talrijke bloedvaten staan. De centripetale baan van de reflexen, die hier hun oorsprong vinden, gaat langs vezelen, die met genoemd syncytium door middel van een pericellulairapparaat, dus functioneel synaptisch, verbonden zijn. Deze morfologische interpretatie van de aard van het glomusweefsel moet als grondslag worden aangenomen voor een verdere experimentele studie van de functie van dit, voor vegetatieve processen zeer belangrijke, autonome zenuwweefsel. Zoo kan dan door nauwkeuriger experimenten nagegaan worden of de werkzaamheid van extracten van het glomusweefsel, welke veel overeenkomst vertoont met die van acetylcholine, misschien op een lijn te stellen is met de werkzaamheid van het acetylcholine, dat in gewone autonome gangliencellen vrijkomt, wanneer er een zenuwimpuls door gaat. Men heeft hier dan ook hoogstwaarschijnlijk met stoffen te doen, die niet als producten van een klierfunctie in engeren zin der glomuscellen opgevat moeten worden; Men dient genoemde eigenschappen der extracten van het standpunt van het ontstaan en de werking van neurohormonen te beoordeelen.

#### BEHOORT HET GLOMUS CAROTICUM TOT DE WEEFSELGROEP, DOOR KOHN ALS PARAGANGLIEN AANGEDUID?

Zoals men weet, wordt door KOHN en vele anderen het glomus caroticum tot de paraganglien gerekend. DE CASTRO en, in navolging van hem, verscheidene andere onderzoekers (o.a. WHITE en GOSSES) rekenen het glomus niet tot de paraganglien, omdat de cellen volgens hen niet chromaffine zijn en ze bovendien de oorsprong uit de sympathicusaanleg in twijfel trekken.

De bovenvermelde vraag zou ik echter op een geheel andere basis willen stellen, en wel op grond van de resultaten van dit onderzoek, waaruit gebleken is, dat de glomuscellen alle morphologische kenmerken van gangliencellen bezitten. KOHN geeft immers aan, dat de paragangliencellen geen nerveuse structuur bezitten en zich hierin juist van de gangliencellen onderscheiden. Neemt men dan ook bij het stellen van de vraag de door KOHN aangegeven kenmerken der paragangliencellen als uitgangspunt aan, dan zou er ontkennend op geantwoord dienen te worden. Het wil mij echter voorkomen, dat we op deze wijze op een verkeerd pad zouden geraken. Zoo werd in de vagus-sympathicus van het paard een celgroep aangetroffen, die we als paraganglion in den zin van KOHN, MURATORI en DE WINIWARTER mogen beschouwen; in zilverpreparaten vertoonden de cellen dezelfde structuur als de glomuscellen, bezitten dus alle kenmerken van kleine gangliencellen (zie fig. 11). Bovendien blijkt uit de bestudeering van de literatuur over de innervatie der paraganglien, dat er veel overeenkomst bestaat tusschen de zenuwverzorging hiervan en die van het glomus caroticum. Het is dan ook, dunkt mij, voorloopig niet gewenscht het glomus caroticum uit de groep der paraganglien te lichten, maar het zal misschien meer vruchtdragend zijn ook de andere paraganglien op hun eventueele gangliencelnaatuur te onderzoeken. Het zal dan wellicht kunnen blijken dat al deze celgroepen (en men moet hier ook denken aan de „cellules sympathicotropes” van BERGER) zeker als één weefselgroep beschouwd moeten worden, het zal dan echter de vraag zijn, of de opvatting van KOHN omtrent de aard der cellen wel in zijn geheel juist is en of de naam paraganglien hun karakter wel het meest nauwkeurig weergeeft.

### De sinus caroticus.

De bouw van de wand van de sinus caroticus verschilt aanmerkelijk van die der aangrenzende vaatgedeelten. Ze bezit veel meer elastische elementen, terwijl de gladde spiervezelen geheel op de achtergrond zijn geraakt. De elastische vezelen zijn in concentrisch om het lumen loopende lamellen gerangschikt, waardoor de bouw van de wand nadert tot die van arterien van het elastische type, zooals de aorta (zie fig. 28). In de loges tusschen de elastische lamellen, en ook tusschen de dikke collagene vezels van de oppervlakkige laag van de adventitia, ligt een celrijk weefsel dat betrekkelijk weinig collagene tusschensubstantie bevat. De intima bezit een bijzonder dikke subendotheliale laag, waarin, evenals in de loges tusschen de genoemde elastische lamellen, vele stervormig verakte cellen voorkomen.

Wat nu de zenuwverzorging van de sinus caroticus betreft, wordt, zooals reeds is vermeld, door alle onderzoekers aangegeven, dat merghoudende zenuwvezelen tusschen de elastische en collagene lamellen bijzonder groote sensibele zenuweindigingen vormen. Deze sensibele eindigingen houdt men voor de receptoren van de sinusreflex van HERING. In deze eindvertakking der zenuwvezelen liggen zeer vele cellen, waarmede de fijne eindtakken

der zenuwvezelen in nauw verband treden; door alle onderzoekers worden ze voor bindweefselcellen gehouden.

Uit dit onderzoek is gebleken, dat de zenuwverzorging van de sinus caroticus veel gecompliceerder is dan algemeen wordt aangegeven. De cellen, die in de einduitbreiding der merghoudende zenuwvezelen zijn gelegen, behooren n.l. naar hun aard tot het zenuwapparaat van de wand van de sinus caroticus. Het zijn syncytieel samenhangende cellen, die een neurofibrillaire structuur bezitten; ze liggen vooral in de loges tusschen de elastische lamellen en vormen hier zeer uitgebreide zenuwnetwerken. Deze cellen zijn het eerst door CAJAL in de periphere sympathicusuitbreiding beschreven en door hem „neurones sympathiques interstitiels” genoemd. Op de basis van het onderzoek van LEEUWE (1937), die aantoonde, dat deze interstitieele cellen van CAJAL gangliencellen zijn en daarmee de oorspronkelijke opvatting van CAJAL over de aard van deze cellen bevestigde, mag ook dit syncytium van interstitieele cellen in de wand van de sinus caroticus, gezien hun gedrag bij de vitale methyleenblauwkleuring en hun structuur in zilverimpregnatie-preparaten, als een syncytium van periphere, autonome gangliencellen opgevat worden. Voor deze opvatting pleiten ook de resultaten van degeneratie-experimenten. Na doorsnijding van de zenuwtakken die naar de sinus caroticus gaan, waren na vijf, resp. vijf en twintig dagen alle dikke zenuwvezels met hun takken gedegene-reerd, maar de interstitieele cellen waren volkomen normaal en bezaten een intacte neurofibrillaire structuur.

Zowel in methyleenblauw- als in zilverpreparaten laat dit syncytium een zeer fijne neurofibrillaire structuur zien (zie fig. 30 en 31).

Op vele plaatsen vormt het dunne membraanvormige verbredingen, die een neurofibrillaire netstructuur bezitten, en langs de lamellen van elastische vezels zijn uitgebreid, (zie fig. 31, 32 en 33). Deze zenuwnetten van interstitieele cellen vormen a.h.w. het eigen zenuwapparaat van de sinus caroticus.

De merghoudende zenuwvezels, die in de oppervlakkige laag van de adventitia een plexus vormen, dringen de wand binnen en gaan met hun eindvertakking een bijzondere verbinding met dit syncytium van interstitieele cellen aan (zie fig. 29). Hoewel, vooral in zilverpreparaten met een electieve neurofibrillenimpregnatie, de neurofibrillen van deze zenuwtakken continu overgaan in het fijne neurofibrillennet van de interstitieele cellen, kon toch zowel in zilver- als in methyleenblauwpreparaten waargenomen worden, dat de fijne eindtakken van deze zenuwvezels eindigingen bezitten in de vorm van kleine ringetjes, die met een periterminaal netwerkje aansluiten bij het fijne neurofibrillennet van genoemd syncytium. Deze verbinding is dus histologisch van zoodanige aard, dat vermoed mag worden, dat ze functioneel een synaptische is.

Ook in de verdikte intima werd een syncytium van interstitieele cellen gevonden, dat aansluit bij de zenuwnetten van de adventitia.

De uitloopers van deze cellen zijn dikwijls naar het endotheel gericht en vormen daar aanzwellingen, waarbij een periterminaal netwerk aansluit, dat in intiem verband met de endotheelcellen treedt (zie fig. 35 en 36).

Als de receptor van de sinusreflex van HERING moet dus een syncytium van sensibele, kleine, periphere, autonome gangliencellen (interstitieele cellen van CAJAL) aangezien worden. De centripetale baan van deze reflex wordt gevormd door zenuwvezelen, wier eindvertakkingen met dit syncytium een hoogstwaarschijnlijk functioneel synaptische verbinding aangaat.

Een nauwkeurige kennis van de zenuwstructuur van glomus caroticum en sinus caroticus is van belang als grondslag voor verdere experimenteele, physiologische en pharmacologische studie van de voor het leven belangrijke reflexen, die hier hun oorsprong vinden. Omdat deze reflexen voor de handhaving van het functioneele evenwicht in het vegetatieve zenuwstelsel een belangrijke rol spelen, zullen dergelijke onderzoekingen tevens kunnen bijdragen tot het verkrijgen van een juist inzicht in de pathogenese en de therapie van ziekten, die berusten op een verstoring van dit evenwicht en die vooral bij onze huisdieren betrekkelijk veelvuldig voorkomen.





## STELLINGEN.

### I.

Ten onrechte worden bepaalde in de peripherie van het autonome zenuwstelsel waarneembare reflexen als axonreflexen geïnterpreteerd.

### II.

De werking van  $\text{CaCl}_2$  -injecties bij melkziekte en grastetanie, moet, althans gedeeltelijk, worden toegeschreven aan een beïnvloeding van reflexen, waarvan de receptorische gebieden op verschillende plaatsen langs de groote arterien zijn gelocaliseerd, en die het evenwicht tusschen de sympathicustonus en de parasymphaticustonus reguleeren.

### III.

Het is gewenscht dat de veewet herzien wordt.

### IV.

Tumoren van het glomus caroticumweefsel zijn ganglioneuromen.

### V.

De veroorzaker van actinomycose bij de mensch en van actinomycose van de kaak van het rund is een actinomyceet en geen corynebacterie.

### VI.

Aan de capillairhulzen van Schweigger-Seidel in de milt mag niet uitsluitend een ventielwerking toegeschreven worden.

### VII.

Het voorkomen van een rhinitis coccidiosa bij het konijn is niet bewezen.

### VIII.

De arachnoidvilli zijn plaatsen waarlangs in hoofdzaak de resorptie der cerebro-spinaalvloeistof in de sinus durae matris plaats vindt.



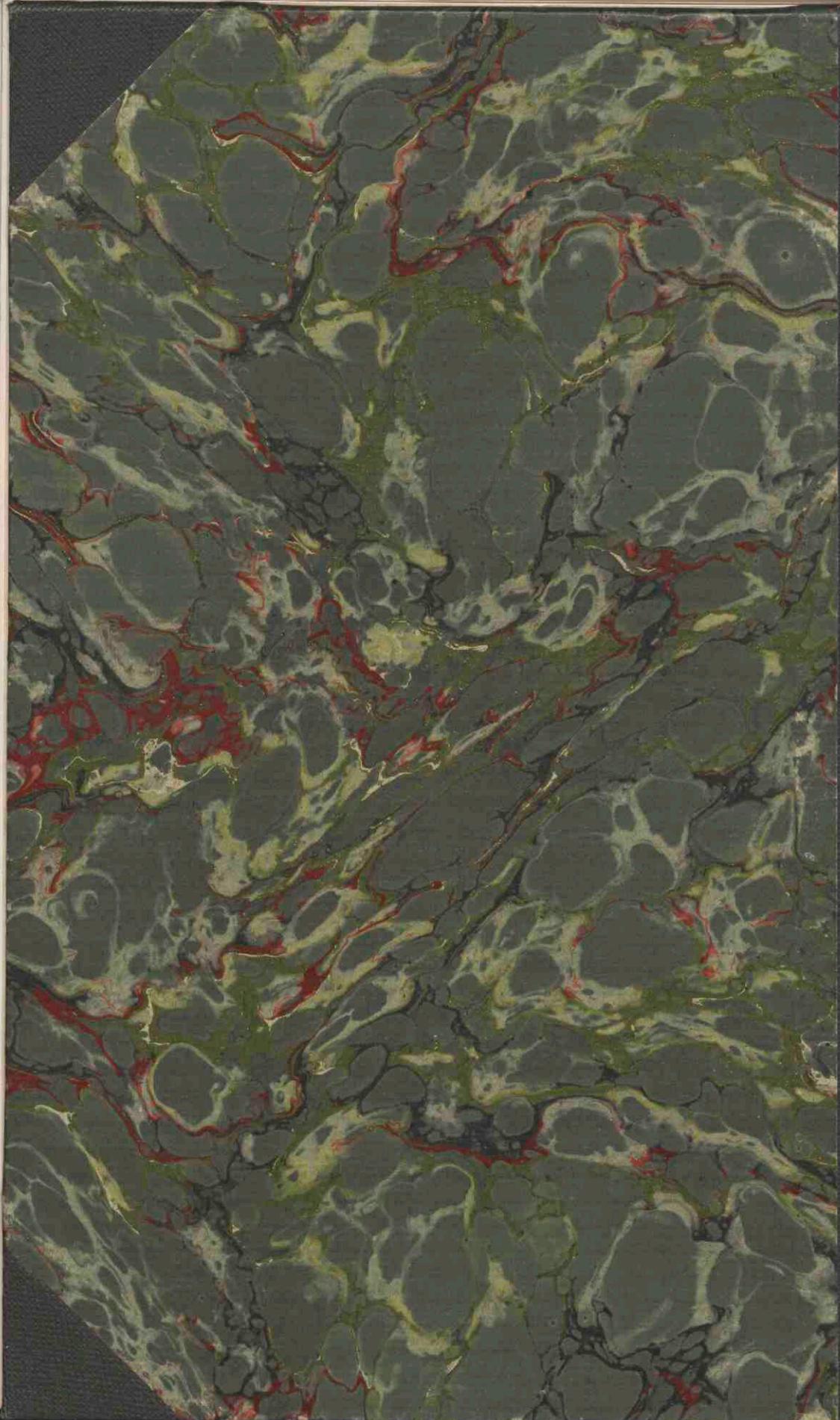








Boekbinderij  
Oellers  
Valkenburg



dis