

Aus der II. anatomischen Lehrkanzel der k. k. Universität in Wien.

## Über das Glomus coccygeum des Menschen und die Glomeruli caudales der Säugetiere.

Von

Dr. **Siegmond v. Schumacher**,  
Privatdozent für Anatomie.

---

Hierzu Tafel VII—IX.

---

Das Steissknötchen, Glomus coccygeum, oder die Steissdrüse, Glandula coccygea, wie dieses Gebilde ursprünglich genannt wurde und auch jetzt noch vielfach bezeichnet wird, erfreute sich in der ersten Zeit nach seiner Entdeckung durch Luschka (11) eines lebhaften Interesses von seiten der Anatomen; wurde dann durch eine Reihe von Jahren keiner eingehenden Untersuchung mehr gewürdigt und erst seit neuerer Zeit schenkt man ihm wieder mehr Beachtung. Dies ist namentlich der Fall, seitdem die Vermutung auftauchte, dass das Glomus coccygeum, ähnlich wie das Glomus caroticum, der Gruppe der chromaffinen Organe, den Paraganglien zuzurechnen sei.

Bei der Untersuchung der Schwanznerven und namentlich des sympathischen Schwanzgrenzstranges des Menschen (16) hatte ich Gelegenheit, das fragliche Gebilde makroskopisch darzustellen und es gelang mir auch wiederholt, sympathische Nervenästchen zu präparieren, die mit dem Glomus im Zusammenhange standen. Sprach diese innige Beziehung des Glomus zum Sympathicus, die schon Luschka aufgefallen war, für die Zugehörigkeit des Organes zum sympathischen System, so drängte sich das Bedürfnis auf, einerseits die Zellen des Organes auf ihr mikrochemisches Verhalten gegenüber chromhaltigen Flüssigkeiten zu prüfen, andererseits die Ontogenie und Phylogenie des Glomus näher zu untersuchen, um Anhaltspunkte für die Stellung des fraglichen Gebildes zu gewinnen.

Schon in meiner Arbeit über die Schwanznerven berichtete ich kurz über den negativen Ausfall der Chromreaktion bei zwei lebenswarm fixierten Steissknötchen. Damals waren aber meine

diesbezüglichen Untersuchungen zu wenig umfangreich, als dass ich mir ein endgültiges Urteil über das Fehlen der Chromaffinität hätte gestatten wollen. Inzwischen erschien eine Arbeit von Stoerk (19), betitelt: „Über die Chromreaktion der Glandula coccygea und die Beziehungen dieser Drüse zum N. sympathicus“, worin der Verfasser zu folgenden Hauptergebnissen gelangte:

1. Die Zellen der Steissdrüse geben weder im fötalen noch im postfötalen Leben die Chromreaktion.
2. Eine histogenetische Beziehung zum Sympathicus ist nicht vorhanden.
3. Vielmehr ist eine solche Beziehung zu den Mediaelementen der Arteria sacralis media, respektive ihrer Ästchen, mit einiger Wahrscheinlichkeit zu vermuten.

Der Autor hatte die grosse Liebenswürdigkeit, vor Absendung des Manuskriptes mir diese Schlussätze mitzuteilen, so dass ich mich schon damals auf Grund meiner Untersuchungen mit diesen Ergebnissen einverstanden erklären konnte.

Nachdem in der erwähnten Mitteilung und ausserdem in einer in den letzten Jahren erschienenen Arbeit von Walker (24) die auf das Steissknötchen bezügliche Literatur eingehende Berücksichtigung gefunden hat, so kann ich mich in diesem Punkte kurz fassen und werde im folgenden nur die unmittelbar zu meinen Befunden in Beziehung stehenden Angaben erwähnen.

#### Das ausgebildete Steissknötchen des Menschen.

Über die makroskopische Präparation des Steissknötchens kann ich den bisher gemachten Angaben kaum etwas Neues hinzufügen. Beim Erwachsenen ist es in den meisten Fällen leicht zu finden, liegt nur häufig nicht rein distal an der Steissbeinspitze, sondern zu letzterer etwas dorsal und proximal verschoben. Schwieriger gestaltet sich die Präparation dann, wenn wir es nicht mit einem einheitlichen Knötchen zu tun haben, sondern wenn das Glomus in zwei oder mehrere kleinere Körperchen aufgelöst erscheint, was nicht so selten der Fall ist. Bemerkenswert erscheint, dass schon makroskopisch beim Erwachsenen eine scharfe Abgrenzung vom umgebenden Gewebe leicht möglich ist, da das Knötchen allenthalben eine geglättete Oberfläche besitzt, die es einer Art Kapsel verdankt. Vom umgebenden Gewebe unterscheidet sich das Glomus durch seine derbe Konsistenz und

häufig durch seine grau-rötliche Färbung. Auf das regelmässige Vorkommen von mikroskopisch kleinen Nebenknotchen in der Umgebung des Hauptknotens wurde neuerdings von Walker hingewiesen.

Mikroskopisch stellt das *Glomus coccygeum* bekanntlich ein Konvolut von stark geschlängelten, untereinander vielfach anastomosierenden Gefässen dar (Fig. 1, 2), die mit einem Endothel ausgekleidet sind, auf das nach aussen hin in mehrfacher Lage die spezifischen Zellen des Glomus zu liegen kommen, die ich wegen ihrer Ähnlichkeit mit Epithelzellen kurz als „epitheloide Zellen“ bezeichnen will. Der epitheloide Zellmantel wird von fibrillärem Bindegewebe umgeben, das im allgemeinen in zirkulären Zügen die Gefässe einschidet und die zwischen den benachbarten Gefässen liegenden Zwischenräume ausfüllt. An der Oberfläche des ganzen Knötchens sammelt sich das fibrilläre Bindegewebe zu einer ziemlich dicken Schicht von konzentrischen Lagen und bildet so eine Kapsel, die eine scharfe Abgrenzung des Knötchens vom umliegenden mehr lockeren Binde- und Fettgewebe bedingt und die makroskopische Freilegung des Glomus ermöglicht.

Was zunächst die Weite der Lichtung der von epitheloiden Zellen umgebenen Gefässe anlangt, so wird diese von allen bisherigen Untersuchern als sehr verschieden angegeben. Einzelne Gefässe würden ihrer Lichtung nach Kapillaren entsprechen (Fig. 2), die meisten Gefässquerschnitte zeigen aber eine bedeutend grössere Lichtung. Die weitesten (nicht injizierten) Gefässe erreichen eine Weite des Lumens von mindestens  $50\ \mu$  im Durchmesser. Wir dürfen daher diese Gefässe schon wegen ihrer weiten Lichtung nicht als Kapillaren auffassen.

Wenn Walker die Gefässe in bezug auf ihre Wandbeschaffenheit als Kapillaren bezeichnet, da ihre Wand ausschliesslich aus einer Endothellage bestehen soll, so kann ich in diesem Punkte Walker nicht beipflichten, da ich im Gegensatz zu ihm die epitheloiden Zellen als einen Bestandteil der Gefässwand auffasse. Somit würden, meiner Ansicht nach, die meisten Gefässe, die den spezifischen Bestandteil des Glomus ausmachen, weder ihrer Lichtung noch ihrer Wandung nach als Kapillaren anzusprechen sein.

In einem Glomus von einem vierjährigen und ebenso von einem dreijährigen Kinde fand ich nahezu alle Lichtungen der Gefässe höchstens als allerfeinste Spalten, ja vielfach waren sie

vollständig verschwunden (Fig. 2). Die Anordnung der Lumina lässt sich an vielen Stellen nur durch die in diesem Falle sehr deutlich von den epitheloiden Zellen unterscheidbaren, flachen, chromatinreichen Kerne der Endothelzellen erkennen. Es sind hier die Gefässe vollkommen blutleer, man findet nur ganz ausnahmsweise das eine oder andere rote Blutkörperchen in der Lichtung eines Gefässes, während in anderen Fällen die Mehrzahl der Gefässe mit Blut gefüllt sein kann. Der Umstand, dass in dem einen Falle sämtliche Lichtungen der Gefässe als minimale Spalträume, in anderen Fällen hingegen als mehr oder weniger mit Blut gefüllte weitere Räume erscheinen, spricht dafür, dass die Wandungen der Gefässe kontraktile sind.

Walker beschreibt feinste Kapillaren, die von den zentralen, d. h. in der Mitte eines epitheloiden Stranges verlaufenden Gefässen abzweigen und wegen ihrer Feinheit gewöhnlich nur an den Doppelreihen der Endothelkerne erkennbar sind, den Zellmantel durchsetzen und bisweilen mit den kleinen Stromagefässen anastomosieren. Letztere leiten das Blut in die zahlreichen Arterien in der Umgebung der Drüse und durch diese wahrscheinlich zu den grossen Venen der Nachbarschaft.

Eine derartige Anordnung, die dieser Beschreibung Walkers und seiner schematischen Abbildung (Fig. 8) entsprechen würde, konnte ich in keinem Falle nachweisen. Stets finde ich, dass die von einem „Zentralgefäss“ abgehenden Äste wieder von einem Zellmantel umgeben, also wieder Zentralgefässe sind, wenn es sich nicht etwa um eine austretende Vene handelt.

Nirgends finde ich Anhäufungen von epitheloiden Zellen unabhängig von den Gefässen und dies ist mit ein Grund, weshalb ich die epitheloiden Zellen als Wandbestandteile der Gefässe des Glomus auffasse.

Das Endothel ist für gewöhnlich deutlich von den epitheloiden Zellen zu unterscheiden und setzt sich kontinuierlich in das Endothel der in das Glomus ein- resp. austretenden Gefässe fort. In manchen Fällen (Fig. 7) ist aber stellenweise das Endothel nicht als scharf gesonderte Lage von den epitheloiden Zellen abgrenzbar. Es dürfte das dadurch bedingt sein, dass die Kerne der Endothelzellen nicht wie gewöhnlich abgeflacht, sondern mehr kugelig, wie verquollen und daher auch chromatinärmer erscheinen und sich dadurch dem Aussehen der nach aussen vom Endothel

folgenden Kerne der epitheloiden Zellen derart nähern, dass sie von letzteren nicht mehr mit Sicherheit unterscheidbar sind.

Ebenso beobachtete von Hleb-Kosznańska (7) stellenweise am Endothel eine Quellung einzelner Zellen.

Auch von Walker wurde auf die Kontinuität des Endothels der eintretenden Arterie und der Gefässe im Glomus hingewiesen.

Ich wende mich nun zur Besprechung der Bedeutung der epitheloiden Zellen, zu der am meisten umstrittenen Frage in der Forschung über das Glomus coccygeum. Im Laufe der Zeit sind von den verschiedenen Autoren, die sich mit unserem Gegenstande beschäftigten, alle nur denkbaren Deutungen dieser Zellen ausgesprochen worden. Die verschiedenen Ansichten lassen sich in zwei Gruppen teilen:

1. Die Zellen des Glomus sind nicht Bestandteile der Gefässwand, sondern strangförmige Anhäufungen von spezifischen Zellen, in deren Mitte Gefässe verlaufen (Luschka, Sertoli [18], Walker).
2. Die Zellen sind Bestandteile der Gefässwand;
  - a) sie sind Abkömmlinge des Endothels (Arnold [1]);
  - b) sie sind Abkömmlinge der Adventitia, Perithelzellen (Waldeyer [23], von Hleb-Kosznańska [7]);
  - c) mit einiger Wahrscheinlichkeit ist eine Beziehung der Zellen zu den Mediaelementen der A. sacralis media, resp. ihrer Ästchen zu vermuten (Stoerk).

Wenn ich mich schon seinerzeit mit den Hauptergebnissen der Untersuchungen Stoerks einverstanden erklärte, so glaube ich jetzt noch einen Schritt weiter gehen zu können, indem ich nicht nur vermutungsweise die Zellen des Steissknötchens für modifizierte Zellen der Muscularis der Gefässe halten möchte, sondern sie mit voller Bestimmtheit als solche bezeichnen muss. Die Beweise für diese meine Ansicht hoffe ich im folgenden bringen zu können.

Die spezifischen Zellen des Glomus bilden, wie bekannt, eine mehrschichtige Lage um die Endothelauskleidung der Gefässe. Die Mächtigkeit des Zellbelages hängt nicht mit der Grösse des Querschnittes der Lichtung zusammen, man findet oft Gefässe mit weiter Lichtung und verhältnismässig dünnem Zellbelag und umgekehrt, was ja schon dadurch begreiflich wird, dass die Grösse der Lichtung für ein und dasselbe Gefäss keineswegs eine kon-

stante ist, sondern wie ja erwähnt, die Lichtung auch vollständig verschwinden kann. Ausserdem findet man, dass ein Gefäss am Querschnitte nicht auf allen Seiten einen gleich dicken Zellbelag trägt, sondern dass stellenweise die Zellen in mehreren Lagen angeordnet sind, als an anderen Teilen des Querschnittes. Allerdings sind die Ungleichheiten in der Dicke der Gefässwand, wenn sie auch sicher vorkommen, nicht so bedeutend, als es auf den ersten Blick scheinen mag. Es wird oft durch Schrägschnitte oder durch abgehende Äste eine ungleiche Wanddicke vorgetäuscht. Jedenfalls muss man bei der Beurteilung dieser Verhältnisse vorsichtig sein.

Die Zellen gleichen Epithelzellen, sie flachen sich durch gegenseitige Aneinanderlagerung etwas ab, so dass sie polygonal erscheinen. Im allgemeinen sind alle Durchmesser ziemlich gleich gross. Ihre Kerne sind verhältnismässig gross, meist kugelig, mit deutlichem Kernkörperchen versehen und ziemlich chromatinarm, jedenfalls färben sie sich weniger intensiv mit Kernfarbstoffen als typische Kerne von glatten Muskelfasern. Das Protoplasma zeigt auch nicht andeutungsweise irgend eine feinere Struktur, es lässt sich weder eine Spur von Fibrillen, noch von Körnchen oder Vakuolen nachweisen.

Stoerk erwähnt als charakteristisch für die ausgebildeten Zellen die Unfärbbarkeit des Protoplasmas. „... Es macht den Eindruck, als würde der Kern inmitten einer die ganze Zelle ausfüllenden Vakuole schweben. Nur an einzelnen Zellen wird gelegentlich ein zart färbbarer peripherer Plasmaanteil sichtbar. Ich habe alle in Betracht kommenden Färbungsmethoden (an Schnitten gehärteter Objekte, Gefrierschnitte kamen nicht in Anwendung) mit negativem Erfolge angewendet, ebenso die Reaktionen auf Glykogen und Fett. Insbesondere sei auch das negative Ergebnis der Schleimreaktionen betont.“

Diese Angabe Stoerks kann ich für jene Steissknötchen, die erst längere Zeit nach dem Tode in die Fixierungsflüssigkeit eingelegt wurden, bestätigen. In diesen Fällen ist vom Protoplasma kaum mehr etwas zu sehen, der Kern scheint hier in einem Hohlraum zu liegen. Ebenso sehen die Zellen an Präparaten aus, die zwar bald nach dem Tode, aber als ein grösseres Stück, in Pikrinsäure-Sublimat, Formalin usw. eingelegt wurden, ohne dass vorher das Glomus frei präpariert worden wäre. An anderen

Steissknötchen, die in Zenkerscher Flüssigkeit oder Chromsäure-Formol frisch eingelegt worden waren, war das Protoplasma gut erhalten und färbte sich deutlich mit Eisen-Hämatoxylin grau, mit Eosin rötlich und nach van Gieson gelb, ähnlich wie glatte Muskelfasern, nur etwas weniger intensiv. Auch Walker gibt an, dass sich nach van Gieson das Protoplasma leuchtend gelb färbt. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich demnach, dass das Protoplasma der epitheloiden Zellen ausserordentlich empfindlich ist und nur bei sehr guter Konservierung seine normale Beschaffenheit bewahrt, ähnlich wie wir das ja auch an manchen anderen Zellen, z. B. den Knorpelzellen des hyalinen Knorpels finden.

Die Zellgrenzen der epitheloiden Zellen treten bei gut konservierten Präparaten nach Hämatoxylin-Eosin- oder Eisen-Hämatoxylin-Färbung keineswegs sehr deutlich hervor, hingegen erscheinen die Zellen bei schlechter Konservierung deutlich durch homogene Häutchen voneinander abgegrenzt, so dass die ganze epitheloide Gefässwand den Eindruck eines Wabenwerkes macht, wobei je ein Kern im Zentrum einer Wabe zu liegen kommt (Fig. 5). Dieses die Zellen umgrenzende Wabenwerk tritt sehr deutlich in manchen Steissknötchen des Erwachsenen nach Färbung mit Resorcin-Fuchsin nach Weigert hervor (Fig. 3). An derartigen Präparaten erhält man den Eindruck, dass jede Zelle von einem elastischen Häutchen umgeben wird, und dass alle diese Häutchen wieder untereinander im Zusammenhange stehen. Allerdings färben sich diese Häutchen nicht allenthalben gleich intensiv und namentlich bei Kindern ist ihre Färbbarkeit mit Resorcin-Fuchsin bedeutend geringer als beim Erwachsenen. Nach Behandlung mit Pikrinsäure-Säurefuchsin erscheinen die zellbegrenzenden Häutchen ausgesprochen rot gefärbt.

v. Hleb-Kosznánska erhielt nach Silberimprägnation eine honigwabenartige Struktur der „Perithelscheiden“. Ob die trennenden Linien wirkliche Zellkonturen sind oder ein zartes bindegewebiges Netz darstellen, lässt sich nach v. Hleb-Kosznánska nicht immer sicher entscheiden.

Stoerk konnte bei Anwendung spezifischer Färbungen, sowohl für Bindegewebs- wie auch für elastische Fasern, eine von der Wand des „Zentralgefässes“ des betreffenden „Drüsenanteiles“ ausstrahlende Ausbreitung zwischen die „Drüsenzellen“

nachweisen. Während beide Faserarten in nächster Nachbarschaft des Zentralgefäßes die Zellen geradezu umspinnen, verlieren sie sich allmählich peripheriewärts. An der Teildrüsenperipherie findet man häufig ein ähnliches Eindringen beider Faserarten und zwar in entgegengesetzter Richtung, zentripetal, meist nur auf die kurze Strecke von zwei bis drei Zellagen vom umgebenden Stroma her. Die Bindegewebslagen um das zarte achsiale Gefäß sind oft recht reichlich, die elastischen Fasern spärlich, resp. letztere bestehen meist nur aus einer einzigen, dem Endothel anliegenden Faserlage, welche also einer *Elastica interna* entsprechen würde. Dieser Befund einer intimen Beziehung der beiden Faserarten zu den „Drüsenzellen“ scheint Stoerk mit einer Vorstellung der letzteren als metamorphosierten Mediaelementen in einem gewissen Einklange zu stehen.

Entsprechend diesen Angaben Stoerks konnte ich, namentlich bei Färbung mit Resorcin-Fuchsin, stellenweise ein deutliches Abklingen der Färbbarkeit der Häutchen peripheriewärts und eine Verdickung und intensivere Färbbarkeit der Häutchen unmittelbar nach aussen vom Gefäßendothel nachweisen, so dass der Eindruck einer schwachen elastischen Innenhaut hervorgerufen wird (Fig. 3).

In anderen Fällen färbten sich nur einzelne Fasern oder Häutchen zwischen den inneren Zellagen mit Resorcin-Fuchsin, während der grösste Teil des Wabenwerkes ungefärbt blieb, so dass Bilder entstanden, wie sie Stoerk abbildet und beschreibt.

Auch mir scheint die Anordnung dieser interzellulären Häutchen für die Auffassung der epitheloiden Zellen als modifizierte Mediazellen zu sprechen. Ich glaube nämlich, dass es sich dabei um Gebilde handelt, die in Analogie zu setzen sind mit den zuerst von Schaffer (15) eingehend beschriebenen, die glatten Muskelfasern einschließenden Häutchen — dem *Perimysium internum* der glatten Muskulatur — die früher vielfach als Kittsubstanz gedeutet wurden. Die Rotfärbung bei Anwendung von Pikrofuchsin würde für deren bindegewebigen Charakter sprechen, während andererseits die Färbbarkeit mit Resorcin-Fuchsin sie als elastische Membranen erscheinen liesse. Da, wie erwähnt, bei Kindern und mitunter auch beim Erwachsenen eine intensive Färbung dieser Häutchen mit Resorcin-Fuchsin nicht erzielt werden kann, so muss man wohl annehmen, dass ihre chemische Zu-



sammensetzung beim Erwachsenen manchesmal eine andere ist als beim Kinde. Dass andererseits auch an anderen Gefässen die um die Muskelfasern gelegenen Häutchen sich mitunter intensiv mit Resorcin-Fuchsin färben, konnte ich (17) wiederholt an den Milzarterien nachweisen.

Auch an den Ästen der A. sacralis media des Erwachsenen färbt sich das die Muskelfasern einschneidende Wabenwerk mitunter mit Resorcin-Fuchsin, und man kann nachweisen, dass das Perimysium internum der in ein Steissknötchen eintretenden Arterie sich kontinuierlich in das Wabenwerk zwischen den epitheloiden Zellen fortsetzt und sich beide genau gleich gegenüber verschiedenen Farbstoffen verhalten.

Den schlagendsten Beweis für die Deutung der epitheloiden Zellen als modifizierte Muskelzellen bieten die in das Glomus eintretenden Arterien.

Stoerk erwähnt diesbezüglich: „Es lässt sich wiederholt konstatieren, dass eine in den Drüsenbereich eintretende Arterie ihre Media verliert, also mit kapillarer Wandbeschaffenheit ihren Weg fortsetzt — als wären die Mediazellen durch die Drüsenzellen abgelöst worden.“

Dieses Verhalten kann ich durchaus bestätigen. Ja es gelingt sogar ganz leicht, an Schnitten, in denen eine eintretende Arterie auf eine grössere Strecke der Länge nach getroffen ist, einen ganz allmählichen Übergang der glatten Muskelfasern der Arterie in die epitheloiden Zellen nachzuweisen (Fig. 4). An Stelle der mit charakteristischen stäbchenförmigen Kernen versehenen Muskelfasern der eintretenden Arterie treten immer mehr und mehr Kerne auf, die wie aufgequollen erscheinen. Mit dieser scheinbaren Aufquellung der Kerne geht eine Aufquellung des Zelleibes Hand in Hand, bis schliesslich an Stelle der typischen glatten Muskelfasern der Arterienmedia nur mehr epitheloide Zellen zu finden sind. Wie gesagt, ist der Übergang der typischen glatten Muskulatur in das epitheloide Gewebe des Glomus kein plötzlicher, und man kann alle Zwischenstufen zwischen glatten Muskelfasern und epitheloiden Zellen nachweisen, wenn man eine Arterie von aussen gegen das Innere des Glomus hin verfolgt. Man kann dabei sämtliche Schichten der Arterienwand in die entsprechenden Teile des Glomus übergehen sehen.

Das Endothel setzt sich in das Endothel der Gefäße des Glomus direkt fort, die Muskelfasern in die epitheloiden Zellen, das Perimysium internum der Muskulatur in das die epitheloiden Zellen umgebende Wabenwerk, die Adventitia in das bindegewebige Stroma des Glomus. Mitunter beginnt der Übergang der typischen glatten Muskelfasern in die epitheloiden Zellen schon vor dem Eintritt der Arterie in das Knötchen.

Dass die epitheloiden Zellen nicht als chromaffine Elemente aufgefasst werden dürfen, geht schon aus den Untersuchungen Stoerks hervor. Hatte ich bereits in meiner Arbeit über die Schwanznerven über das negative Ergebnis bezüglich der Chromreaktion bei zwei lebenswarm fixierten menschlichen Steissknötchen berichtet, ohne mir damals ein definitives Urteil erlauben zu wollen, so möchte ich nunmehr, nachdem ich wiederholt an frischem Materiale, stets mit demselben negativen Erfolge, die Elemente verschiedener Steissknötchen auf Chromaffinität hin untersuchte, mich mit voller Bestimmtheit dafür aussprechen, dass das Glomus coccygeum unter keiner Bedingung den chromaffinen Organen zugerechnet werden darf. Nicht nur dass keine seiner Zellen die Chromreaktion gibt, sondern es spricht auch die Entwicklung des Glomus, wie weiterhin gezeigt werden soll, keineswegs für seine Abkunft von Elementen des Sympathicus. Somit stehen diesbezüglich meine Befunde in voller Übereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen Stoerks, und ich will mich daher auch nicht weiter auf die Besprechung der einschlägigen Literatur einlassen, sondern verweise auf die Angaben Stoerks.

Müssen wir nach dem Gesagten die für das Glomus charakteristischen Bestandteile als Gefäße mit modifizierter Media ansehen, so fragt es sich zunächst, in welcher Beziehung diese Gefäße zu den in das Glomus ein- resp. austretenden Gefäßen stehen. Gewöhnlich sieht man in das Glomus eine kleinere Arterie, einen Ast der A. sacralis media, eintreten, deren Wandung in der beschriebenen Weise nach dem Eintritt modifiziert wird, ausserdem kann man aber aus jedem Knötchen eine oder mehrere oft ziemlich weite Venen austreten sehen (Fig. 1). Es handelt sich nun um die Beantwortung der Frage, ob diese Venen nur das Blut aus den Kapillaren und kleinen Gefäßen, die sich im bindegewebigen Stroma des Glomus befinden und als Vasa vasorum gedeutet werden können, abzuleiten haben oder ob in diese

Venen auch die mit epitheloider Wand ausgestatteten Gefässe einmünden. Nach meinen Beobachtungen kann kein Zweifel darüber herrschen, dass letzteres tatsächlich der Fall ist. Würde für diese Annahme schon die bedeutende Grösse der austretenden Venen im Vergleiche zu den nur kleinen Gefässen des Stromas sprechen, so lässt sich andererseits der Beweis von dem Übergang der mit epitheloider Wand versehenen Gefässe in die austretenden Venen an Schnittreihen einwandfrei erbringen. Dieser Übergang der typischen Gefässe des Glomus in die ausführenden Venen findet in der Regel nicht unmittelbar an der Austrittsstelle der Vene aus dem Glomus, sondern gewöhnlich noch im Innern derselben statt. An der Übergangsstelle verschwinden die epitheloiden Zellen ziemlich rasch, das Gefäss setzt sich dann als ganz dünnwandige Vene fort, die eigentlich ihrer Wandbeschaffenheit nach einer Kapillare ähnelt, nicht aber ihrer Lichtung nach, da sie gewöhnlich viel weiter als eine Kapillare ist (Fig. 5, 6, 7). Verfolgt man das Gefäss weiter, so sieht man, wie es sich in eine grössere Vene ergiesst, die dann nach Aufnahme mehrerer Seitenäste das Glomus verlässt. Mitunter setzen sich mehr vereinzelte epitheloide Zellen von den mit epitheloider Wand versehenen Gefässen noch auf die Vene fort.

An kleinen Nebenknötchen sah ich nur eine austretende Vene, die keine Seitenzweige aus dem Glomus aufnahm, sondern die direkte Fortsetzung eines mit epitheloider Wand versehenen Gefässes darstellte.

Demnach hätten wir das Glomus coccygeum des Menschen als eine arterio-venöse Anastomose (resp. als eine Gruppe von solchen) aufzufassen, die zwischen Zweige der A. und V. sacralis media eingeschaltet ist, wobei die Media der anastomosierenden Gefässe eine epitheloide Umwandlung erfahren hat, eine Auffassung, für die, wie wir sehen werden, auch die vergleichende Anatomie und die Entwicklung spricht. Der Hauptbestandteil des Glomus wird durch die anastomotischen Gefässe mit ihren aus modifizierten Muskelzellen bestehenden charakteristischen Wandungen gebildet.

Von einer Wachsplattenrekonstruktion sämtlicher Gefässe des Glomus wurde wegen der Kompliziertheit des Gefässverlaufes Abstand genommen. Ich begnügte mich damit, in einigen Fällen auf dem Wege der graphischen Rekonstruktion eine austretende Vene in das Glomus hinein zu verfolgen, wobei ich mich mit

voller Bestimmtheit davon überzeugen konnte, dass die austretenden Venen nicht etwa nur das Blut aus dem bindegewebigen Stroma des Glomus abführen, sondern dass sich in die Venen Gefässe mit epitheloider Media ergiessen.

Einen vollkommenen Überblick über ein- und austretende Gefässe und über den Gefässverlauf innerhalb des Glomus kann man sich an gut injizierten, in Xylol aufgehellten kleineren Knötchen unter dem stereoskopischen Mikroskope verschaffen. In Fig. 16 habe ich ein kleines Knötchen, das mit einem noch kleineren zusammenhängt, abgebildet. Die komplizierten Gefässschlingen lassen sich ganz gut auflösen, und man sieht deutlich die von der grossen Arterie in das Knötchen eindringenden Äste und die aus dem Knötchen austretenden Venen in die grosse in Begleitung der Arterie verlaufende Vene einmünden. Von den zwei grossen Gefässen wurde je ein kleines Stückchen abgetragen und nach Kernfärbung unter dem Mikroskop untersucht, wobei ich mich mit Sicherheit davon überzeugen konnte, dass es sich um eine Arterie und eine Vene handelt. In das kleinere Knötchen dringen zwei schwache Venen und eine Arterie ein, und ausserdem setzen sich seine Gefässschlingen mit denen des benachbarten grösseren Knötchens durch mehrere Anastomosen in Verbindung. Aus den grösseren Knötchen kommen eine stärkere Hauptvene und ausserdem noch mindestens drei schwache Nebenzweige hervor, während ein von der grossen Arterie abzweigender Ast in der Nähe der Hauptvene das Gebiet des Knötchens betritt. Die Gefässe innerhalb des Knötchens sind knäuelartig angeordnet und vielfach verzweigt. Die Weite der Gefässlichtungen ist verschieden. Stellenweise sind mehr diffuse Erweiterungen zu sehen, manchmal, aber selten, scheinen kleine knospenartige Aussackungen im Verlaufe eines Gefässes vorzukommen. Im allgemeinen bleibt aber die Lichtung eines Gefässes auf eine grössere Strecke hin ziemlich gleich weit. Die Kapseln der Knötchen sind hier nur andeutungsweise zu sehen, sie sind unterbrochen in der Gegend der Ein- resp. Austrittsstelle der grossen Gefässe, so dass dadurch eine Art Hilus entsteht. Eine kleinere Vene, die an der vom Beschauer abgewendeten Seite des grösseren Knötchens austritt, wurde in der Abbildung nicht dargestellt, sie setzt sich nicht mit der in Begleitung der Arterie verlaufenden grossen Vene, sondern mit einem anderen Venennetz in Verbindung.

Bei den noch grösseren (als den hier abgebildeten) Hauptknoten kompliziert sich die Anordnung der Gefässschlingen derart, dass eine Auflösung unter dem stereoskopischen Mikroskope nicht mehr möglich erscheint.

Die mehrfachen zwischen den Ästen der A. und V. sacralis media eingeschobenen Anastomosen machen sich bei der Injektion von der A. sacralis media aus in der Weise bemerkbar, dass gewöhnlich nahezu unmittelbar nach dem Beginn der Injektion die Masse aus den Venen austritt, noch bevor sich ein Kapillargebiet in der Haut gefüllt hat. Jedenfalls findet die Flüssigkeit in den arterio-venösen Anastomosen in der Mehrzahl der Fälle einen geringeren Widerstand als in den Kapillaren. Andererseits kann es aber vorkommen, dass sich die Gefässe des Hauptknötchens nicht oder nur sehr unvollkommen füllen, trotz der Injektion der in der Nähe des Glomus gelegenen Kapillaren oder vollkommener Injektion benachbarter akzessorischer Knötchen. Diese Erscheinung dürfte auch dafür sprechen, dass die Wandungen der Gefässe kontraktile sind und dass, namentlich wenn bald nach dem Tode injiziert wird, die Kontraktion der Gefässwände durch den Injektionsdruck mitunter nicht überwunden werden kann.

Überblickt man die in der Literatur vorliegenden Angaben über die Gefässe des Glomus coccygeum, so sieht man, dass das Hauptgewicht auf das weitere Verhalten der eintretenden Arterie gelegt und den austretenden Gefässen als etwas mehr Nebensächlichem nicht viel Beachtung geschenkt wurde.

So bezeichnet Arnold (1), dem zuerst die Injektion des Glomus von der A. sacralis media aus gelang, das Steissknötchen als einen Hilfsapparat der Arterie. Er beschreibt als einfachste Form eine sackartige Erweiterung der Arterie, begleitet von einer starken Entwicklung sämtlicher Schichten. Aus dem Sack treten ein oder zwei Gefässe aus, die in ein Kapillarnetz übergehen. Über die Wandbeschaffenheit des austretenden Gefässes wird nichts näheres ausgesagt. Bei den komplizierteren Formen teilt sich die eintretende Arterie und bildet netzförmig verbundene Schläuche. Die austretenden Gefässe „die oft noch deutlich einen arteriellen Bau zeigen“, können in ein zweites Knötchen eintreten. Die „Steissdrüse“ stellt nur eine kompliziertere Form derartiger arterieller Gefässverzweigungen mit rundlichen und sackartigen Erweiterungen dar.

Nach G. Meyer (14) könnte man die „Steissdrüse“ als ein Organ auffassen, dass zu dem Zwecke in der A. sacralis media oder in deren Zweige eingeschaltet ist, um den Blutdruck in den aus der Peripherie der Drüse entspringenden Arterien zu verstärken.

Sertoli (18) fasst das Steissknötchen als Drüse auf, indem er die charakteristischen Zellen nicht als Wandbestandteile der Gefässe ansieht. „Die Gefässe treten als Arterien in die Steissdrüse ein, verlaufen in den Hohlgebilden und lösen sich, nachdem sie sowohl im Stroma als auch in den Hohlgebilden wiederholt sich geteilt haben, in ein Kapillarnetz auf, welches in den Hohlgebilden und im Stroma ausgebreitet ist. Aus diesen sammeln sich die Venen, welche sowohl in Hohlgebilden als auch im Stroma verlaufen und alsdann das Organ verlassen.“

Walker kann sich mit Sertoli darin nicht einverstanden erklären, dass das „Zentralgefäss“ der Zellnester in diese als Arterien eintrete, sich in eine Kapillare umwandle und sie als Vene verlasse, sondern glaubt mit Bestimmtheit, dass das eintretende Gefäss vom Anfang bis zum Ende seine kapillare Natur unverändert beibehält, um dann jenseits der Drüse, im Zwischengewebe, mit arteriellen Ästchen zu anastomosieren.

Eberth (3) fasst das Glomus als einen Gefässplexus auf, der aus einem reichen Geflechte bald normaler bald spindelig oder sackförmig erweiterter, hauptsächlich kapillarer Gefässe mit zelliger Scheide besteht.

Es mag wohl mitunter vorgekommen sein, dass eine mit dem Glomus in Beziehung stehende Vene als Arterie gedeutet wurde; es zeichnen sich nämlich die Äste der V. sacralis media in der Gegend des Steissknötchens vielfach durch eine auffallende Wanddicke aus, wobei allerdings die Muscularis nie die für Arterien charakteristische Anordnung zu einer geschlossenen, kompakten Schicht zirkulär verlaufenden Fasern annimmt. In zweifelhaften Fällen, namentlich dann, wenn keine Arterie, die zum Vergleiche herangezogen werden könnte, im Schnitte getroffen ist, tut man am besten daran, die Vene bis zur Einmündung in ein grösseres Gefäss zu verfolgen, man wird dann bald auf Klappen im Gefässe stossen, die in dieser Gegend reichlich in den Venen vorkommen. Das in Textfig. 9 von Walker abgebildete und als Arterie mit abzweigender Kapillare, die in den zentralen

Blutraum der Zellhaufen eindringt, bezeichnete Gefäss dürfte, der Anordnung der Muskelfasern und der Begrenzung der Lichtung nach, wohl eher als Vene anzusehen sein, die aus den mit epitheloider Wand versehenen Gefässen des Glomus sich fortsetzt.

Bezüglich der Arterien in der Umgebung des Glomus wäre noch zu bemerken, dass man häufig an ihnen Bündel längsverlaufender Muskelfasern, die innen der zirkulären Schicht aufsitzen, finden kann, wie dies auch an Arterien bestimmter anderer Körpergegenden nachgewiesen wurde; so z. B. an der Nabelarterie (Strawinski), an den Arterien der Schwellkörper des männlichen Genitales (von Ebner [4]), an den arterio-venösen Anastomosen der Endphalangen (Grosser [5, 6]) und so fort.

Das Stroma des Glomus besteht beim Erwachsenen im wesentlichen aus fibrillärem Bindegewebe, das mehr oder weniger deutlich konzentrisch geschichtet nach aussen den epitheloiden Zellen aufliegt. An der Peripherie der grösseren Knötchen verdichtet sich dieses Bindegewebe zu einer ziemlich derben Kapsel, die sich meist scharf vom umgebenden mehr lockeren Bindegewebe abhebt. Diese Kapsel ist unterbrochen oder wenigstens nicht deutlich ausgebildet an der Stelle der ein- resp. austretenden Gefässe. Fasst man das Verhalten des Stromagewebes in bezug zu der in das Glomus eintretenden Arterie ins Auge, so kann man sich leicht davon überzeugen, dass es der Hauptsache nach nichts anderes als die Fortsetzung der Adventitia darstellt, so dass man auch das Bindegewebe als Gefässbestandteil auffassen kann. Dasselbe gilt bezüglich der austretenden Venen, auch hier setzt sich das bindegewebige Stroma kontinuierlich in die Adventitia der Vene fort. Das Stroma hat, wie schon erwähnt, seine eigenen kleinen Gefässe. Allerdings kommen auch grosse Venen im Stroma vor, die aber nicht als eigentliche Gefässe des letzteren angesehen werden dürfen, sondern nichts anderes als die abführenden Venen der in sie einmündenden anastomotischen Gefässe darstellen. Wie schon gesagt, erfolgt eben die Einmündung der letzteren in die Venen in der Regel nicht unmittelbar beim Austritt der Vene aus dem Glomus, sondern schon früher, so dass die abführenden Venen noch eine grössere oder kleinere Strecke innerhalb des Glomus verlaufen. Elastische Fasern kommen im Stroma nur äusserst spärlich in der Gegend der ein- resp. austretenden Gefässe vor.

Walker beschreibt ebenfalls um jeden „Zellhaufen“ eine Sonderkapsel. „In vielen Schnitten sieht man, dass die Adventitia einer grösseren Arterie, welche in inniger Beziehung zur Drüse liegt, der bindegewebigen Hülle der Drüse derart einverleibt wird, dass sich Bindegewebsbündel von der äusseren Arterienwand mit solchen des Stromas verflechten. An solchen Schnitten ist es unmöglich, zu unterscheiden, an welcher Stelle sich Arterienwand und Drüsenhülle voneinander abgrenzen.“

Im bindegewebigen Stroma finden sich, namentlich in den oberflächlichen Partien desselben, oft ziemlich reichliche Mengen typischer glatter Muskelfasern, die mehr unregelmässig, nach keiner bestimmten Richtung hin, angeordnet sind und mit den Gefässen im Inneren des Glomus nichts zu tun haben. Allerdings ist die Menge der Muskelfasern recht verschieden und tritt stets gegenüber dem Bindegewebe in den Hintergrund. Gewöhnlich finde ich die glatten Muskelfasern als kompakte Bündel in Begleitung der grossen Vene und zwar parallel zu ihrer Verlaufsrichtung gestellt in das Glomus eindringen (Fig 1). In diesem selbst lösen sich die Bündel auf und bilden in der Nähe der Kapsel ein unregelmässiges Geflechtswerk. Gewöhnlich hängen die Muskelbündel ausserhalb des Knötchens mit der Wand der Vene zusammen.

Glatte Muskelfasern im Stroma des Glomus wurden schon von Arnold nachgewiesen und deren Vorkommen von Sertoli bestätigt.

Walker weist auf das verschieden reichliche Auftreten von Muskelfasern im Stroma hin. Verfolgt man die Muskelfasern, so kann man nach Walker beobachten, dass sie sich allmählich mehr und mehr einander nähern, um schliesslich die Media eines grossen Blutgefässes zu bilden, das in engster Beziehung zur Drüse steht.

Wenn ich auch einen Zusammenhang der Muskelbündel mit der Venenwand nachweisen konnte, so macht es mir doch nicht den Eindruck, als ob die Media selbst es wäre, die sich auffasert. Es zieht auch nach Abgang eines Muskelbündels die Media an der Vene ununterbrochen weiter und ich konnte immer sehen, dass nur an einzelnen Stellen die Muskelbündel mit der Venenwand im Zusammenhang stehen und nicht im ganzen Umkreise des Venenquerschnittes.



Eine wichtige funktionelle Bedeutung scheint diesen Muskelfasern kaum zuzukommen, da die Reichlichkeit ihres Auftretens zu grossen Schwankungen unterliegt. Immerhin könnten sie infolge ihrer peripheren Anordnung im Knötchen bei ihrer Kontraktion den Abfluss des Blutes aus den Gefässen des Glomus in die Venen hinein begünstigen oder aber bei andauernder Kontraktion den Abschluss der arterio-venösen Anastomosen vervollständigen helfen.

Bezüglich des Verhaltens der Nerven im Glomus möchte ich auf die Angaben Stoerks verweisen. Ich selbst habe keine spezifischen Nervenfärbungen angewendet und bei den gewöhnlich gebrauchten Färbungen sind die feineren marklosen Nerven bekanntlich nur schwer zu verfolgen. Hin und wieder konnte ich ein markloses Nervenästchen durch die Kapsel verfolgen, über das weitere Verhalten kann ich aber nichts Bestimmtes aussagen. Jedenfalls ist der Nervenreichtum keineswegs ein auffallend grosser, niemals sieht man so reichliche Nerven in das Glomus coccygeum eintreten, wie in das Glomus caroticum. Ganglienzellen, wie von Luschka beschrieben, kommen innerhalb des Glomus coccygeum sicher nicht vor.

Stoerk konnte an Präparaten menschlicher Föten, bei denen das Cajalsche Ammoniakalkohol-Verfahren oder auch Markscheidenfärbung zur Anwendung kam, in keinem Falle ein Eintreten von Nervenfasern in die Komplexe der epithelähnlichen Zellen nachweisen, wenn auch Nervenfaserbündel in nächster Nachbarschaft der „Drüse“ resp. der „Teildrüsen“ fast stets sichtbar waren. Gerade an der Umbiegungsstelle um die Steissbeinspitze, also an jener Stelle, in deren Bereich die Steissdrüse hauptsächlich zur Entwicklung kommt, stehen Arterienstamm und Faserbündel des Sympathicus im innigsten Kontakt. Diese enge räumliche Beziehung zwischen Nerv und Arterie besteht schon zu einer Zeit, wo von dem Vorhandensein einer Steissdrüse nichts zu bemerken ist. Beim Neugeborenen ist nach Stoerk die Kapsel des Glomus noch an vielen Stellen unscharf vom umgebenden Bindegewebe abgegrenzt. In der Regel ziehen nun beim Neugeborenen die Sympathicusfaserbündel, durch die besprochene Kapsel vom Drüsenparenchym getrennt, an der Drüse vorbei; gelegentlich tritt ein dünnes Bündel in die Kapsel ein, um dann nach kurzem intrakapsulärem Verlaufe in unveränderter Stärke

das Kapselbereich zu verlassen. „Es macht den Eindruck, als wäre das betreffende Nervenästchen bei Ausbildung der Kapsel mehr zufällig in dieselbe gefasst worden, hineingeraten.“ Durch das spätere Wachstum der Drüse und die Verschmelzung benachbarter, ursprünglich gesonderter Teildrüsen mag das Bild einer Einverleibung von Nervenfaserbündeln in das Drüsenstroma gelegentlich hervorgerufen werden. Die Drüsen-„Kapsel“ des Neugeborenen ist dabei wohl sicherlich kein endgültiges Gebilde, Anteile dieser Kapsel werden zu späterem „Stroma“. Die innige Beziehung der Äste des Sympathicus zu der A. sacralis media macht Stoerk die Annahme der Häufigkeit solcher „Pseudo-einverleibungs“-Vorgänge recht wahrscheinlich.

Für diese Darstellung Stoerks sprechen meine Befunde insofern, als ich wiederholt bei Neugeborenen und bei älteren Föten die unmittelbare Anlagerung der Sympathicusbündel an die Kapsel des Glomus nachweisen konnte; ja manchesmal fand ich ein starkes Nervenbündel, das bogenförmig die Kapsel des Glomus umfasste, so dass um nahezu die Hälfte des Umfanges des Glomus das Nervenbündel herumgelegt war und sich dann im weiteren Verlaufe wieder vom Knötchen entfernte. In solchen Fällen ist es leicht verständlich, dass beim weiteren Wachstum des Knötchens der Nervenstamm auf eine Strecke weit der Kapsel einverleibt wird. Schon an anderer Stelle habe ich gezeigt, dass auf dem Wege der makroskopischen Präparation der vom Ganglion coccygeum impar. ausgehende, in Begleitung der A. sacralis media verlaufende Sympathicusstamm über das Glomus hinaus zu verfolgen ist und nicht, wie Luschka annahm, in diesem sein Ende findet. Ferner konnte ich makroskopisch wiederholt ein vom Hauptstamm des Sympathicus abzweigendes Ästchen darstellen, das mit dem Glomus in Verbindung stand. Wahrscheinlich handelt es sich dabei um einen sekundär dem Knötchen einverleibten Nerven.

Ich habe seinerzeit aus Versehen nicht erwähnt, dass schon vor mir an menschlichen Embryonen von Unger und Brugsch (20) nachgewiesen worden war, dass der Sympathicus in Begleitung der Arterie sich über die Steissbeinspitze hinaus fortsetzt und dass sogar noch an der Steissbeinspitze bei einem Embryo von 15 cm Scheitel-Steisslänge ein kleines Ganglion im Sympathicusstamm gefunden wurde.

Eine Gruppe von zum Teil pigmentierten Ganglienzellen konnte ich eingelagert in den Hauptstamm des Sympathicus in unmittelbarer Nähe des Glomus bei zwei Erwachsenen und einem neugeborenen Kinde nachweisen. Auch Walker fand in einzelnen Serien Ganglienzellgruppen mit grossen pigmentierten Zellen, die in einigem Abstände von der Steissdrüse lagen.

Schon der Entdecker der Steissdrüse, Luschka, wies im „Stiele der Steissdrüse“ — d. h. in jenem Strange von Gefässen und sympathischen Nervenästen, an dem das Glomus bei makroskopischer Präparation zu hängen scheint — in vielen Fällen sowohl beim Neugeborenen als auch beim Erwachsenen Nerven nach, welche in Pacinische Körperchen eindringen. Letztere beschreibt er folgendermassen: „Bisher fand ich immer nur wenige, die stets so klein waren, dass ich sie nur unter dem Mikroskope überhaupt zu sehen vermochte. Sie waren meist auffallend lang, zeigten aber alle diesen Gebilden zukommenden Bestandteile in einer Reinheit und Schärfe, wie sie nur irgend zur Erzielung sicherer Aufschlüsse verlangt werden können“.

Walker fand „rundliche kleine Gebilde nahe der Glandula coccygea, welche aus zahlreichen konzentrischen Lagen einer homogenen Substanz bestehen; sie enthalten in den Spalten zwischen den Lagen kleine, glatte, dunkelgefärbte Kerne. Die Lagen gegen das Zentrum zu erscheinen schmaler, dunkler gefärbt, und zwischen ihnen befinden sich dunkelgefärbte Kerne von mannigfacher Gestalt. Die Gebilde gleichen den Pacinischen Tastkörperchen und dürften denselben auch tatsächlich entsprechen, nachdem ihr Zusammenhang mit Nerven nachgewiesen werden konnte. Sie fanden sich in mehreren Serien, doch konnte, trotzdem sie in manchen Schnitten der Drüse anlagen, kein Zeichen eines tatsächlichen Zusammenhangs nachgewiesen werden.“

Stoerk erwähnt ebenfalls Gebilde nach Art der Pacinischen Körperchen, die bisweilen in auffallender Reichlichkeit vorkommen und nur gelegentlich in nachbarliche Beziehung zur Drüse treten.

Ich habe wiederholt bei älteren Föten, beim Neugeborenen und in zwei Fällen beim Erwachsenen mitunter in grosser Anzahl derartige Nervenendkörper in nächster Nähe des Glomus oder auch etwas weiter von ihm entfernt gefunden.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Dass ich diese Lamellenkörperchen beim Erwachsenen nicht häufiger gefunden habe, ist wahrscheinlich dadurch erklärlich, dass fast ausnahmslos

Von den gewöhnlichen Vater-Pacinischen Körperchen unterscheiden sich diese Körperchen zunächst durch ihre geringe Grösse. Sie erreichen eine Länge von höchstens  $80\text{ }\mu$  und eine grösste Breite von  $50\text{ }\mu$ . Es kommen aber auch noch bedeutend kleinere, namentlich schmalere Körperchen vor. Sie zeigen die gewöhnlichen Bestandteile der Pacinischen Körperchen, indem zentral ein deutlicher Innenkolben liegt, der nach aussen von kernführenden Lamellen umgeben ist. Die Zahl der Lamellen ist geringer als bei gewöhnlichen Lamellenkörperchen und sie stehen dichter gedrängt als bei letzteren. Ausserdem findet man häufig mehr oder weniger gekrümmte Körperchen, so dass der Innenkolben z. B. S-förmig erscheint; den Krümmungen des Innenkolbens folgen auch die Lamellen.

Besonders auffallend ist die Tendenz dieser Körperchen, sich mit einer gemeinsamen fibrösen Kapsel zu umgeben, für den Fall, dass mehrere von ihnen eng beisammen liegen. Es entstehen dadurch zusammengesetzte Nervenendkörper, die ein ganz aussergewöhnliches Aussehen bieten.

In Fig. 8 habe ich drei derartige Körperchen, die von einer gemeinsamen Kapsel umgeben sind, abgebildet. Das Präparat stammt von einem ca. siebenmonatlichen Fötus; die Kapsel grenzt sich hier allerdings noch nicht so scharf vom umgebenden Bindegewebe ab, wie dies beim Neugeborenen der Fall ist, trotzdem ist sie aber schon deutlich durch eine dichte Lage fibrillärer Bindegewebsbündel, die quer zur Längsrichtung der Körperchen verlaufen, angedeutet. Eine derartige Gruppierung einiger weniger Lamellenkörperchen innerhalb einer gemeinsamen Kapsel findet man nicht selten. Auch beim Erwachsenen sah ich eine Gruppe von fünf gemeinsam eingekapselten kleinen Körperchen und daneben ein frei liegendes grösseres Lamellenkörperchen in unmittelbarer Nähe des Glomus.

In einem Falle konnte ich beim Neugeborenen einen aus einer grossen Anzahl von Körperchen zusammengesetzten Nervenendkörper nachweisen. Fig. 9 zeigt einen Querschnitt durch dieses auffallende Gebilde. Man kann an diesem Querschnitt 17 einzelne Körperchen zählen, die in verschiedener Richtung eingestellt

zunächst das Steissknötchen makroskopisch freipräpariert und dann erst mikroskopisch untersucht wurde, so dass vom umgebenden Bindegewebe nur wenig an den Schnitten zu sehen ist.

sind; die einen sind längs getroffen, die anderen quer oder schräg. Die Zwischenräume zwischen den Körperchen sind durch Bindegewebe ausgefüllt, in dem Kapillaren verlaufen. Alle Körperchen werden von einer  $35\ \mu$  dicken Kapsel gemeinsam eingehüllt, die aus sehr dicht gefügtem parallelfaserigem, fibrillärem Bindegewebe besteht. Sämtliche Faserzüge sind quer zur Längsachse des ganzen Gebildes gestellt und sind durch zahlreiche, chromatinreiche, stark abgeplattete Kerne ausgezeichnet. Diese derbe Kapsel grenzt sich allenthalben vollkommen scharf vom umgebenden, aus mehr locker gefügten, wellig verlaufenden Bündeln bestehenden Bindegewebe ab. Der Körper ist durch  $31\ 10\ \mu$  dicke Schnitte hindurch zu verfolgen, seine Länge würde demnach beiläufig  $310\ \mu$  betragen. Seine grösste Breite erreicht 280 und seine Dicke  $225\ \mu$ . Die Gestalt des ganzen zusammengesetzten Nervenendkörpers wäre demnach die eines etwas abgeflachten Ellipsoids. Nach beiläufiger Schätzung dürfte dieser Körper etwa 40 einzelne Endkörperchen enthalten. Verfolgt man das ganze Gebilde bis an seine Pole, so sieht man, dass an dem einen Pol ein ziemlich starker, hauptsächlich aus marklosen Fasern bestehender Nerv die Kapsel durchsetzt. Wenn auch kein direkter Zusammenhang des Körpers mit dem Glomus besteht, so ist doch seine Lagebeziehung zu letzterem eine sehr innige, indem er sich mit seinem Rande zwischen zwei Lappen des Glomus (Fig. 9 GG) förmlich einschiebt.

Findet man nicht selten mehrere Lamellenkörperchen von einer gemeinsamen Kapsel umgeben, so ist das doch nicht die gewöhnliche Erscheinungsform, sondern wir treffen häufiger die Körperchen einzeln, voneinander mehr oder weniger unabhängig in der Umgebung des Glomus gelagert.

#### Die Entwicklung des *Glomus coccygeum* beim Menschen.

Über die Entwicklung des *Glomus coccygeum* liegen bis in die neuere Zeit keine speziellen Untersuchungen vor. Erst 1899 versuchte Jakobsson (9) an einer geschlossenen Reihe von Embryonen von 1,8 cm Körperlänge bis zum Neugeborenen die Entwicklung des *Glomus* systematisch zu verfolgen.

Zum erstenmale begegnet Jakobsson der vermeintlichen Anlage des *Glomus* bei einem Fötus von 15 cm Totallänge

(8,1 cm Scheitel-Steisslänge, Ende des vierten Monats). Sie erscheint dort in der Form eines kleinen ovalen Häufchens epithelähnlicher, polygonaler Zellen und liegt unmittelbar ventralwärts von der Steissbeinspitze. „Gefässe finden sich in der Drüsenanlage selbst nicht, jedoch spärliche Kapillaren in der Kapsel und den peripherischen Teilen der Drüse. Mit dem Sympathicus steht sie durch zahlreiche Nervenfasern, welche sich unter den Zellen im Inneren verlieren, in engem Zusammenhang. Ein ähnlicher Zellkomplex, der ebenfalls auf die Drüsenanlage Bezug haben dürfte, liegt  $500\mu$  kranial von der Steissbeinspitze entfernt.“ Jakobsson bezeichnet den ersteren Zellkomplex als „eine knotenförmige Verdickung des Sympathicusgrenzstranges“. „Diesem ersten Stadium folgt in der Entwicklung der Drüse ein zweites, welches von einer starken Vermehrung der Blutbahnen gekennzeichnet ist (Fötus von 24 cm Totallänge, Ende des fünften Monats). Das Zellenklümpchen ist nunmehr von grossen Arterien und Kapillaren, welche in der Drüse ein dichtes Netz bilden, vielfach durchzogen. Im Inneren des Organes ist noch fast gar kein Bindegewebe vorhanden, nur eine Andeutung zur Lobulierung durch eine spärliche von der Kapsel ausgehende Bindegewebswucherung.“ „... Die Gefässe spielen bei der Entstehung des Organes eine sekundäre Rolle ... dagegen müssen wir die Entstehung der Drüse aus dem Sympathicus als mehr denn wahrscheinlich erachten. ... Die Parenchymzellen sind demnach mit den sympathischen Ganglienzellen homolog.“

Unger und Brugsch finden zum erstenmale bei einem Embryo von 15 cm Scheitel-Steisslänge in der Höhe des letzten Steisswirbels an dem Stamm der A. sacralis media Bildungen, die später den wesentlichen Bestandteil der Glandula coccygea ausmachen. „Man sieht nämlich an dem Stamm der Arterie kleine Gebilde, die Zweige der Arterie vorstellen und die an manchen Stellen divertikelartig ausgebuchtet sind.“ In einer Fussnote findet sich die Bemerkung: „Unsere Untersuchungen stehen im Gegensatz zu den Befunden Jakobssons. Wir finden diese Divertikel der Arterie nur an der Steissbeinspitze, im Lig. caudale verästelt sich die Arterie ohne diese Erweiterungen.“

Walker findet die Steissdrüsenanlage in dem frühesten zur Untersuchung gelangten Stadium (fünfmonatlicher Fötus, 28 cm Körperlänge, in Form einzelner Zellhaufen an der Vorderseite

des Steissbeinknorpels nahe seiner Spitze, in enger Beziehung zur Hauptarterie umgeben von einer Kapsel aus embryonalem Bindegewebe. Von einem Stroma, welches den Zellhaufen in Einzelknoten zerlegt hätte, war wenig zu bemerken. „Im Bereiche der Drüsenzellen fand sich ein wohl ausgeprägter Blutraum mit Endothel ausgekleidet, der rote Blutkörperchen enthielt. In anderen Teilen des Zellhaufens fanden sich einige wenige kleinere, gleichfalls bluthaltige Räume, und ausserdem dunkel gefärbte Kerne von ganz zarten Kapillaren, die in Windungen den Zellhaufen durchsetzen. Die Drüsenzellen gross, mit undeutlichem Kontur mit runden oder ovalen, dunkel gefärbten Kernen, welche Chromatingranula und auch ein oder mehrere Kernkörperchen enthielten. Schon in diesem frühen Stadium ist die Tendenz zur Gruppierung in Haufen zu erkennen, trotz des Mangels eines deutlichen Zwischengewebes. In nächster Nachbarschaft der Drüse lagen zwei grössere Nervenstränge.“

Die postfötalen Veränderungen an der Drüsenanlage vollziehen sich nach Walker namentlich durch die Wucherung des Bindegewebes, das in die Zellmasse eindringt und sie in zahlreiche Zellhaufen auflöst. Im Alter nimmt dann das Bindegewebe an Masse auf Kosten der Grösse der Zellhaufen zu und einzelne der zentralen Bluträume veröden.

Stoerk wendet sich mit Recht gegen die Auffassung Jakobssons, dass die Zellen des Glomus Abkömmlinge des Sympathicus seien. Nach Stoerk sind das Formgebende und zunächst in die Augen springende an der Steissdrüse die achsial in ihren Einzelanteilen verlaufenden Gefässchen. „Diese typische achsiale Gefässlagerung entspricht auch den Verhältnissen bei den fötalen Bildern der Drüse, deren jüngstes mit Sicherheit agnoszierbares Stadium ich bei einem Fötus von 150 mm in Form einer Zellmasse gesehen zu haben glaube, welche in zwei- bis fünffacher Lage noch wenig protoplasmareicher, vorwiegend längsgestellter ovaler Zellen die Arterie im Bereiche ihres Endabschnittes bis zur Steissbeinspitze und einzelne kleine Ästchen auf eine Strecke hin mantelartig umgab; eine morphologisch scharfe Abgrenzung von den (in diesem Fötalstadium noch) plumpen Mediazellen war hier nicht allenthalben möglich, nur stellenweise war eine deutlichere Unterscheidung dadurch gesichert, dass die Drüsenzellen, wenn mit ausgesprochen längsovaler Form,

der Gefässachse parallel, also mit ihrer Achse senkrecht auf die Längsachse der Mediazellen gelagert waren. Aber auch bei den späteren Stadien, in welchen die Drüse schon leicht erkennbar ist, indem ihre Form beiläufig der des Neugeborenen gleicht, kommt dieser achsiale Gefässverlauf, resp. die mantelartige Konfiguration der Drüsenzellmasse um das Endothelrohr unzweideutig zur Ansicht — ein Verhältnis, welches, wie früher erwähnt, dann auch noch während des postuterinen Drüsenwachstums zu Recht besteht.“

In einer Fussnote bemerkt Stoerk: „Tatsächlich glaube ich beträchtlich jüngere Drüsenstadien in meinen Fötenserien gesehen zu haben, nämlich im Niveau des Steissbeinendes gelegene Formationen unter dem Bilde einer umschriebenen und ringsum gleichmässigen Mediazellwucherung an der A. sacralis media, es wäre aber zur einwandsfreien Feststellung ihrer Steissdrüsen-natur das vergleichende Studium der Bilder einer lückenlosen Reihe menschlicher Föten erforderlich gewesen, was mir mein Material leider nicht gestattete.“

Der Beweis für eine genetische Beziehung zwischen Drüse und Sympathicus scheint Stoerk durch die Untersuchungen Jakobssons nicht erbracht worden zu sein und Stoerks Befunde sprechen durchaus dagegen. Stoerk glaubt vielmehr, dass die namentlich in den frühesten Stadien als Steissdrüsenanlage gedeuteten Gebilde Jakobssons nichts mit der Steissdrüse zu tun haben, sondern als junge chromaffine Körperchen anzusprechen sind.

Ich möchte gleich hier hinzufügen, dass auch nach meiner Ansicht Jakobsson bei den ersten Stadien die eigentliche Anlage des Glomus nicht gesehen hat und dass die von ihm beschriebenen Gebilde entweder, wie Stoerk glaubt, junge chromaffine Körperchen waren, oder, was mir noch wahrscheinlicher scheint, nichts anderes waren als sympathische Grenzstrangganglien. Eigentlich sagt das Jakobsson selbst mit den Worten, dass der als Steissdrüsenanlage angesehene Zellkomplex eine „Verdickung des Sympathicusgrenzstranges“ darstellte. Es würde dann der beim 8,1 cm langen Embryo Jakobssons unmittelbar ventralwärts von der Steissbeinspitze gelegene Körper dem letzten Sympathicusganglion und der etwa 500  $\mu$  weiter kränial gelegene Körper dem vorletzten Ganglion entsprechen.



Dass tatsächlich noch in der Höhe des letzten Steisswirbels ein Ganglion bei Embryonen vorkommt, geht aus den Untersuchungen von Unger und Brugsch hervor und ich kann, wie schon früher erwähnt, diese Angaben bestätigen, und zwar nicht nur für Embryonen, sondern, wenn auch nicht konstant, für den Erwachsenen. Jedenfalls ist das letzte Ganglion des Grenzstranges ein viel augenfälligeres Gebilde als die Anlage des Glomus in frühen Stadien. Da beide ventral von der Steissbeinspitze liegen, so ist eine Verwechslung immerhin möglich.

Ich wende mich nun zu meinen eigenen Untersuchungen über die Entwicklung des Glomus coccygeum.

Mein Material besteht aus folgenden Embryonen: ♀ 52, ♂ 65, ♂ 72, ♂ 85, ♂ 97, ♂ 109, ♀ 120, ♀ 125, ♀ 155, ♀ 170, ♂ 200, ♀ 260, ♂ 310 mm Scheitel-Steisslänge. Ausserdem gelangten die Steissknötchen bei mehreren teils ausgetragenen, teils nicht ausgetragenen Neugeborenen zur Untersuchung. Die Embryonen sind in verschiedenen Flüssigkeiten fixiert, zum Teil auch in Chromsäure-Gemischen. Fast ausschliesslich fertigte ich durch das Steissbein und Umgebung sagittale Schnittreihen an. Jedenfalls ist die Orientierung an Sagittalschnitten gegenüber den Querschnitten wesentlich erleichtert, indem es hier leicht gelingt, A. und V. sacralis media und den Sympathicus auf verhältnismässig wenigen Schnitten in ihrer ganzen Verlaufsänge zu verfolgen. Die Schnittdicke betrug für gewöhnlich 10  $\mu$ ; Färbung mit Hämatoxylin und Eosin.

Schon beim frühesten Stadium, das zur Untersuchung gelangte, beim ♀ Embryo von 52 mm Scheitel-Steisslänge, finde ich einwandfrei das Glomus angelegt, allerdings nicht etwa als ein sehr augenfälliges, scharf abgegrenztes Gebilde, sondern nur als eine kleine Gruppe von teilweise gewundenen kleinen Zweigen der A. sacralis media und etwas grösseren Venen zwischen vorletzter und letzter Steisswirbelanlage und zwar an deren ventraler Seite. Die Arterien zeigen an dieser Stelle — und zwar sowohl die Äste als auch der Stamm der A. sacralis media — eine im Vergleiche zur Lichtung und im Vergleiche zu weiter proximal gelegenen Abschnitten der Arterie unverhältnismässig dicke Wandung (Fig. 10). Die Zellen der Arterienwand sind etwas in die Länge gestreckt, ziemlich protoplasmaarm, die Zellkerne im allgemeinen mehr weniger oval. Zum Teil machen auch hier schon die Zellen, im

Vergleiche zu den Mediazellen an anderen Stellen der Arterie, einen verquollenen, epitheloiden Eindruck. Die Zellen sind in mehreren Schichten teils längs, teils zirkulär, teils schräg, im ganzen ziemlich unregelmässig zur Längsachse der Arterie angeordnet. Nach aussen hin grenzt sich die Arterienwand nicht scharf ab, sondern es gehen von ihr in mehr unregelmässiger Anordnung annähernd spindelförmige Zellen in das umgebende Mesenchymgewebe über. Nach innen setzt sich die verdickte Media der Arterie überall deutlich vom Endothel ab, das sich leicht an seinen regelmässig gestellten längsverlaufenden Kernen erkennen lässt.

Die Venen sind ganz dünnwandig, bestehen eigentlich nur aus dem Endothelrohr und umgeben in teilweise sehr inniger Anlagerung die Arterien. An einer Stelle glaube ich auch hier schon die Einmündung einer Arterie in eine Vene im Bereiche des Glomus gefunden zu haben. Man kann nämlich sehen (Fig. 10) wie ein mit zellreicher Wand versehenes Gefäss seine Wandung zum grössten Teil verliert und sich weiterhin als ganz dünnwandiges Gefäss, als Vene fortsetzt.

Die ganze Anlage hebt sich keineswegs scharf von der Nachbarschaft ab — von einer Kapsel ist keine Spur vorhanden — und charakterisiert sich durch den Gefässreichtum, namentlich durch den Kernreichtum der Arterienwandungen und durch ein dazwischenliegendes aus mehr spindelförmigen Zellen bestehendes Stroma. Der Sympathicus ist innig an diese erste Anlage des Glomus angelagert, eine Beteiligung seinerseits an dem Aufbaue des Glomus ist nicht nachzuweisen.

Ich halte es für überflüssig, eine genaue Stadienbeschreibung der nächsten Altersstufen zu geben. In der weiteren Ausbildung ändern sich die Verhältnisse nicht mehr wesentlich. Wir haben ja schon beim Embryo von 52 mm Körperlänge alle für das Glomus charakteristischen Bestandteile gesehen, nämlich ein Konvolut von auffallend dickwandigen Arterien und dünnwandigen Venen und wohl auch schon mit grosser Wahrscheinlichkeit eine arterio-venöse Anastomose.

Charakteristisch für die Anlage des Glomus ist seine Lage. Man findet sie stets an der ventralen Seite des Steissbeines, in frühen Stadien etwas weiter proximal zwischen der Anlage des letzten und vorletzten Steisswirbels; später rückt sie weiter distal

gegen die Steissbeinspitze. Nie konnte ich bei einem Embryo etwa an der dorsalen Seite der Steissbeinspitze oder an den proximal gelegenen ersten Steisswirbeln eine ähnliche Anlage finden.

Die Verzweigung und Schlingenbildung der Arterie wird in späteren Stadien in der Anlage des Glomus reichlicher. Die Zellen der Media blähen sich mehr und mehr auf, werden immer deutlicher epitheloid, dabei vermehren sich die Schichten in der Gefässwand. Wiederholt konnte ich an den epitheloiden Zellen der Media Mitosen nachweisen. Die mächtige Entwicklung der Zellen der Arterienwand bedingt es, dass in späteren Stadien die epitheloiden Wandungen der benachbarten anastomotischen Gefässe immer mehr und mehr miteinander zusammenfliessen, so dass schliesslich keine scharfe Grenze der einzelnen Gefässwandungen zu erkennen ist. Von einem bindegewebigen Stroma ist dann kaum etwas nachzuweisen und es macht die Anlage des Glomus mehr den Eindruck eines epitheloiden Zellhaufens mit eingelagerten, nur von einem Endothel bekleideten Gefässen. Verfolgt man aber die eintretenden Gefässe, so sieht man, dass die Elemente der Media der Arterien, wie das schon für das Glomus des Erwachsenen nachgewiesen wurde, beim Eintritt in die Anlage des Glomus sich allmählich aufblähen, wie verquollen aussehen, epitheloid werden. In jedem Falle kann man nachweisen, dass sich entweder die Vena sacralis media selbst oder wenigstens ihre direkten Zweige am Aufbau des Glomus beteiligen.

Gegen das Ende der Fötalzeit bildet sich mehr und mehr das bindegewebige Stroma aus, dadurch kommt es zur deutlicheren Abgrenzung der einzelnen mit epitheloider Wand versehenen Gefässe, immerhin sind auch noch beim Neugeborenen und mitunter noch später stellenweise die Wandungen benachbarter anastomotischer Gefässe miteinander verschmolzen. Mit der Ausbildung des Stromas beginnt auch an der Peripherie des ganzen Knötchens eine scharfe Abgrenzung in Form einer aus konzentrisch verlaufenden Bindegewebsfasern zusammengesetzten Kapsel.

Das Endothel der Arterien und Venen ist in jedem Stadium in seiner charakteristischen Anordnung als einfache flache, die Lichtung begrenzende Zellschicht zu finden.

Der Nachweis eines Überganges von Gefässen mit epitheloider Wand in Venen gelang mir ausser in dem oben erwähnten Fall

beim 52 mm langen Embryo, noch bei einem 65 mm und 260 mm langen Embryo.

Die Form der Anlage des Glomus ist sehr wechselnd. In den ersten Stadien haben wir es, wie erwähnt, keineswegs mit einem scharf abgegrenzten Gebilde zu tun und auch später handelt es sich manchmal noch um einen mehr flächenhaft ausgebreiteten Gefässkomplex, gewöhnlich aber um ein unregelmässig begrenztes Knötchen. Neben dem Hauptknoten kann man bei älteren Föten in der Nähe desselben die Anlagen von kleineren Nebenknoten finden, die sich nur durch ihre geringere Grösse vom Hauptknoten unterscheiden.

Die Lagebeziehung zwischen Sympathicus und Anlage des Glomus bleibt während der ganzen Entwicklung eine gleich innige. Wenn noch am letzten Steisswirbel ein Ganglion zu liegen kommt, so kann dies so nahe an die Steissknötchenanlage heranrücken, dass man sich zur Annahme einer Beteiligung der Ganglienzellen an dem Aufbaue des Glomus verleiten lassen kann. Diese unmittelbare Aneinanderlagerung ist aber eine rein zufällige, keineswegs konstante, da man häufig in der Höhe der Steissknötchenanlage überhaupt kein Ganglion findet. Nervenfasern, die vom Sympathicus in die Anlage des Glomus eindringen, konnte ich in keinem Falle nachweisen, allerdings waren meine Methoden nicht geeignet, etwa ganz vereinzelte sympathische Fasern zu verfolgen; grössere Bündel von Nervenfasern dürften mir aber, falls solche wirklich zwischen die epitheloiden Zellen eindringen würden, kaum entgangen sein. Den kleinen Lamellenkörperchen begegne ich in meinen Serien zum erstenmale beim 155 mm langen Embryo.

Fassen wir die über die Entwicklung des menschlichen Steissknötchens gemachten Befunde kurz zusammen, so können wir sagen, dass es in seiner ersten Anlage aus einem ventral von der Steissbeinspitze gelegenen Gefässkomplex von Arterien und Venen besteht. Die Arterien sind durch eine Wucherung der Zellen der Media charakterisiert, wie sie an anderen Stellen der A. sacralis media nicht vorkommt. Gleichzeitig mit der Zellwucherung nehmen die ursprünglich noch mehr oder weniger in die Länge gestreckten Zellen eine mehr rundliche Gestalt an, ebenso die Zellkerne, die Zellen werden epitheloid. Durch Vermehrung der epitheloiden Zellen verlieren die Wandungen benachbarter Gefässe ihre scharfe gegenseitige Abgrenzung und erst

verhältnismässig spät kommt es wieder zur mehr oder weniger deutlichen Begrenzung eines jeden Gefässes durch die stärkere Entwicklung des bindegewebigen Stroma. Direkte Übergänge von Arterien in Venen scheinen schon in den frühesten Anlagen des Glomus zu bestehen. Der Sympathicus hat mit der Bildung der für das Glomus charakteristischen epitheloiden Zellen nichts zu tun.

Jedenfalls gibt die Entwicklungsgeschichte keinen Anhaltspunkt für die Auffassung der Zellen des Glomus als Drüsenzellen. Ich glaube auch nicht, dass die epitheloiden Zellen durch eine Metaplasie aus ausgebildeten typischen glatten Muskelfasern hervorgegangen sind, sondern dass sich jene embryonalen Zellen, die an anderen Stellen sich zu typischen glatten Muskelzellen der Arterie umbilden, hier von Anfang an einen anderen Entwicklungsgang einschlagen und allmählich ihre epitheloide Beschaffenheit annehmen. Zu dieser Anschauung führt mich das Aussehen der Mediazellen in den ersten Entwicklungsstadien des Glomus. Sie geben hier keineswegs das Bild von typischen glatten Muskelfasern, indem sie niemals wie letztere so auffallend in die Länge gezogen und ihre Kerne keineswegs stäbchenförmig, sondern nur oval und nicht sehr chromatinreich sind.

#### Die Glomeruli caudales der Säugetiere.

Es lag nahe, nachdem die „Steissdrüse“ beim Menschen gefunden worden war, auch bei Säugetieren nach einem analogen Gebilde zu suchen. Von dem Gedanken ausgehend, die Steissdrüse der Tiere müsse ähnlich wie beim Menschen am 4. oder 5. Steisswirbel liegen, wurde von den ersten Autoren, die sich mit dieser Frage beschäftigten, der proximale Abschnitt des Schwanzes langschwänziger Säugetiere, wie leicht begreiflich, ohne positiven Erfolg durchmustert. Die Gebilde, die im proximalen Schwanzabschnitt als Analoga des menschlichen Glomus gedeutet wurden, dürften mit ziemlicher Sicherheit nicht solche gewesen sein, sondern es wurden hier andere Organe, möglicherweise sympathische Ganglien oder Lymphdrüsen für „Steissdrüsen“ angesehen. Dies gilt bezüglich einer Bemerkung von W. Krause (10) und von G. Meyer (14).

Krause erwähnt in einer Fussnote: „Bei *Macacus cynomolgus* ist also die *Glandula coccygea* ebenfalls vorhanden.

Sie liegt nicht etwa am Ende des Schwanzes, sondern ganz ähnlich wie beim Menschen im Beckenausgang und stellt ein spindelförmiges, hart anzuführendes Organ dar von 14 mm Länge, 2 mm Breite und  $1\frac{1}{2}$  mm Dicke. Dasselbe liegt in der Medianebene, unmittelbar vor dem Lig. longitudinale anterius des zweiten Schwanzwirbelkörpers; das obere Ende hängt mit einem Stiel zusammen, der Nervenstämmchen und Arterien enthält; die abgerundete untere Spitze findet sich in der Höhe des dritten Schwanzwirbels. Mikroskopisch untersucht, zeigen sich grössere Schläuche als beim Menschen; im Zwischengewebe der letzteren ist das glatte Muskelfasergewebe deutlicher zu erkennen, und der Reichtum an doppelt konturierten Nervenfasern ist beträchtlicher. Wie letztere endigen, war bisher nicht mit Sicherheit festzustellen.“

G. Meyer will bei der Katze ein der menschlichen Steissdrüse analoges Gebilde am 2.—3. Steisswirbel gefunden haben. Erwähnt aber ausdrücklich, dass es nie gelungen ist, dieses Gebilde von der A. sacralis media aus zu injizieren. Es enthält nur wenig Blasen und Schläuche.

Arnold (2) gebührt das Verdienst, bei Säugetieren die dem menschlichen Glomus analogen Gebilde gefunden, näher beschrieben und im grossen und ganzen richtig gedeutet zu haben.

Bei Hund, Katze, Fischotter, Eichhörnchen, Kaninchen und Ratte fand Arnold in der distalen Hälfte des Schwanzes Gefässsäcke, welche im wesentlichen mit den „Glomerulis coccygeis“ des Menschen übereinstimmen und die von Arnold als „Glomeruli caudales“ bezeichnet werden. Beim Schwein, Rind und Pferd kommen nur ausgedehnte Wundernetze vor. Stets sind die Glomeruli nur im distalen Abschnitte des Schwanzes zu finden, bei Tieren, deren Schwanzwirbel Haemalbogen tragen, erst von jenen Wirbeln angefangen, die keine ventralen Bogen mehr besitzen; so beim Hunde vom 8.—9., bei der Katze vom 8., bei der Fischotter vom 12., beim Eichhörnchen vom 10., bei Ratte und Maus vom 14. Schwanzwirbel an.

Arnold hat selbst keinen Affen untersuchen können und verweist auf den oben zitierten Befund Krauses, der nicht eher verwendet werden dürfe, als bis durch Injektion nachgewiesen ist, dass die betreffende Bildung wirklich aus Gefässschläuchen besteht und dass solche am Schwanzende nicht zu finden sind.

Auf die ausführliche Beschreibung Arnolds der Glomeruli caudales beim Hunde möchte ich etwas näher eingehen; es wird sich weiterhin zeigen, dass meine Befunde in den meisten wesentlichen Punkten übereinstimmen. Vom achten bis neunten Schwanzwirbel an nach abwärts finden sich an der A. sacralis media in grösserer oder geringerer Entfernung Gefässknäuel. Sie nehmen nach abwärts zu, um an der Schwanzspitze, d. h. auf den letzten Schwanzwirbeln, am dichtesten zu liegen, ohne dass sie jedoch zu einem grösseren Körper daselbst sich gruppieren. Das Verbindungsstück zwischen Glomeruli und der Arterie ist manchmal sehr kurz, manchmal länger. Wie beim Menschen kann man einfachere und zu einem Glomerulus gruppierte Gefässschläuche unterscheiden. „Die austretenden Gefässe sind ihrer Wandung nach entweder Kapillaren und lösen sich in einem Kapillarnetz auf, oder eine Vene, die in kleine Venen einmündet, oder es geht das austretende Gefäss wieder die Bildung eines neuen Glomerulus ein . . .“ „Auch ein direkter Übergang von Arterien in Venen hat in den Glomerulis statt, und zwar wird dieser vermittelt sowohl durch Gefässzweige, welche aus Schläuchen abgehen, als durch solche, welche aus der Teilung der zu dem Glomerulus tretenden Arterie hervorgegangen sind. An den Gefässsäcken und Schlauchbildungen zeigt die Muscularis eine beträchtliche Dicke. Die Muskelzellen sind in den äusseren Schichten länglich, haben einen spindelförmigen Kern und liegen mit ihrem Längsdurchmesser in dem des Schlauches. Nach innen von diesen finden sich mehr kurze Zellen mit vorwiegend rundlichen Kernen, die hauptsächlich im Querdurchmesser des Gefässsackes verlaufen. Die letzteren sind in grösserer Zahl angeordnet als die ersteren; ja, bei den rundlichen Gefässsäcken scheinen die in der Längsrichtung ziehenden Muskelfasern vollkommen zu fehlen. Am meisten nach innen liegt eine längsgefaltete Haut von der Beschaffenheit der elastischen Membranen, auf ihr ein wandständiges Endothel . . .“ „Am austretenden Gefäss vermisst man immer die massige Muskulatur, ja wenn der Übergang desselben in eine Vene erfolgt, so besteht es nur aus einer homogenen Wand, in der mehr oder weniger Kerne eingebettet sind; es hat den Typus eines intermediären Gefässes.“

Ihrem Wesen nach dürften nach Arnold die Glomeruli als „Hilfsapparate der Arterie“ aufzufassen sein. Vielleicht stehen

sie in einem innigen Konnex mit der Blutzirkulation in der Haut. „Jedenfalls ist das Wesen der Glomeruli caudales nicht in ihrer Lagerung auf den letzten Steissbeinwirbeln, sondern in ihrer Beziehung zum unteren Ende der *A. sacralis media* zu suchen.“

Obwohl Arnold gesehen hat, dass aus dem Glomerulus eine Vene austreten kann, so legt er auf diese Beobachtung kein besonderes Gewicht.

Hoyer (8) weist auf dem Wege der Injektion mit einer alkoholischen Schellacklösung an verschiedenen Körperstellen der Katze und des Kaninchens direkte Übergänge von Arterien in Venen nach. Während in der Regel diese Injektionsmasse nicht durch die Kapillaren hindurch in die Venen drang, füllten sich an den Stellen, wo arterio-venöse Anastomosen vorhanden waren, bei der Injektion von der Arterie aus stets auch die abführenden Venen. Dies war an der Schwanzspitze bei allen untersuchten Tieren der Fall. Nur in solchen Fällen, wo die Tiere des hinteren Drittels des Schwanzes verlustig gegangen waren, oder wo noch proximal vom hinteren Drittel eine Ligatur angelegt wurde, blieben die Venen bei der Injektion der *A. sacralis media* leer. „Die unmittelbaren Übergänge von Arterien in Venen lassen sich an der Schwanzspitze nur schwer demonstrieren, da die betreffenden Verbindungsäste grösstenteils sehr komplizierte Gefässknäuel bilden, in welchen die einzelnen Zweige unmöglich in ihrem ganzen Verlaufe klargestellt werden können. Man sieht nur, dass diese Knäuel fast ausschliesslich aus etwas stärkeren Gefässen zusammengesetzt sind, die einen komplizierten Bau der Wandung und stellenweise kleine Ausbuchtungen erkennen lassen; zu den Knäueln treten kleine, durch ihre Struktur deutlich charakterisierte Arterien- und Venenzweige, ausserdem gehen von ihnen mehr weniger zahlreiche Ästchen zu den umgebenden Teilen, insbesondere zur Haut, und lösen sich daselbst in Kapillaren auf. Die Arterien und Venen der Knäuel sowohl, als auch am Schwanze überhaupt, unterscheiden sich übrigens voneinander nur durch ihre stärkere Entwicklung der zirkulären Muskelschicht in der Media und der elastischen Schicht in der Interna der Arterien. Messungen ergaben eine Weite des Lumens von 0,01 mm an den anastomosierenden Arterien und von 0,018 mm an den zugehörigen Venen; die totale Breite des Gefässes betrug bei den ersteren 0,03, bei letzteren 0,035–0,045 mm. Beim Kaninchen sind die Gefäss-



knäuel minder reichlich entwickelt und weniger kompliziert gebaut als bei der Katze. Bei anderen Tieren (Hunden, Meer-schweinchen, Ferkeln) verfolgte Hoyer nicht direkt die arterio-venösen Anastomosen, sondern ermittelte ihr Vorhandensein nur aus dem Ergebnis der Schellackinjektion. Die Gefässknäuel findet man am reichlichsten zu beiden Seiten der A. sacralis media, doch kommen sie auch an der Seite und der Hinterfläche des Schwanzes vor. Ausserdem erwähnt Hoyer, dass er infolge Materialmangels nicht in der Lage war, zu entscheiden, ob die menschlichen Gefässknäuel unmittelbare Übergänge zwischen Arterien und Venen darstellen. Bei Kindern lieferten mehrfache Injektionen von Schellackmasse keine entscheidenden Resultate.

Vastarini-Cresi (22) erklärt sich bezüglich der Glomeruli caudales mit den Untersuchungsergebnissen Hoyers und namentlich Arnolds im grossen und ganzen einverstanden. Da seine Untersuchungen zu wenig ausgedehnt sind, erlaubt er sich kein abschliessendes Urteil.

Eigene Untersuchungen. Da ich bei allen untersuchten Tieren eine prinzipielle Übereinstimmung in der Anordnung und dem Bau der Glomeruli caudales fand, so erachtete ich es nicht für besonders wichtig, meine Untersuchungen über eine grosse Reihe von Säugetieren auszudehnen und begnügte mich mit der Darstellung der Verhältnisse bei einigen Arten. Mir war vor allem daran gelegen, die Untersuchungen Hoyers nach-zuprüfen, insbesondere in der Hinsicht, ob es sich wirklich in den Glomerulis um arterio-venöse Anastomosen handelt und ob somit eine Analogie zwischen diesen Bildungen und dem Glomus coccygeum des Menschen besteht. Wie sich aus dem Nachstehenden ergibt, stehen meine diesbezüglichen Beobachtungen mit den Angaben Hoyers im Einklang.

Zur Untersuchung gelangten: Pavian (*Cynocephalus hamadryas*), Makak (*Macacus rhesus*), Hund (*Canis familiaris*), Katze (*Felis domestica*), Fuchs (*Canis vulpes*), Iltis (*Putorius foetidus*), Kaninchen (*Lepus cuniculus*) und weisse Ratte (*Mus rattus*).

Teils wurde von der A. caudalis media (= A. sacralis media) aus mit Berlinerblaulösung injiziert, teils die Glomeruli caudales in nicht injiziertem Zustande untersucht. Einerseits wurden Schnitreihen angefertigt, andererseits nach der Injektion von der Arterie aus zunächst die Arterie mit den begleitenden Venen

freigelegt, kleine Stücke, an denen schon makroskopisch Glomeruli wahrnehmbar waren, oder wo solche vermutet werden konnten, herausgeschnitten, in Xylol aufgehell't und unter dem stereoskopischen Mikroskope, das zur Auflösung der Gefäßknäuel auch hier vorzügliche Dienste leistet, untersucht.

Als Beispiel für die Anordnung der Glomeruli möchte ich hier etwas näher die Verhältnisse beim Makak besprechen; prinzipiell sind diese Angaben für die übrigen untersuchten Tiere, mit Ausnahme der Ratte, ebenfalls gültig.

Es muss hier etwas näher auf die in unserem Gebiete in Betracht kommenden Gefäße eingegangen werden (vergl. Fig. 17). Die A. caudalis media verläuft mit zwei begleitenden Venen zunächst durch jenen unterbrochenen Kanal, der durch die Haemalbogen gebildet wird. Der letzte Haemalbogen wurde (beim Makak) am fünften Steißwirbel gefunden; er ist hier allerdings nicht mehr knöchern, sondern nur knorpelig. Weiter distal nehmen die Begleitvenen immer mehr den Charakter eines weitmaschigen, die Arterie umspinnenden Netzes an, indem sie vielfach untereinander anastomosieren; sind aber bis zur Schwanzspitze zu verfolgen, allerdings in entsprechend verjüngtem Zustande (Fig. 17). Die Hauptabflusswege des Blutes werden aber nicht durch diese Venae caudales mediae (s. anteriores) gebildet, sondern durch eine jederseits an der lateralen Seite des Schwanzes oberflächlich verlaufende Vene, eine Vena caudalis lateralis, die sich nach Durchbohrung des M. gluteus maximus nahe an seinem Kreuzbeinursprung jederseits in die V. glutea superior ergießt. Die lateralen Schwanzvenen stehen mit den Vv. sacrales mediae durch sehr zahlreiche Anastomosen in Verbindung (Fig. 17 a V). Diese anastomotischen Venenäste beginnen am vierten Schwanzwirbel, sind segmental angeordnet, derart, dass sie nur von jenem Stück der medianen Venen ausgehen, das auf dem Wirbelkörper verläuft, nicht aber von jenem Abschnitte, der auf die Zwischenwirbelscheiben zu liegen kommt. Man findet auf jedem der distalen Wirbelkörper jederseits mehrere anastomotische Venen, die gedeckt von der Schwanzmuskulatur unmittelbar am Wirbelkörper verlaufen und sich in die seitlichen Schwanzvenen ergießen. Diese anastomotischen Venen sind unter sich selbst wieder an vielen Stellen verbunden.

Die Glomeruli caudales (Fig. 17 G) liegen unmittelbar an

der *A. caudalis media*, ihre Lage in bezug zur Arterie ist im übrigen keine konstante; bald findet man sie der ventralen, bald der dorsalen, bald der lateralen Seite der Arterie innig angeschlossen. Ebenso wie die anastomotischen Venen zeigen auch die Glomeruli eine segmentale Anordnung, indem auch sie im allgemeinen nur im Bereiche der Wirbelkörper und der anastomotischen Venen gefunden werden. Nur die letzten ganz in der Nähe der Schwanzspitze gelegenen Glomeruli können von diesem Gesetze eine Ausnahme machen, indem sie hier zu grösseren, komplizierteren Körpern zusammenfliessen und sich nicht mehr streng an die Wirbelkörper halten.

Niemals fand ich, weder beim Affen, noch bei anderen Tieren, wie dies ja auch von Arnold als Regel angegeben wurde, Glomeruli im proximalen Abschnitte des Schwanzes, in jenem Teile, der durch die Haembogen charakterisiert ist.

In distaler Richtung nehmen die Glomeruli an Grösse und häufig auch an Zahl zu, so dass gegen die Schwanzspitze hin auf jedem Wirbelkörper nicht nur ein Glomerulus liegt, sondern häufig neben einem Hauptknäuel ein oder mehrere kleinere Nebknäuel zu finden sind, die wieder untereinander mehr oder weniger innig verschmelzen können. Ausnahmslos sind ganz in der Nähe der Schwanzspitze die grössten Glomeruli zu finden. Letztere erreichen eine Grösse, dass sie makroskopisch auch im nicht injizierten Zustande sichtbar sind und als lokale Verdickungen der Arterie erscheinen. Gewöhnlich nehmen sie in der Nähe der Schwanzspitze eine mehr langgestreckte Gestalt an, wobei sie eine Länge von mehreren Millimetern erreichen können. Weiter proximal sind sie makroskopisch auch nach der Injektion oft nicht wahrnehmbar, sind gewöhnlich aber schon bei Lupenvergrösserung, namentlich, wenn das Präparat aufgehellet wurde, zu finden. Unter der Lupe zählte ich beim Makak zehn Knötchen, die mit Ausnahme der zwei letzten segmental angeordnet waren.

Die Glomeruli sind derart in die Blutbahn eingeschaltet, dass die zuführenden Arterien gewöhnlich direkte Äste der *A. caudalis media* sind, während die abführenden Venen entweder direkt in die anastomotischen Venenäste, oder in die *Vv. caudales mediae* selbst einmünden.

Unter dem stereoskopischen Mikroskope lassen sich am injizierten und aufgehelleten Präparat die kleineren und einfacher

gebauten Gefässknäuel ganz gut auflösen, bei den grösseren ist dies allerdings kaum mehr möglich. Fig. 18 zeigt ein kleines Nebenknotchen neben einem grossen komplizierten Gefässknäuel. In das kleinere Knotchen dringt ein in proximaler Richtung verlaufender Zweig der A. caudalis media ein, teilt sich in mehrere Äste, die unter sich vielfach verschlungen sind und sich am anderen Pole des im ganzen spindelförmigen Knäuels in einer abführenden Vene sammeln. Letztere mündet in eine grössere V. sacralis media ein, die ihrerseits wieder durch anastomotische Äste mit der V. sacralis lateralis in Verbindung steht.

In grösseren Glomerulis können mehrere Arterien ein- und auch mehrere Venen austreten.

Am Durchschnitt durch einen Glomerulus (Fig. 11) sieht man eine grosse Menge von sehr verschiedenen getroffenen Gefässen, die in ein derbfaseriges bindegewebiges Stroma, in dem ziemlich reichliche elastische Fasern vorkommen, eingelagert sind. Alle Gefässdurchschnitte sind durch ihre im Verhältnis zur Lichtung aussergewöhnlich starke Muskulatur ausgezeichnet und unterscheiden sich dadurch von den ganz kleinen Gefässen und Kapillaren, die im Stroma verlaufen und nichts mit den arterio-venösen Anastomosen zu tun haben, sondern den Stromagefässen des menschlichen Glomus entsprechen und als Vasa vasorum aufgefasst werden dürfen. Das Stroma kann sich an der Oberfläche des Glomerulus etwas verdichten und so eine Art Kapsel bilden, wie ich das beim Pavian gefunden habe oder aber, wie das beim Hunde, bei der Katze und beim Fuchs der Fall ist, der Glomerulus ist nicht scharf abgegrenzt, sondern breitet sich mehr diffus längs der Arterie aus, indem das Stroma des Glomerulus ohne scharfe Grenze ganz allmählich in das umgebende Bindegewebe übergeht.

Im Glomerulus selbst muss man drei deutlich voneinander zu unterscheidende Gefässabschnitte auseinanderhalten; nämlich die eintretende Arterie, die austretende Vene und die dazwischen liegenden anastomotischen Gefässe.

Die eintretende Arterie stellt gewöhnlich einen ganz kurzen, dickwandigen Seitenast der A. caudalis media dar und ist häufig schon von der Abgangsstelle aus letzterer an dadurch charakterisiert, dass nach innen von der zirkulären Muskulatur Längsmuskelbündel auftreten (Fig 12), die an dem Hauptstamme der

A. caudalis media nicht vorkommen. Die elastische Innenhaut setzt sich von der A. caudalis media auf die eintretende Arterie fort.

Beim Hunde konnte ich sehen, wie eine Arterie unmittelbar nach dem Abgange aus der A. sacralis media sich in zwei ziemlich gleich starke Äste teilte, die beide in einen Glomerulus eintreten (Fig. 12).

Die anastomotischen Gefässe, welche die Fortsetzung der Arterie bilden, sind, wie schon erwähnt, gekennzeichnet durch ihre ausserordentlich dicke Media und durch das Fehlen einer elastischen Innenhaut, sowie überhaupt durch den Mangel von elastischen Häuten, die erst wieder an der austretenden Vene beginnen. Allerdings muss bemerkt werden, dass die Grenze zwischen anastomotischen Gefässen und eintretender Arterie einerseits und austretender Vene andererseits im allgemeinen keineswegs eine scharfe ist, sondern dass die Wandung der anastomotischen Gefässe gegen Vene und Arterie hin ganz allmählich ihren Charakter in entsprechender Weise ändern.

Fassen wir noch etwas näher den Bau der anastomotischen Gefässe ins Auge, so fällt uns auf, dass die Dicke der Media nicht allein bedingt ist durch die ausserordentlich starke Entwicklung der kreisförmig verlaufenden Muskelfasern, sondern dass der zirkulären Muskelschicht nach innen Längsmuskelfasern aufgelagert sind und ebenso nach aussen längs- oder mehr unregelmässig verlaufende Muskelfasern aufsitzen (Fig. 13). Die innere Längsmuskelschicht ist derart zu Bündeln angeordnet, dass letztere am Querschnitte vorspringende Wülste gegen die Lichtung hin bilden, die nur mehr vom Endothelbelag, der gewöhnlich allenthalben deutlich von der Muscularis zu unterscheiden ist, bekleidet werden. Am häufigsten findet man am Querschnitte drei gegen die Lichtung vorspringende Wülste von Längsmuskulatur, mitunter auch mehrere, so dass das Lumen einen sternförmigen Querschnitt bekommt. Andererseits kann aber auch die innere Längsmuskelschicht ganz unregelmässig angeordnet sein, oder eine kontinuierliche mehr gleich dick bleibende Schicht bilden. Die äussere Längsmuskelschicht ist nicht überall deutlich ausgebildet, aber doch fast an jedem Querschnitt eines anastomotischen Gefässes zu beobachten. Sie stellt entweder Längsbündel dar, die ganz unregelmässig der Peripherie der zirkulären Muskelschicht aufsitzen und oft eine ziemlich beträchtliche Ausbildung erlangen

können, oder aber sie besteht aus nicht zu Bündeln zusammengefassten mehr vereinzelt auftretenden Muskelfasern, die peripherwärts immer spärlicher werden und sich allmählich in das umgebende Stroma verlieren. Wie erwähnt, kann diese äussere Muskelschicht mitunter auch dadurch ausgezeichnet sein, dass die Muskelfasern nicht alle in einer Richtung angeordnet sind, sondern kreuz und quer durcheinander liegen. Die äussere Muskelschicht macht oft die Abgrenzung einer Gefässwand gegenüber einer benachbarten schwierig, so dass man nicht imstande ist, genau zu bestimmen, welche Muskelfasern noch dem einen und welche dem anderen anastomotischen Gefässe zuzurechnen sind. Dadurch erhalten wir ein Bild, das uns an das Verschmelzen der Gefässwandungen (d. i. der epitheloiden Zellmassen) benachbarter Gefässe im menschlichen Glomus erinnert.

Eine vom Stroma abzugrenzende Adventitia kommt den Gefässen der Glomeruli ebensowenig zu wie den Gefässen des menschlichen Glomus, man muss vielmehr das ganze bindegewebige Stroma als verschmolzene Adventitia sämtlicher anastomotischer Gefässe auffassen.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Muskelfasern der anastomotischen Gefässe fällt einem auf, dass die grosse Mehrzahl der Muskelfasern der anastomotischen Gefässe sich von den Muskelfasern der *A. caudalis media* unterscheiden. Am Querschnitt erscheinen sie viel grösser als die Muskelfasern der *A. caudalis*, während ihre Länge abgenommen hat. Am Querschnitt ist daher in der Mehrzahl der Muskelfasern der Kern getroffen (Fig. 13, 14). Ausserdem sind die Kerne nicht mehr stäbchenförmig, sondern stark verdickt und oval, ja oft nahezu kugelförmig; dabei färben sie sich schwächer mit Kernfarbstoffen, sind chromatinarm, meistens mit einem deutlichen Kernkörperchen versehen. Die Muskelfasern sehen wie verquollen aus und färben sich bei Anwendung von Pikrinsäure-Säurefuchsin nach van Gieson etwas schwächer gelb als die Muskelfasern der benachbarten Arterien. Kurz wir erhalten hier mitunter ziemlich ähnliche Bilder wie vom Glomus des Menschen (Fig. 14). Die Muskelfasern nähern sich dem epitheloiden Typus, erreichen allerdings in ihrer Gesamtheit nicht den gleichmässig hohen Grad der epitheloiden Ausbildung wie im menschlichen Glomus (Fig. 15). Dabei sind alle Übergänge an ein und demselben Glomerulus von gewöhnlich aussehenden Muskelfasern

bis zu den stark modifizierten Muskelzellen von epitheloidem Charakter nachzuweisen, wenn man die eintretende Arterie in das Glomus hinein verfolgt. Schon gleich bei ihrem Abgang von der A. caudalis media kann man an den Muskelfasern etwas weniger stäbchenförmige, schon mehr ovale Zellkerne nachweisen. Je weiter man gegen die dickwandigen anastomotischen Gefässe vordringt, um so deutlicher treten die Veränderungen an den Muskelfasern hervor. Selbstverständlich wird mit der Verkürzung und Verbreiterung der Muskelfasern und der Abrundung ihrer Kerne auch die Schichtung in den anastomotischen Gefässen in längs und zirkulär verlaufende Lagen undeutlich und dadurch die Ähnlichkeit mit den Gefässen des menschlichen Glomus noch vergrössert (Fig. 14).

Wir sehen aus dem Gesagten, dass zwischen den charakteristischen Zellen des menschlichen Glomus und denen der Glomeruli caudales der Tiere kein prinzipieller, sondern nur ein gradueller Unterschied besteht.

Es scheint mir auch, dass bei verschiedenen Tierarten ein verschieden hoher Grad der epitheloiden Ausbildung der Muskulatur erreicht werden kann, allerdings ist es fraglich, ob diese Erscheinung überhaupt als Artcharakter aufgefasst werden darf und nicht etwa individuell grossen Schwankungen unterworfen ist. Dass das epitheloide Aussehen der Muskelfasern nicht nur der Ausdruck eines bestimmten Kontraktionszustandes ist, ergibt sich schon daraus, dass man derartige Muskelzellen sowohl bei Gefässen mit weiter wie auch mit enger Lichtung findet. Selbstverständlich soll damit aber nicht gesagt sein, dass der Kontraktionszustand auf die Form der Muskelfasern ohne Einfluss wäre.

Das Perimysium internum der anastomotischen Gefässe der Glomeruli caudales verhält sich genau so wie das des menschlichen Glomus. Färbt man nach van Gieson, so erhält man eine ähnliche Zeichnung am Querschnitt wie beim menschlichen Glomus, indem sich das zwischen den Muskelfasern gelegene bindegewebige Wabenwerk intensiv rot färbt. Nach Färbung auf elastisches Gewebe mit Resorcin-Fuchsin kann sich teilweise das Perimysium schwach färben, namentlich kann dies der Fall in der Nähe der eintretenden Arterie sein; am Übergang von der Arterie in das anastomotische Gefäss kommen auch noch einzelne zwischen den Muskelfasern verlaufende elastische Fasern vor, die aber weiter-

hin sich bald vollständig verlieren, so dass eben, wie schon oben erwähnt, die anastomotischen Gefässe charakterisiert sind durch den Mangel der elastischen Membranen.

Was den Grad der epitheloiden Beschaffenheit der Muskelfasern anlangt, so erreichen die untersuchten Raubtiere (Fuchs, Hund, Katze, Iltis [Fig. 14]) eine höhere Stufe als die Affen (Pavian, Makak). Namentlich der Pavian zeigt nur eine verhältnismässig wenig modifizierte Muskulatur (Fig. 13). Beim Makak fand ich am häufigsten die inneren Längsmuskelfasern epitheloid umgewandelt, weniger häufig die Zellen der anderen Schichten. Bei den Raubtieren scheint keine Schicht diesbezüglich besonders bevorzugt zu sein.

Gegen die abführende Vene hin nehmen die Muskelfasern ganz allmählich wieder ihr gewöhnliches Aussehen an.

Die abführenden Venen selbst sind immerhin ziemlich stark muskulös, namentlich fallen an ihnen häufig starke Längsmuskelbündel auf, während die zirkuläre Muskulatur im Vergleich zur Arterie immer bedeutend schwächer und nicht zu einer so kompakten regelmässigen Schicht geordnet ist, wie an den Arterien. Sollte man im Zweifel sein, ob diese abführenden Gefässe wirklich Venen sind oder Arterien mit etwas modifizierter Wandung, so darf man das abführende Gefäss nur eine Strecke weit in der Serie verfolgen, man wird dann bald auf Klappen kommen, die hier ebenso wie beim Menschen in den grösseren Venen in reichlicher Anzahl zu finden sind.

Bezüglich der Lichtung der anastomotischen Gefässe wäre zu erwähnen, dass diese, wie das an allen Arterien, die eine deutlich ausgebildete Längsmuskulatur besitzen, der Fall ist, vollständig verschwinden kann, mit anderen Worten, dass die anastomotischen Gefässe für den Blutstrom undurchgängig werden können, dass die arterio-venösen Nebenschliessungen in diesem Falle ausgeschaltet sind.

Im Maximum fand ich bei *Cynocephalus* eine Weite der Lichtung der anastomotischen Gefässe von 50  $\mu$ . Im allgemeinen schwankt die Durchschnittsgrösse der anastomotischen Gefässe bei *Cynocephalus* zwischen 60—130  $\mu$ , bei einer Lichtung von 13—50  $\mu$ . Die Dicke einer zuführenden Arterie betrug 180  $\mu$  bei einer Lichtung von 65  $\mu$  im Durchmesser und die der abführenden Vene 100  $\mu$  bei einer Lichtung von 65  $\mu$ .



Beim Makak und den Raubtieren, namentlich bei Hund und Fuchs, ist die Wandungsdicke der anastomotischen Gefässe im Verhältnis zum Gesamtquerschnitt des Gefässes im allgemeinen grösser als beim Pavian, entsprechend der stärker epitheloiden Ausbildung der Muskulatur; bei vollständig geschlossenen Gefässen fand ich beim Hunde eine Querschnittsgrösse von ca. 100  $\mu$ , welche also ausschliesslich auf Kosten der Wandung zu setzen ist. Zuführende Arterie und abführende Vene erreichen beim Hunde beiläufig die Grösse wie beim Pavian. Allerdings muss bemerkt werden, dass alle Maße an den anastomotischen Gefässen nur ganz beiläufig angegeben werden können, da einerseits die in die Lichtung vorspringenden Längsmuskelwülste, andererseits die mehr diffus sich ausbreitende äussere Längsmuskulatur eine exakte Messung unmöglich machen.

Die im Vorstehenden gegebene Beschreibung gilt für alle untersuchten Tiere mit Ausnahme des Kaninchens und der Ratte. Bei ersterem sind zwar auch arterio-venöse Anastomosen ausgebildet, aber die anastomotischen Gefässe bilden keine abgegrenzten Knötchen, sondern sie breiten sich längs der A. caudalis media in nur wenig gewundenen Zügen aus, sind im ganzen klein und zeigen nicht die mächtige Entwicklung der Muscularis, wie die anderer Tiere. Immerhin lassen sich auch hier stellenweise innere Längsmuskelbündel und eine schwache epitheloide Modifizierung der Muskelzellen nachweisen.

Bei der Ratte konnte ich nicht mit Sicherheit das Vorkommen von Anastomosen konstatieren. Ich fand wohl im distalen Abschnitt des Schwanzes in der Umgebung der A. caudalis media Gefässkonvolute von kleinen Gefässen, die durch eine verhältnismässig starke Muscularis ausgezeichnet waren und die wahrscheinlich als anastomotische Gefässe anzusehen sind, es sind aber die ganzen Gebilde so klein, dass es jedenfalls sehr schwer fällt, ein kleines Bild von dem ganzen Gefässzusammenhang zu erlangen.

Aus dem Mitgeteilten ergibt sich, dass die anastomotischen Gefässe, die den wesentlichen Bestandteil der Glomeruli caudales der Säugetiere ausmachen, sich durch ihren Bau von den Arterien und Venen unterscheiden und so, wie im menschlichen Glomus coccygeum, weder als Arterien noch als Venen bezeichnet werden dürfen, sondern als ein dritter zwischen beiden gelegener gut

charakterisierter Gefäßabschnitt. Selbstverständlich können wir die anastomotischen Gefäße auch nicht den Kapillaren gleich setzen, sie unterscheiden sich von letzteren nicht nur durch ihre für gewöhnlich grössere Lichtung, sondern ganz besonders durch die mächtige Muskulatur. Die eigentümliche Schichtung der Muscularis hat zum Teil wenigstens schon Arnold erkannt, indem er von einer oberflächlichen längsverlaufenden Muskelschicht und einer inneren zirkulären Schicht spricht. Die charakteristische innere Längsmuskelschicht erwähnt Arnold allerdings nicht. Dass schon Arnold die Form der Muskelfasern und ihrer Kerne in der zirkulären Schicht aufgefallen ist, geht aus der Bemerkung hervor, dass es mehr kurze Zellen mit vorwiegend rundlichen Kernen sind.

Hoyer spricht von einem komplizierten Bau der Wandung der anastomotischen Gefäße und von kleinen Ausbuchtungen, die man stellenweise an ihnen erkennt. Vielleicht bezieht sich die letztere Bemerkung auf die Einbuchtungen der Wandung, die dadurch entstehen, dass die innere Längsmuskelschicht bündelweise angeordnet gegen die Lichtung vorspringt.

Vergleichen wir die an den Glomeruli caudales erhobenen Befunde mit den Angaben, die über arterio-venöse Anastomosen an anderen Körperstellen gemacht wurden, so ergibt sich in den Hauptzügen eine auffallende Übereinstimmung. Ich will hier nicht die ganze Literatur über arterio-venöse Anastomosen heranziehen, sondern nur auf zwei diesbezügliche neuere Arbeiten hinweisen, nämlich auf die Untersuchungen Grossers (6) „Über arterio-venöse Anastomosen an den Extremitätenenden beim Menschen und den krallentragenden Säugetieren“, und auf die etwas später erschienene Arbeit von Vastarini-Cresi (21, 22), in der namentlich die bisher vorliegende Literatur über diesen Gegenstand ausführlich wiedergegeben ist.

Nach Grosser sind die anastomotischen Gefäße an den Endphalangen ausgezeichnet durch ihre dicke Wandung, durch das Vorhandensein von Längsmuskelbündeln innerhalb der Ringmuskulatur, die in der Regel als Wülste am Querschnitt gegen die Lichtung vorragen und durch das Fehlen des elastischen Gewebes; alles Merkmale, die wir auch an den anastomotischen Gefäßen der Glomeruli caudales wiederfinden.

Ganz ähnlich verhalten sich auch nach von Ebner (4) die Rankenarterien (*A. helicinae*), welche in Form von vielfach gewundenen knäuel- oder büschelartigen Arterien in den kavernösen Bluträumen liegen und fast vollständig des elastischen Gewebes entbehren, insbesondere einer zusammenhängenden elastischen Innenhaut. Dagegen besitzen die Rankenarterien eine kräftige Ringmuskelhaut und zahlreiche, als wulstartige Verdickungen in die Lichtung vorspringende Gruppen von Längsmuskeln. An Durchschnitten erscheint daher die Lichtung der Rankenarterien wie mit zahlreichen seitlichen Ausbuchtungen versehen.

Die anastomotischen Gefässe an der Fingerbeere des Menschen unterscheiden sich nach Grosser in einigen Punkten von denen der Säugetiere. Vor allem ist bei ersteren wieder die bedeutende Wanddicke und deren grosser Kernreichtum auffallend. „Die periphere Häufung der Kerne ist aber auch, zusammen mit der eigentümlichen Anordnung der Muskulatur, die Ursache, dass die Anastomosen der Fingerbeere im kontrahierten Zustande (also wenn nicht injiziert) am Querschnitte bei schwachen Vergrösserungen den Schweissdrüsen bis zu einem gewissen Grade ähnlich sehen.“ Im allgemeinen tritt am Abgang von der Arterie unter dem Endothel eine mächtige Längsmuskelschicht auf und zwar zu einzelnen Bündeln geordnet oder das ganze Lumen, wenn auch in ungleicher Dicke, umgebend. Nach aussen von der Längsmuskulatur folgt die von Grosser als „kleinzellige Schicht“ bezeichnete Lage, charakterisiert durch zahlreiche stark färbbare Kerne. Das Protoplasma dieser Zellen färbt sich nach van Gieson nicht genau so strohgelb wie die Arterienwand, sondern ähnlich wie das Protoplasma der Schweissdrüsen mit einem Stich ins Braune. Die Zellen dieser Schicht sind länglich, glatten Muskelzellen ähnlich, aber nach allen Dimensionen kleiner und namentlich viel kürzer. Ihre Kerne sind längsoval aber nicht stäbchenförmig und sehr chromatinreich. „Der Verlauf der Zellen in der Gefässwand ist annähernd quer oder schräg, sie sind aber ziemlich regellos verflochten. Im ganzen genommen, scheint hier glatte Muskulatur vorzuliegen, die sich aber doch in manchen Punkten von der typischen Muskulatur unterscheidet (nach der Färbbarkeit, Form und Grösse der Elemente). Vielleicht ist sie als eigenartig differenzierte Form derselben aufzufassen.“

Diese von Grosser als „kleinzellige Schicht“ bezeichnete

Lage dürfte den von mir beschriebenen Formen der Muskelfasern mit epitheloidem Aussehen an die Seite zu stellen sein, wenn auch meine Befunde an den Glomerulis nicht in allen Punkten mit der Beschreibung Grossers genau übereinstimmen. Namentlich finde ich die Kerne chromatinarm und die ganzen Zellen im Vergleiche zu typischen Muskelzellen wohl bedeutend verkürzt, aber nicht verschmälert, sondern im Gegenteil von grösserer Dicke als die typischen Muskelfasern. Jedenfalls ist es nicht ohne Bedeutung, dass nicht nur in den Gefässen der Glomeruli caudales eine eigenartig modifizierte Muskulatur zu finden ist, sondern ebenso an den arterio-venösen Anastomosen an einer anderen Körperstelle.

Vastarini-Cresi schliesst sich bezüglich der Anastomosen an den Endgliedern des Menschen und der Säugetiere vollinhaltlich den Ausführungen Grossers an. Auch an den arterio-venösen Anastomosen im Kaninchenohr fällt nach diesem Autor an den anastomotischen Gefässen ihre ausserordentlich entwickelte Muscularis auf; und zwar findet er hier eine innere zirkuläre und eine äussere Längsmuskelschicht. Je nach der Weite der Lichtungen der anastomotischen Gefässe erhielt Vastarini-Cresi bei der Injektion entweder: a) Füllung der Arterien der anastomotischen Gefässe und der Venen ohne Füllung der Kapillaren, b) Füllung sämtlicher Gefässabschnitte oder endlich c) Füllung der Arterien der Kapillaren und der Venen ohne Füllung der anastomotischen Gefässe. Im ersten und zweiten Falle sind die Anastomosen weit offen, während sie im dritten Falle vollständig oder nahezu geschlossen sind.

Diese Angaben kann ich insofern für die Glomeruli caudales bestätigen, als in einem Falle bei einem Makakin die anastomotischen Zweige keine Injektionsmasse eindrang, obwohl alle übrigen Gefässe inklusive der Kapillaren gefüllt waren. Tatsächlich war auch in diesem Falle an der Mehrzahl der Durchschnitte der anastomotischen Gefässe entweder die Lichtung vollständig oder doch nahezu vollständig geschlossen. In anderen Fällen bei weit geöffneten Anastomosen gelingt die Injektion derselben sehr leicht, was sich schon während der Injektion dadurch zu erkennen gibt, dass gleich zu Beginn derselben die durch die Arterie eingespritzte Flüssigkeit aus den Venen herausdringt, noch bevor

die Kapillaren gefüllt sind; Beobachtungen, die den gemachten Erfahrungen am menschlichen *Glomus coccygeum* entsprechen.

Noch einen Punkt möchte ich hier kurz berühren. Es wurde schon eingehend das Vorkommen von einzelnen oder gruppierten Lamellenkörperchen in der nächsten Nähe des menschlichen *Glomus* besprochen. Dass Pacinische Körperchen auch im Schwanze von Säugetieren vorkommen, konnte ich schon in meiner Arbeit über die Schwanznerven zeigen. Ich erwähnte dort, bei einer Katze im distalen Teile des Schwanzes längs der *A. caudalis media* vereinzelte Pacinische Körperchen gefunden zu haben und ebenso bei einem *Macacus rhesus* und zwar bei letzterem vom 1.—5. Schwanzwirbel zu beiden Seiten der Arterie, entsprechend den Wirbelkörpern in segmentaler Anordnung. An einer Stelle konnten fünf knapp nebeneinander liegende Körperchen nachgewiesen werden. Weiterhin fand ich beim Iltis in der Nähe eines Glomerulus fünf Pacinische Körperchen, drei davon eng beisammen liegend. Diese Lamellenkörperchen unterscheiden sich von den beim Menschen in der Nähe des *Glomus* gelegenen Körperchen dadurch, dass sie grösser sind, annähernd von der Grösse der Pacinischen Körperchen an anderen Körperstellen. Ausserdem fand ich nie bei Tieren mehrere Körperchen von einer gemeinsamen Kapsel umgeben. Lamellenkörperchen scheinen unmittelbar an der Schwanzspitze nicht vorzukommen, sondern stets etwas weiter proximal. Dass ich verhältnismässig nur selten derartige Körperchen fand, mag wohl darin seinen Grund haben, dass ich gewöhnlich die Arterie mit den damit in Verbindung stehenden Glomerulis freipräparierte, dann erst einbettete und Schnittreihen anfertigte. Wenn nun die Lamellenkörperchen nicht in unmittelbarer Nähe der Glomeruli gelegen sind, so mussten sie mir natürlich entgehen.

### **Zusammenfassung.**

Das *Glomus coccygeum* des Menschen entspricht in allen wesentlichen Punkten den Glomeruli caudales der Säugetiere. Während letztere auf mehrere Segmente des Schwanzes verteilt sind, drängen sich beim Menschen die homologen Gebilde an der Steissbeinspitze zusammen zur Bildung eines Hauptknötchens und kleinerer Nebenknötchen.

Die Glomeruli caudales und das Glomus coccygeum sind als arterio-venöse Anastomosen aufzufassen und wie an anderen derartigen Anastomosen, kann man auch hier drei verschieden gebaute Gefässabschnitte unterscheiden: nämlich die zuführende Arterie, die abführende Vene und zwischen Arterie und Vene die anastomotischen Gefässe.

Während sich Arterie und Vene nicht wesentlich von denen anderer Körperteile unterscheiden (höchstens durch die teilweise stärker entwickelte Muscularis und die Arterie bei Tieren durch das häufige Vorkommen einer inneren Längsmuskelschicht), sind die anastomotischen Gefässe im menschlichen Glomus ausgezeichnet durch die dicke epitheloide Wandung, im tierischen Glomerulus, sowie in anderen arterio-venösen Anastomosen durch die mächtige Muskulatur mit charakteristischer Schichtung, mehr oder weniger ausgesprochenem epitheloidem Aussehen der einzelnen Muskelfasern und das nahezu vollständige Fehlen des elastischen Gewebes.

Die Grenze zwischen anastomotischen Gefässen und Arterie einerseits und Vene andererseits ist keine ganz scharfe, sondern es ändert die Arterienwand allmählich ihren Charakter, um den der anastomotischen Gefässe anzunehmen, und gewöhnlich, namentlich bei Tieren, wandelt sich das anastomotische Gefäss ganz allmählich in die abführende Vene um.

Verfolgt man im menschlichen Glomus die eintretende Arterie, so sieht man, wie sich alle ihre Wandbestandteile auf das anastomotische Gefäss fortsetzen. Das Endothel geht unverändert von der Arterie auf die Anastomosen über, die Muscularis der Arterie ändert allmählich ihr Aussehen derart, dass ihre Zellen sich immer mehr und mehr verkürzen, dabei breiter werden, wobei auch die Zellkerne aus ihrer ursprünglich stäbchenförmigen Gestalt allmählich in eine kugelige übergehen und dabei schwächer färbbar werden, sodass an den anasto-

motischen Gefässen die als Fortsetzung der Muscularis der Arterie zu betrachtende Schicht keineswegs mehr das gewohnte Aussehen der glatten Muskulatur bietet und daher auch bisher — mit Ausnahme Stoerks, der eine Beziehung der Zellen des Glomus zu den Mediaelementen der Arterie mit einiger Wahrscheinlichkeit vermutet — als alles denkbar andere, aber nur nicht als das, was sie wirklich ist, nämlich als modifizierte Muscularis der Gefässe des Glomus, aufgefasst wurde.

Das Bindegewebe der glatten Muskulatur, des Perimysium internum, setzt sich von der Arterie ebenfalls auf die Anastomosen fort, so dass dadurch die epitheloiden Zellen in ein Wabenwerk von Bindegewebe (das sich allerdings manchmal auch mit Resorcin-Fuchsin intensiv färbt) zu liegen kommen.

Die Adventitia der eintretenden Arterie findet ihre Fortsetzung als Stroma des Glomus.

Das menschliche Glomus ist daher ebenso wie der tierische Glomerulus aufgebaut aus einem Konvolut von sich verzweigenden und vielfach windenden Gefässen. Fremde Elemente, die nicht den Gefässen zuzurechnen wären, kommen im Glomus nicht vor; nirgends findet man etwa epitheloide Zellgruppen, die unabhängig von einem Gefässe irgendwo im Stroma liegen; die sämtlichen für das Glomus charakteristischen Zellen sind ausschliesslich Gefässwandbestandteile und bilden in ihrer Gesamtheit die Media der anastomotischen Gefässe.

Für die Auffassung der Zellen des Glomus als modifizierte glatte Muskelfasern spricht nicht nur ihr allmählicher Übergang in typische Muskelzellen an der eintretenden Arterie, sondern namentlich auch die vergleichende Anatomie und die Entwicklungsgeschichte.

Bei den Glomerulis der Tiere haben wir gesehen, dass an der mächtigen Muscularis der anastomotischen Gefässe im allgemeinen drei Schichten unterschieden werden können. Die Hauptschicht ist die zirkuläre, dazu kommt noch eine nach innen und aussen auf diese aufgelagerte Längsmuskelschicht. Die innere Längsmuskelschicht bildet gewöhnlich gegen das Lumen vorspringende Wülste, die aussere Längsmuskelschicht ist ganz unregelmässig

verteilt, häufig auch in Form mehr vereinzelter Fasern in das Stroma eingestreut.

Nun wurde nachgewiesen, dass im allgemeinen alle Muskelfasern der anastomotischen Gefässe des Glomerulus sich auszeichnen durch ihre Kürze, ihre grössere Breite, schwächere Färbbarkeit der Kerne und des Zelleibes gegenüber den Muskelfasern der *A. caudalis media*. Weiterhin können die Muskelfasern der anastomotischen Gefässe des Glomerulus diese Eigenschaften in erhöhtem Maße zeigen. Ihre Verkürzung und die gleichzeitige Verdickung kann hochgradiger werden, womit die entsprechenden Veränderungen des Zellkernes einhergehen, der anstatt der typischen Stäbchenform nahezu Kugelform erreichen kann. Dadurch erhalten die Muskelzellen ein Aussehen, das dem der Zellen des menschlichen Glomus ausserordentlich nahe kommt, ja von einzelnen Zellen vielleicht vollkommen erreicht wird. Natürlich wird mit der Annahme des epitheloiden Aussehens der glatten Muskulatur die Schichtung derselben in verschieden verlaufende Lagen undeutlicher und muss vollständig verschwinden, sobald die Muskulatur jenen Grad der Modifizierung erreicht hat wie beim Menschen, wo die Zellen annähernd nach allen Richtungen dieselben Dimensionen aufweisen, kugelig sind und nur durch die gegenseitige Aneinanderlagerung sich seitlich etwas abflachen.

Vergleicht man Fig. 13, 14, 15 miteinander, so haben wir bei Fig. 13, die einen Querschnitt eines anastomotischen Gefässes vom Pavian darstellt, den geringsten Grad der Modifizierung der Muskulatur, in Fig. 14 vom Hunde wird schon ein höherer Grad erreicht und in Fig. 15 aus dem menschlichen Glomus der höchste Grad.

Entwicklungsgeschichtlich gibt sich die erste Anlage des menschlichen Glomus als eine lokale Verdickung der *A. sacralis media* und ihrer ventral von der Steissbeinspitze in grösserer Menge abgehenden Äste zu erkennen. Auch in diesem ersten Stadium scheint schon der Übergang von Arterien in Venen (die arterio-venösen Anastomosen) ausgebildet zu sein. Wenn auch die mehrfachen Lagen der Zellen der Media, welche eben die Wand-



verdickung der Arterie bedingen, noch nicht die epitheloide Beschaffenheit in dem hohen Grade erreicht haben wie im Glomus der Erwachsenen, so unterscheiden sie sich doch schon von den Muskelfasern der A. sacralis media in weiter proximal gelegenen Abschnitten durch ihre geringere Länge, grössere Dicke und durch den mehr rundlichen, schwächer färbbaren Kern. Es zeigen also schon beim Embryo die Muskelfasern des späteren Glomus ein epitheloides Aussehen, allerdings in geringerem Grade als beim Erwachsenen. Daher glaube ich auch annehmen zu dürfen, dass sich die charakteristischen Zellen des Glomus nicht auf dem Wege einer Metaplasie aus schon fertig ausgebildeten glatten Muskelfasern umbilden, sondern dass es sich schon vom Anfange an um modifizierte Muskelfasern handelt, wobei im weiteren Laufe der Entwicklung die Modifizierung nur noch stärker zutage tritt.

Dass die Zellen des Glomus kontraktile sind, trotzdem es mir nicht gelungen ist, an ihnen eine fibrilläre Struktur nachzuweisen, glaube ich, geht daraus hervor, dass man Steissknötchen finden kann, deren anastomotische Gefässe im Gegensatze zu anderen Fällen vollständig oder doch nahezu vollständig geschlossene Lichtungen aufweisen; ebenso wie es bei Tieren gelegentlich im Glomerulus zu vollständigem Verschluss der Gefässe kommen kann. Bei letzteren ist es namentlich die innere Längsmuskulatur, die den Verschluss des Gefässes vervollständigen hilft, wie dies ja auch für andere Arterien, in denen Längsmuskulatur vorkommt, nachgewiesen wurde.

Wenn auch die Zellen des menschlichen Glomus uns in einer ganz anderen Gestalt, als wir typische Muskelfasern zu sehen gewohnt sind, entgegentreten, so müssen sie meines Erachtens nach aus den angeführten Gründen doch als modifizierte Muskelzellen aufgefasst werden.

Dass glatte Muskelfasern nicht ausschliesslich in Spindelform auftreten müssen, ist wohl am schlagendsten von S. Mayer (13) durch den Nachweis der verzweigten Muskelfasern an den Kapillaren festgestellt worden, Zellen, die früher entweder für Binde-

gewebs- oder Ganglienzellen gehalten wurden. Dass auch an den Anastomosen in der menschlichen Fingerbeere Grosser (6) ein eigentümliches Gewebe fand, das er als „kleinzelliges Gewebe“ bezeichnete und das wohl sicher als modifizierte Muskulatur angesehen werden darf, wurde schon hervorgehoben. Bezüglich einiger Angaben über das Vorkommen ungewöhnlicher Elemente in Gefässwandungen sei auf die Arbeit Grossers verwiesen.

Es wäre immerhin daran zu denken, dass die eigentümliche Beschaffenheit der Muskelzellen sie zu einer besonderen Funktion befähigt, möglicherweise, dass durch diese Form der Muskelzellen leichter ein vollständiger Verschluss der Lichtung erreicht wird; denkbar wäre schliesslich auch eine Art rhythmischer Kontraktion.

Sowohl in den Glomerulis der Säugetiere wie im Glomus des Menschen zeigen benachbarte Gefässwandungen die Tendenz miteinander zu verschmelzen, so dass stellenweise eine scharfe Abgrenzung der einzelnen Wandanteile unmöglich wird.

Im menschlichen Steissknötchen sowie in den Glomerulis der Tiere kommen im Stroma kleine Gefässe vor, die als Vasa vasorum aufzufassen wären, da das Stroma im wesentlichen nichts anderes als die Adventitia der anastomotischen Gefässe darstellt.

Der Nachweis von Nerven innerhalb der Steissknötchen gelingt ohne Anwendung von spezifischen Färbemethoden wohl kaum; dass etwa Nerven in besonders grosser Menge bis zu den anastomotischen Gefässen vordringen, ist sicher nicht der Fall, ebensowenig als für das menschliche Glomus eine Beteiligung sympathischer Elemente an dem Aufbau während der Entwicklung nachgewiesen werden kann. Der Sympathicus und die Anlage des Glomus stehen lediglich in einer sehr innigen Lagebeziehung, wie dies schon von Stoerk gezeigt wurde. Damit fällt auch die Vermutung, dass es sich im Glomus coccygeum um ein Paraganglion handeln könnte. Es soll aber damit keineswegs gesagt sein, dass keine Nerven in das Glomus eintreten, sondern es ist zu erwarten, dass ebenso wie alle übrigen Gefässe auch die Wandungen der Anastomosen von Nerven versorgt werden.

Da wir demnach gesehen haben, dass die wesentlichen Elemente des Steissknötchens anastomotische Gefässe mit modifizierten Wandungen sind, so wird wohl am besten die

Bezeichnung *Glomus coccygeum* beibehalten; letztere ist jedenfalls der Bezeichnung *Glandula coccygea* vorzuziehen, da nicht der geringste Anhaltspunkt für die Annahme einer sekretorischen Tätigkeit vorliegt.

Wollen wir eine Erklärung der funktionellen Bedeutung des *Glomus* und der *Glomeruli* zu geben versuchen, so müssen wir uns auf das Gebiet der Hypothese wagen. Jedenfalls kommt diesen Bildungen dieselbe Funktion zu wie den arterio-venösen Anastomosen überhaupt.

Ich will hier nicht alle theoretischen Betrachtungen, die bisher über die Bedeutung der arterio-venösen Anastomosen angestellt wurden, wiederholen, sondern möchte nur auf die Erklärung Hoyer's über die Funktion der Anastomosen eingehen.

Nach Hoyer würden letztere eine Art von Nebenschliessungen oder Sicherheitsröhren darstellen, welche die Zirkulation vor grösserer Stauung bewahren und insbesondere den Kapillarkreislauf gewisser Bezirke regulieren. Bei jeder Erweiterung der zuführenden Arterien, welche in den zugehörigen Kapillaren einen vermehrten Blutzufluss und erhöhten Druck zur Folge haben muss, werden sich auch jene Nebenschliessungen erweitern, welche den Überschuss der zuströmenden Blutmasse direkt nach den Venen ableiten; umgekehrt werden diese Nebenschliessungen sich verengern und der Abfluss in denselben sich vermindern, sobald die zuführende Arterie überhaupt sich kontrahiert und der Zufluss infolgedessen abnimmt. In dieser Weise wird durch eine Art von Selbststeuerung ein ziemlich gleichmässiger Blutumlauf hergestellt. „Es ist ferner klar, dass vergrösserter Widerstand im Venensystem vermehrten Blutdruck in den Kapillaren der betreffenden Teile zur Folge haben muss und dass gleichzeitig auch die Kommunikationsäste sich erweitern werden. Durch diese Äste wird somit ein schnellerer Ausgleich zwischen dem Blutdruck im arteriellen und venösen System hergestellt und damit die Überwindung der Widerstände in letzterem erleichtert.“ Das ausschliessliche Vorkommen der Anastomosen an Endgebilden des Körpers, welche gleichzeitig vom Rumpfe mehr oder weniger abstehen (an den Ohren, Extremitätenenden, Schwanz- und Nasenspitze), scheint Hoyer darauf hinzudeuten, dass diese Einrichtungen eine nicht unwesentliche Rolle spielen bei der Wärme-

regulierung in nach aussen vorgeschobenen Körperteilen, welche keine umfangreichen parenchymatösen, wärmebildenden Organe zur Unterlage haben. So weit die Ausführungen Hoyer's. Ich habe sie deshalb ausführlich zitiert, weil mir durch sie ziemlich alle Möglichkeiten der funktionellen Bedeutung der Anastomosen berührt zu sein scheinen.

Nach Grosser (5, 6) sind die Anastomosen als in das Arteriensystem eingeschaltete druckregulierende Ventile anzusehen, welche bei den Fledermäusen der Entwicklung der Flughaut und damit dem Flugvermögen ihre hohe Ausbildung zu verdanken haben. Schliessung der Anastomosen schaltet die Flughaut in den Kreislauf ein, Öffnung derselben schaltet sie nahezu ganz aus. Dadurch kann, bei dem grossen Reibungswiderstande des Blutstromes in der Flughaut, das Herz zeitweilig entlastet werden.

Für die Beziehung der Anastomosen zur Wärmeregulierung würde nach Grosser der Umstand sprechen, dass sie bei Reptilien fehlen.

Jedenfalls ist, wie dies schon Hoyer hervorgehoben, die Lokalisation der Anastomosen an den periphersten Punkten des Körpers auffallend. Gerade an diesen Körperstellen würde es am leichtesten zu Stauungen in den abführenden Venen kommen können. Nun haben wir aber die als Nebenschliessungen zu betrachtenden Anastomosen, durch die der Blutstrom direkt aus den Arterien in die Venen geleitet werden kann mit Umgehung des Kapillargebietes.

Öffnet sich die Anastomose, so wird das distal von dieser liegende Kapillargebiet entlastet, indem wenigstens ein grosser Teil des arteriellen Blutes direkt in die Vene auf dem Wege der Anastomose abgeleitet wird. Dadurch kann aber der arterielle Blutdruck direkt auf die Vene übertragen und infolgedessen können grosse Abflusshindernisse im Venensystem überwunden werden. Jedenfalls spielen die auffallend reichen Klappen in den Venen des Schwanzes dabei eine wichtige Rolle, indem sie es verhindern werden, dass Blut, das durch die Anastomosen aus den Arterien in die Venen gelangt ist, in letzteren kapillarwärts fliesst, wodurch der Effekt der Anastomosen wesentlich vermindert würde.

Natürlich muss durch das Offen- oder Geschlossensein der arterio-venösen Anastomosen auch die Temperatur des betreffenden Körperteiles beeinflusst werden, es scheint mir aber wahrscheinlicher, dass diese Funktion nicht die hauptsächliche ist. Schliesslich würde als an eine weitere Nebenwirkung vielleicht an eine Beeinflussung der Ernährung zu denken sein. Bei geöffneten Anastomosen würde das sauerstoffreiche arterielle Blut zum Teil wenigstens dem Kapillargebiet entzogen und nicht gehörig verwertet werden. Wenn wir aber bedenken, dass gerade an den Teilen, wo wir Anastomosen finden, keine besonders anspruchsvollen Organe liegen, so dürfte dieser Punkt wohl kaum wesentlich in Betracht kommen.

Noch eine Frage möchte ich kurz berühren, nämlich ob die in der Nähe des Glomus coccygeum und auch der Glomeruli caudales mitunter zu findenden Lamellenkörperchen (resp. Körperchengruppen) in irgend einen funktionellen Zusammenhang mit diesen gebracht werden dürfen oder nicht. Jedenfalls ist das analoge Vorkommen von Pacinischen Körperchen an den Endphalangen von Fledermäusen in der Nähe der Anastomosen bemerkenswert.

Grosser (5) spricht sich hierüber (bei *Rhinolophus ferrum equinum*) folgendermassen aus: „In der Nähe der Anastomose (ca.  $\frac{1}{2}$  cm davon entfernt) finden wir zwischen den Knochen der Grundphalange und der Sehne des *Musc. flexor pollicis*, die an der Endphalange haftet, immer eine Reihe von grossen Pacinischen Tastkörperchen eingeschaltet. Ihre eigentümliche Lokalisation unterhalb des Gefässbogens (die bei der kleinen Hufeisennase noch auffallender ist) lässt an eine Beziehung zu dem letzteren denken; vielleicht als eine Art Indikator für den Füllungsgrad der Anastomose.

Mir scheint die Annahme ebenfalls plausibel, dass diese Nervenendkörperchen funktionell mit den Anastomosen in Beziehung stehen. Es wäre dieser Zusammenhang vielleicht in der Art denkbar, dass die Lamellenkörperchen eine Art von Feuchtigkeitsregulatoren darstellen.

Es dürfte zu Gunsten dieser Anschauung auch der Bau der Lamellenkörperchen sprechen. Die Hülle besteht bekanntlich aus einer grossen Anzahl von ineinander geschachtelten Kapseln, die Bindegewebsfasern und Flüssigkeit enthalten. Würde nun aus irgend einem Grunde der Druck im Kapillargebiet steigen,

so wäre die nächste Folge eine stärkere Transsudation von Flüssigkeit aus den Kapillaren, eine stärkere Durchfeuchtung des Gewebes. Liegen im Bereiche der stärker durchfeuchteten Stelle Lamellenkörperchen, so würden ihre Kapseln Flüssigkeit aufnehmen, stärker verquellen und dadurch einen Druck auf den Innenkolben resp. auf den Achsenzylinder ausüben. Dieser Nervenreiz könnte auf die Vasomotoren übertragen werden und diese würden die Anastomosen erweitern, so dass die Nebenschliessung zwischen Arterie und Vene hergestellt wird und der Druck im entsprechenden Kapillargebiet sinkt.

Aber auch dort, wo keine Anastomosen vorhanden sind, wäre an die Möglichkeit einer ähnlichen Funktion der Lamellenkörperchen zu denken, an eine Quellung bei stärkerer Durchfeuchtung und an eine reflektorische Beeinflussung der Gefässweite in der Art, dass der Blutdruck sinkt.

Mir scheint diese Hypothese der Funktion der Lamellenkörperchen eher annehmbar zu sein als ihre ihnen gewöhnlich zugeschriebene Bestimmung, dem Drucksinn zu dienen. In gewissem Sinne würden sie ja auch nach meiner Hypothese als Druckkörperchen wirken, indem auch ich mir vorstelle, dass die Nervenendigungen in den Körperchen durch Druck erregt werden, nämlich durch den Druck, den die Lamellen infolge ihrer grösseren Flüssigkeitsaufnahme, infolge ihrer Verquellung ausüben.

Namentlich scheint diese Auffassung durch die für gewöhnliche Drucksinnesorgane schwer verständliche Lokalisation der Vater-Pacinischen Körperchen gestützt. Das Vorkommen im Mesenterium, Pericard, am Knie des N. facialis, am Pankreas u.s.f. liesse sich eher erklären, wenn wir sie anstatt, wie dies gewöhnlich geschieht, als Druckkörperchen, als Feuchtigkeitsregulatoren ansehen würden. Vielleicht liesse sich dieser Frage experimentell beikommen.<sup>1)</sup>

Wenn ich im Vorliegenden glaube, die Frage nach der Stellung des Glomus coccygeum und der ihm entsprechenden Glomeruli caudales zu einem gewissen Abschlusse gebracht zu

---

<sup>1)</sup> Es wäre auch möglich, dass den Lamellenkörperchen verschiedener Regionen eine verschiedene Funktion zukäme, vorausgesetzt, dass sie verschiedene zentrale Verbindungen eingehen können.

haben, so bin ich mir wohl bewusst, dass die Frage der Funktion dieser Gebilde nicht endgültig beantwortet ist; wir können nur soviel Bestimmtes über ihre Funktion aussagen, dass sie dieselbe sein wird wie die anderer arterio-venöser Anastomosen. Dass etwa dem Glomus coccygeum eine sehr wichtige Rolle im Körper-Haushalte zukäme, ist nicht wahrscheinlich, da man nach Resektionen des Steissbeines, wobei wohl immer das Glomus mit entfernt wird, keinerlei Ausfallserscheinungen beobachtet.

### Literaturverzeichnis.

1. Arnold, J.: Ein Beitrag zu der sogenannten Steissdrüse. Virch. Arch., Bd. 32, 1865.
2. Derselbe: Über die Glomeruli caudales der Säugetiere. Virch. Arch., Bd. 39, 1867.
3. Eberth: Von den Blutgefässen. Strickers Gewebelehre. I. 1871.
4. von Ebner, V.: Über klappenartige Vorrichtungen in den Arterien der Schwellkörper. Anat. Anz., Ergänzungsh. z. Bd. 18, 1900.
5. Grosser, O.: Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte des Gefässsystemes der Chiropteren. Anat. Hefte, H. 55, 1901.
6. Derselbe: Über arterio-venöse Anastomosen an den Extremitätenenden beim Menschen und den krallentragenden Säugetieren. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 60, 1902.
7. von Hleb-Kosznanska, Marie: Peritheliom der Luschkaschen Steissdrüse im Kindesalter. Zieglers Beiträge, Bd. 35, 1904.
8. Hoyer, H.: Über unmittelbare Einmündung kleinster Arterien in Gefässäste venösen Charakters. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 13, 1877.
9. Jakobsson, H.: Beiträge zur Kenntnis der fötalen Entwicklung der Steissdrüse. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 53, 1899.
10. Krause, W.: Beiträge zur Neurologie der oberen Extremität. Leipzig und Heidelberg 1865.
11. Luschka, H.: Der Hirnanhang und die Steissdrüse des Menschen. Berlin 1860.
12. Derselbe: La glande coccygienne de l'homme. Journ. de l'Anat. et de la Physiol., V. 5, 1868.
13. Mayer, S.: Die Muscularisierung der capillaren Blutgefässe. Anat. Anz., Bd. 21, 1902.
14. Meyer, G.: Zur Anatomie der Steissdrüse. Zeitschr. f. rat. Med., Bd. 28, 1866.
15. Schaffer, J.: Zur Kenntnis der glatten Muskelzellen, insbesondere ihrer Verbindung. Zeitschr. f. wissensch. Zool., Bd. 66, 1899.
16. von Schumacher, S.: Über die Nerven des Schwanzes der Säugetiere und des Menschen, mit besonderer Berücksichtigung des sympathischen

- Grenzstranges. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss., Wien, math.-nat. Kl. Bd. 114, Abt. III, 1905.
17. Derselbe: Das elastische Gewebe der Milz. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 55, 1899.
  18. Sertoli, E.: Über die Struktur der Steissdrüse des Menschen. Virch. Arch., Bd. 42, 1868.
  19. Stoerk, O.: Über die Chromreaktion der Glandula coccygea und die Beziehungen dieser Drüse zum Nervus sympathicus. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 69, 1906.
  20. Unger, E. und Brugsch, Th.: Zur Kenntnis der fovea und fistula sacrococcygea s. caudalis und der Entwicklung des ligamentum caudale beim Menschen. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 61, 1903.
  21. Vastarini-Cresi, G.: Comunicazioni dirette tra le arterie e le vene (anastomosi artero-venose) nei mammiferi. Nota preliminare. Monit. zool. Ital., Vol. 13, 1902.
  22. Derselbe: Le anastomosi artero-venose nell'uomo e nei mammiferi. Studio anatomo-istologico. Neapel, Sangiovanni 1903.
  23. Waldeyer: Die Entwicklung der Carcinome. Virch. Arch., Bd. 55, 1872.
  24. Walker, Thomson: Über die menschliche Steissdrüse. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 64, 1904.

### Erklärung der Abbildungen auf Tafel VII—IX.

(Sämtliche Abbildungen mit Ausnahme von Fig. 17 und 18 sind mit dem Prisma entworfen.)

- Fig. 1. Durchschnitt durch das Glomus coccygeum eines hingerichteten Weibes. Zenkersche Flüssigkeit, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. A = anastomotische Gefässe mit epitheloider Wandung, M = in das Glomus eintretende Muskelbündel, S = bindegewebiges Stroma, V = austretende Venen. Vergr. 70.
- Fig. 2. Geschlossene anastomotische Gefässe aus dem Glomus coccygeum eines dreijährigen Kindes. Chrom-Formol, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. E = Endothel der anastomotischen Gefässe, eZ = epitheloide Zellen, S = Stroma. Vergr. 460.
- Fig. 3. Anastomotische Gefässe aus dem Glomus coccygeum eines hingerichteten Weibes. Zenkersche Flüssigkeit, Resorcin-Fuchsin. Das Perimysium internum (= P) hat sich dunkel gefärbt und bildet ein Wabenwerk, das die epitheloiden Zellen einschliesst. E = Endothel, S = Stroma. Vergr. 460.
- Fig. 4. Übergang einer Arterie in ein anastomotisches Gefäss des Glomus coccygeum eines Neugeborenen. Formol, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. Die typischen glatten Muskelfasern der Arterienwand (= M) werden allmählich abgelöst durch die epitheloiden Zellen (= eZ) des anastomotischen Gefässes. Das Endothel (= E)



setzt sich kontinuierlich von der Arterie auf das anastomotische Gefäss fort. Vergr. 460.

- Fig. 5. Übergang zweier anastomotischer Gefässe in Venen; aus dem Glomus coccygeum eines 22jährigen Mannes. Formol-Alkohol, Delafieldsches Hämatoxylin + Pikrinsäure-Säurefuchsin. Der Übergang erfolgt in der Art, dass die epitheloiden Zellen (= eZ) aus der Gefässwand verschwinden. E = Endothel, S = Stroma, Vergrößerung 460.
- Fig. 6. Übergang eines anastomotischen Gefässes in eine kleinste Vene (= V); aus dem Glomus coccygeum eines vierjährigen Kindes. Chrom-Formol, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. E = Endothel, eZ = epitheloide Zellen. Vergr. 460.
- Fig. 7. Übergang eines anastomotischen Gefässes (= A) in eine Vene (= V); aus dem Glomus coccygeum eines hingerichteten Weibes. Zenkersche Flüssigkeit. Eisenhämatoxylin. Vergr. 460.
- Fig. 8. Drei kleine in der Nähe des Glomus coccygeum gelegene Lamellenkörperchen (= L) von einer gemeinsamen Kapsel (= K) umgeben. Menschlicher Fötus von 34 cm Scheitel-Steisslänge. Formol, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. Vergr. 460.
- Fig. 9. Eine Gruppe von gemeinsam eingekapselten kleinen Lamellenkörperchen. Neugeborenes Kind. Zenkersche Flüssigkeit, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. L = Lamellenkörperchen, K = Kapsel. Bei G liegt das Glomus coccygeum. Vergr. 170.
- Fig. 10. Aus der Anlage des Glomus coccygeum eines menschlichen Embryos von 52 mm Scheitel-Steisslänge. Müllersche Flüssigkeit, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. Die A. sacralis media (= A) zeigt eine Verdickung ihrer Media. Die Zellen der Media (= M) sind schon epitheloid modifiziert, allerdings in geringerem Grade als beim Erwachsenen. Die Arterie setzt sich in ein ganz dünnwandiges Gefäss, in eine Vene (= V) fort. E = Endothel. Vergrößerung 460.
- Fig. 11. Durchschnitt durch einen Glomerulus caudalis von *Cynocephalus hamadryas*. Formol, Delafieldsches Hämatoxylin + Pikrinsäure-Säurefuchsin. Von der A. caudalis media (= Ac) zweigt die in den Glomerulus eintretende Arterie (= A) ab, an der ausser der zirkulären Muskelschicht eine innere Längsmuskellage zu sehen ist. aG = anastomotische Gefässe, S = Stroma. Vergr. 70.
- Fig. 12. Zuführende Arterien eines Glomerulus caudalis des Hundes. Formol, Delafieldsches Hämatoxylin + Eosin. Ac = Wand der A. caudalis media. Die beiden zuführenden Arterien zeigen ausser der zirkulären eine innere Längsmuskelschicht (= L). Vergr. 70.
- Fig. 13. Querschnitt durch ein anastomotisches Gefäss aus einem Glomerulus caudalis von *Cynocephalus hamadryas*. Formol, Delafieldsches Hämatoxylin + Pikrinsäure-Säurefuchsin. E = Endothel, iL = innere Längsmuskelschicht, zM = zirkuläre Muskelschicht, aL = äussere Längsmuskelschicht, S = Stroma. Vergr. 460.

- Fig. 14. Querschnitt durch ein anastomotisches Gefäß aus einem Glomerulus caudalis vom Hunde. Formalin, Delafield'sches Hämatoxylin + Pikrinsäure-Säurefuchsin. Die Muskelzellen (= M) sind epitheloid modifiziert. E = Endothel, S = Stroma. Vergr. 460.
- Fig. 15. Querschnitt durch ein anastomotisches Gefäß des Glomus coccygeum eines hingerichteten Weibes. Zenkersche Flüssigkeit, Delafield'sches Hämatoxylin + Pikrinsäure-Säurefuchsin. E = Endothel, eZ = epitheloide Zellen, S = Stroma. Vergr. 460.
- Fig. 16. Zwei kleine Steissknötchen (Nebenknötchen) von einem 55jährigen Weibe. Injiziert und mit Xylol aufgehellt. Die Arterien rot, die Venen blau, die anastomotischen Gefäße violett. Vergr. 57.
- Fig. 17. Die Gefäße des Schwanzes von *Macacus rhesus*. Ansicht von der ventralen Seite. A c m = A. caudalis media, V c m = V. caudalis media, V c l = V. caudalis lateralis, a V = anastomotische Venen zwischen V. caudalis media und lateralis, G = Glomeruli caudales.
- Fig. 18. Gefäße aus dem distalen Abschnitt des Schwanzes von *Macacus rhesus*, injiziert und mit Xylol aufgehellt. G = grosser Glomerulus, g = kleiner Glomerulus mit zuführender Arterie und abführender Vene. A c m = A. caudalis media, V c m = V. caudalis media, a V = anastomotische Vene zwischen der V. caudalis media und V. caudalis lateralis.
-

