

(Aus dem Physiologischen Institut der Wiener Universität.)

## Das „Sagittalorgan“ der Wirbeltiere.

Von

W. Kolmer.

Mit 1 Abbildung im Text und 31 Figuren auf Tafel 32—36.

Verfolgen wir den historischen Gang der Erkenntnis der Funktion der verschiedensten Organe, so fällt uns auf, dass in vielen Fällen die Erforschung des anatomischen Aufbaues weit gediehen war, bevor die Funktion und der Zusammenhang eines Organes mit anderen Organen richtig erkannt wurde. In vielen dieser Fälle war aber die genaue anatomische Kenntnis die Voraussetzung für die Möglichkeit der physiologischen Forscherarbeit. So ist es beispielsweise beim Pankreas und den Nebennierensystemen gegangen. Auch die Erforschung der Labyrinthfunktion hat detaillierte anatomische Befunde als Unterlage benützen können. Aus diesem Grunde wird es auch im vorliegenden Falle berechtigt sein, eine möglichst eingehende Beschreibung von anatomischen und histologischen Komplexen als ersten Schritt zu ihrer physiologischen Erforschung zu bezeichnen, zumal gerade hier die anatomischen Erfahrungen erkennen lassen, welche schwer überwindlichen Einwänden jede experimentelle Erforschung der in Frage stehenden Gebilde unterliegt.

Als sogenanntes subcommissurales Organ bezeichnete Nicholls (1) eine besondere auffällige Partie der Auskleidung der Hirnhöhlen, des Ependyms, das sich in der Gegend der hinteren Commissur unmittelbar central von

dieser vorfindet. Es unterscheiden sich an dieser Stelle die vorhandenen Ependymzellen von allen übrigen der Umgebung, indem sie höher und länger sind und lange, zylinderzellenartige Form aufweisen und sich dadurch von den mehr flachen oder cubischen übrigen Centrankanalepithelien deutlich abheben. Der Komplex dieser Zellen springt im allgemeinen auf dem Querschnitt bogenförmig gestaltet etwas in das Lumen des Ventrikels vor und imponiert somit als besonderes Organ. Seine Ausdehnung kann eine sehr wechselnde sein, indem sein Vorkommen entweder bloss auf die unmittelbare Umgebung der Commissur beschränkt sein kann oder in anderen Fällen auch noch etwas über diese hinausreicht. Rekonstruiert man sich das Organ aus Frontal- und Sagittalserienbildern, so sieht man, dass es sich im allgemeinen um einen rinnenförmigen Zellkomplex handelt, der sich scharf von den übrigen Zellen abhebt. In neuester Zeit hat Bauer-Jokl (2) über die vergleichende Histologie dieses Organes eine sehr eingehende Untersuchung angestellt, bei der sie hauptsächlich das reiche Gehirnserienmaterial des Obersteinerschen neurologischen Institutes in Wien benutzte.

Die Verfasserin hat eine Fülle von neuen morphologischen Einzelheiten dieses Organes beschreiben können und den wichtigen Nachweis erbracht, dass bei verschiedenen Typen der Säugetiere das Organ zwar überall auffindbar ist, aber in seiner Ausbildung weit mehr, als man bisher wusste, variiert, indem bei einzelnen Tieren, wie beim Hunde und dem Rind, eine ausserordentliche Entwicklung dieser Epithelpartie vorhanden ist, wobei gleichzeitig Faltungen des Organes vorkommen und eine Mehrreihigkeit des Epithels zur Ausbildung kommt, während in anderen Fällen, dazu gehört speziell auch der Mensch, seine Ausbildung kaum nachzuweisen und höchst rudimentär zu nennen ist. Was die Epithelzellen selbst betrifft, die das Organ zusammensetzen, spricht sich die Verfasserin dahin aus,

dass es sich um zylinderförmige, langgestreckte Zellen handle, die häufig den Charakter von Becherzellen aufweisen sollen, an der Oberfläche einen auffallend scharfen Rand zeigen und mit einem Flimmerbesatz versehen sind. Eine Beziehung zu dem Reissnerschen Faden, jenem merkwürdigen, rätselhaften Gebilde im Centralkanal, das schon zu den verschiedensten Hypothesen Anlass gegeben hat, vermisste sie im Gegensatz zu verschiedenen früherer Autoren, welche das Subcommissuralorgan als den Ursprungsort des Reissnerschen Fadens ansahen. Übrigens erwähnt sie nicht ausdrücklich, dass sie den Reissnerschen Faden überhaupt gesehen hätte. Über die physiologische Natur des Organes ist sie nicht in der Lage, bestimmte Angaben zu machen, doch vermutet sie, dass die Epithelzellen, ähnlich wie gewisse Elemente der Epiphyse und Hypophyse, sekretorisch in den Centralkanal hinein tätig sein könnten. Der Gegensatz dieser Untersuchung und der von S. Dendy und Nicholls liess eine eingehende neuerliche Überprüfung auf möglichst breiter vergleichend-anatomischer Basis wünschenswert erscheinen.

Ich hatte mich mit dem subcommissuralen Organ (S.C.O.) lange beschäftigt, ehe ich wusste, dass darüber schon detaillierte Untersuchungen vorliegen. Ich bemerkte es gelegentlich der Anfertigung von Sagittalschnittserien durch das Gehirn der Ratte, in denen ich, anfänglich vergeblich, den Ursprung des Reissnerschen Fadens zu finden hoffte, nachdem ich denselben bei Lurchen und Reptilien noch über die Gegend der hinteren Commissur nach vorne zu hatte verfolgen können. Zu diesem Zwecke hatte ich, um eine möglichst schonende Fixation des Organes in situ zu erreichen, in der von mir (13 a) empfohlenen Art die Tiere mittels Durchspülung vom Herzen aus in toto konserviert. Bei vollständigem Gelingen dieser Methodik, wenn wirklich alle Kapillaren mit der entsprechenden Fixierungsflüssigkeit vollständig durchspült worden sind, kann

man beispielsweise bei Säugern sofort nach dem Aufpräparieren von Schädel und Wirbelkanal das vollkommen steife Centralnervensystem schon 10 Minuten nach dem Tode des Tieres aus dem Körper herausnehmen, zweifelsohne derzeit die beste Methode, um die in Frage stehenden Strukturen zu studieren. Jede Verlagerung des Reissnerschen Fadens, die möglicherweise bei allen sonst üblichen Präparationsmethoden des Nervensystems stattfinden kann, ist hier ebenso mit Sicherheit vermieden, als alle Leichenveränderungen, natürlich vorausgesetzt, dass der Eingriff vollkommen gelingt. Infolgedessen waren auch die Epithelien der Auskleidung des Centralkanals, ebenso wie sämtliche anderen Zellelemente der von mir konservierten Tiere weitaus besser erhalten als bei der üblichen Konservierung, wie eine solche z. B. auch in den Präparaten, die Bauer-Jokl vorlagen, durchgeführt war. Es fiel mir daher an meinen Präparaten auf, dass die Epithelzellen unterhalb der hinteren Commissur vor allem sich von dem übrigen Ependym unterschieden, dass sie nicht, wie letztere, einen Besatz von Cilien mit den typischen basalen Blepharoplasten besaßen, sondern als typische Centralgeisselzellen zu erkennen waren, indem in der Mitte des schmalen freien Zellendes, manchmal mehr seitlich gelegen, ein Diplosom hervortrat, an dem eine einzelne längere Geissel ausging. Dort, wo das betreffende Epithel flach getroffen war, war auf den Flachschnitten durch die Oberfläche der Epithelzellen dieses Körperchen erhalten und im Zellmosaik sehr deutlich nachzuweisen. Ich konnte in der Folge nicht nur bei der Ratte, sondern bei allen Wirbeltierklassen genau dasselbe Verhalten nachweisen. Auch hier überall findet sich ein Centralgeissel-epithel, das gegen die Umgebung unmittelbar scharf abgegrenzt ist. Überall liess sich das vordere Ende des Reissnerschen Fadens bis in die Nähe des Epithels verfolgen.

Ich habe die wesentlichen Punkte meiner Beobachtungen

vorläufig 1918 im physiologischen Zentralblatt mitgeteilt. Später ist Jordan (5), wie ich einem Referat entnehme, das Original der Arbeit ist bisher mir unzugänglich geblieben, zu ähnlichen Schlüssen über das Subcommissuralorgan bei den Knochenfischen gekommen.

Nachdem es sich damals also herausgestellt hatte, dass der R. F. ein sehr allgemein verbreitetes Gebilde ist, so war folgendes festzustellen:

1. Bei welchen Tieren ist er nachzuweisen, beziehungsweise bei welchen Tieren fehlt er?

2. Wie verhält sich sein vorderes Ende, wie ist es befestigt, wie steht es im Zusammenhang mit dem subcommissuralen Organ? Kommt letzteres immer gleichzeitig mit dem Faden vor, beziehungsweise fehlt es da, wo der Faden sich nicht nachweisen lässt?

3. Wie verläuft der Faden im best erhaltenen Präparat, ist er ausgespannt, berührt er die Elemente des Centralkanals und wo, wird er von den Cilien des Ependyms getragen, steht er mit irgendwelchen zelligen Elementen im Kanale in Beziehung, und sind derartige Elemente mit dieser Bildung in Beziehung zu bringen? Daran schliesst sich die Frage, welche Elemente des Ependyms echte Flimmerzellen sind, und nach welcher Richtung sie flimmern. Sind im Ependym ausser bei den Cyklostomen auch bei anderen Wirbeltieren Sinneszellen nachzuweisen und gelingt es, deren Achsenzylinder und seinen Verlauf zu verfolgen?

4. Wie ist das hintere Ende des Fadens beschaffen, ist es befestigt, innerhalb oder ausserhalb des Ependyms und lässt es den Kanal? Ist es frei? Wie verhält es sich bei Verletzungen, bei Regeneration, und wie ist die Genese des Fadens überhaupt erklärbar? Wann tritt er in der Entwicklung der Tierformen auf?

Die Beantwortung dieser morphologischen Fragen ist die

Vorbedingung für die Frage nach der physiologischen Bedeutung dieses Gebildes.

Hier leistet die anatomische Erforschung einen grossen Teil der Arbeit, zumal die bisherigen Versuche der Autoren durch experimentelle Eingriffe dem Problem physiologisch beizukommen, zahlreichen Einwänden begegnen müssen.

#### Material und Technik.

Zur neuerlichen Untersuchung war es nötig, eine möglichst gute Konservierung zu erzielen und alle Verlagerungen zu vermeiden. Dafür eignet sich am besten die Durchspülung von den Gefässen aus bei Vögeln und Säugern. Bei Tieren, bei denen weniger Kapillaren im Nervensystem entwickelt sind (Fische, Molche), ist dagegen eine Konservierung mit gut durchdringenden, stark sauren Lösungen anzuraten. Von grösstem Vorteil ist es, an kleineren Exemplaren zu arbeiten und wömmöglich das ganze Tier, sonst aber das intakte vorsichtig freigelegte und *in situ* durchfixierte Nervensystem mit 3% Celloidin zu durchtränken und dieses durch Chloroform zum Erstarren zu bringen, ehe man es irgendwie zerkleinert. Will man insbesondere über das Verhältnis des Reissnerschen Fadens zum subcommissuralen Organ Aufklärung bekommen, so ist es durchaus nötig, neben Querschnitten auch genaue Sagittalschnitte durch das Nervensystem, insbesondere das Gehirn, zu erzielen. Am besten gelingen derartige Sagittalschnitte, wenn man behufs Orientierung zuerst den ganzen in Celloidin-Paraffin nach Apathy eingebetteten Block querschneidet, bis man auf dem Querschnitt des Kopfes die Scheidung beider Lobi olfactorii sieht, dann parallel dazu bis zum unteren Ende der Oblongata den Block von der anderen Seite anschneidet und nun genau in der Sagittalebene des sichtbaren Centralkanal mit Hilfe der Lupe im Paraffin eine Rille anbringt, die mit einer die Symmetrieebene der Olfactorii darstellenden zweiten Linie

an den Seiten des Blockes durch eine Rille verbunden wird und so die nötige Markierung der Sagittalebene des Schädels ergibt. Theoretisch müsste man in so einer Schnittserie erwarten, den Reissnerschen Faden in einem einzigen  $10\ \mu$  dicken Schnitt der Länge nach getroffen zu erhalten. Praktisch ist dies natürlich nicht immer möglich, da vorhandene geringe Asymmetrien des Schädels und Gehirns, kombiniert mit solchen, die im Betrage von wenigen Mikron bei der Fixierung und Einbettung kaum vermeidbar entstehen, Verlagerungen sowohl des Fadens als der Wandpartien der Centralräume bewirken. Bestenfalls ist es mir bei Molchen, Reptilien und Säugern gelungen, in einem oder zwei  $15\ \mu$  dicken Schnitten den ganzen Verlauf des Fadens im Gehirn in einer Ebene dargestellt zu erhalten. In einem Schnitte war er ununterbrochen auf fast  $4\ \text{mm}$  zu verfolgen. Auch bei Tritonen und kleineren Fischen ist dies oft der Fall, gelang aber auch bei Affen.

In ähnlicher Weise wurden in Rumpfab schnitten und Schwanzabschnitten zum Studium des Rückenmarks Sagittalserien hergestellt. Das Schwanzende wurde zumeist auf Querschnittserien studiert. Zur Färbung diente nach Beizung in 4%iger Eisenalaunlösung eine Mischung von gleichen Teilen der Heldschen Molybdänsäurehämatoxylinlösung und gereifter 1%iger wässriger Hämatoxylinlösung. Danach ist es möglich, nach anfänglicher Differenzierung in Eisenalaunlösung und gründlichem Waschen in Aqua destillata beliebige abstufbare Darstellung aller Zellkomponenten besonders durch schliessliche Behandlung mit gesättigter Lösung von Ammoniummolybdat zu erzielen, eine Färbung, die sich auch vorzüglich photographieren lässt. Es lassen sich Geisseln, Centralapparate, Stützfibrillen, Gliafibrillen neben guter Kernfärbung gleichzeitig darstellen. Gelegentlich wurde noch mit Säurefuchsin nachgefärbt. Ganz einwandfreie Präparate müssen die Flimmerhaare der Zellen des Plexus chorioideus zeigen.

Als Untersuchungsmaterial dienten:

Von Cyklostomen: *Ammocoetes*, *Petromyzon fluviatilis* und *Myxine*.

Von Selachiern: *Raja*, *Squatina angelus*, *Heptanchus*, *Spinax*, *Scyllium*, *Mustelus*, *Pristiurus*, *Centrophorus*, *Acanthias*, *Scymnus*, *Chimaera*, *Torpedo*<sup>1)</sup>.

Von Teleostiern: *Gobius*, *Perca*, *Uranoscopus*, *Blennius*, *Silurus*, *Balistes*, *Motella*, *Gasterosteus*, *Conger*, *Anguilla*, *Muraena*, *Trutta*, *Gobio*, *Cottus*, *Cyprinus*, *Ophisurus*, *Trigla*, *Hippocampus*, *Cobitis*, *Belone*, *Ophidium*, *Phoxinus*, *Lophius*, *Esox*, *Anabas*.

Von Amphibien: *Proteus*, *Salamandra*, *Molge*, *Siredon*, *Rana*, *Bufo*, *Hyla*, *Bombinator*.

Von Reptilien: *Lacerta*, *Anguis fragilis*, *Tropidonotus*, *Coluber*, *Boa constrictor*, *Python reticulatus*, *Emys*, *Hatteria*, *Crocodilus niloticus*.

Von Vögeln: *Cypselus*, *Passer*, *Fringilla*, *Turdus*, *Gallus*, *Columba*, *Anas*, *Syrnium*, *Paleornis ornatus*, *Monedula*, *Picus viridis*.

Von Säugern: *Erinaceus*, *Talpa*, *Mus*, *Mus norv. var. albin.*, *Lepus*, *Cavia*, *Sciurus*, *Fiber cibethicus*, *Capra*, *Equus*, *Hippopotamus*, *Felis*, *Canis*, *Mustela martis*, *Phocaena*, *Pteropus*, *Vesperugo*, *Lemur macaco*, *Hapale*, *Macacus sinicus*, *Mac. Rhesus*, *Mac. cynomolgus*, *Homo*.

Wo reichlich Material vorhanden war, wurden die Silberreduktionsmethoden von *Cajal* in ihren verschiedensten Modifikationen, die von *Bielschowski*, auch *Cajals Uransilbermethode* in Anwendung gebracht. Die sonst gerühmten Fixierungsflüssigkeiten von *Flemming*, *Herrmann*, *Altman*, *Champy* bewährten sich für die Darstellung der Ependym-

<sup>1)</sup> Die Fische verdanke ich zumeist der Leitung der zoologischen Station in Neapel, für deren Entgegenkommen bei meinem Aufenthalt daselbst hier gebührend gedankt werden soll.



epithelien schlecht und erwies sich immer wieder die anfangs empfohlene Fixierungsflüssigkeit<sup>1)</sup>, nach ihr das „Susa“-Gemisch von Heidenhain als weitaus brauchbarer.

Ein sehr reichliches Material von Cyclostomen wurde in bezug auf den Reissnerschen Faden, der hier ja entdeckt wurde, von Nicholls (18) untersucht, der auch die älteren Angaben ausführlich besprochen hat. Ich selbst hatte Gelegenheit, Erfahrungen an Ammocoeten, jungen und älteren Exemplaren von *Petromyzon fluviatilis* und *Myxine* zu sammeln. Die bekannte Asymmetrie der Mittelhirngegend dieser Tiere erlaubt nur durch Rekonstruktion aus vielen Schnitten den Verlauf des Fadens zu erkennen. Das subcommissurale Organ bildet hier zwei durch ein indifferentes Epithel getrennte Halbrinnen, in welche hinein man am vorderen Ende zwei Portionen des sich teilenden Reissnerschen Fadens verfolgen kann. Innerhalb der Rinne löst sich dann jede einzelne Portion wieder in mehrere Fädchen auf, welche an der Oberfläche des Epithels verlaufen und schliesslich auf den Köpfen der Epithelien des subcommissuralen Organs inserieren. Die Zellen hier sind sehr schmale Centralgeisselzellen mit einem ziemlich homogenen peripheren Ende. Bei älteren Exemplaren von Ammocoeten und jungen Petromyzonten findet man in ihnen distal vom Kern einzelne Körnchen, manchmal auch gröbere Schollen, die an eine sekretorische Tätigkeit der Zelle denken lassen.

In gut fixiertem Material von älteren Ammocoeten und Petromyzonten findet man, dass die Zellen, welche das S.C.O. zusammensetzen, schlank zylindrisch sind. Sie unterscheiden sich nicht nur durch ihre Form von den sie umgebenden Ependymzellen, sondern auch durch den charakteristischen Bau des Zelleibes. Unter- und oberhalb des Kernes finden sich mit Eisen- und Molybdänhämatoxylin intensiv färbbare, eigentümlich ge-

<sup>1)</sup> Bichromat gesättigt bei 20° C 2 Teile, Formol 10% 2 Teile, Sublimat gesättigt 1 Teil, Eisessig 1 Teil.

radlinig abgegrenzte Gebilde. Diese Schollen finden sich in keiner anderen Ependymzelle des ganzen Nervensystems. Dagegen enthalten fast konstant alle Ependymzellen des Gehirns reichlich Fett und Lipoiden in Tröpfchenform, welche wieder im spezifischen Epithel des S.C.O. vollkommen vermisst werden. Die Zellen stehen an der freien Oberfläche sehr dicht gestellt nebeneinander und die auffallenden Kittlinien bilden an ihren Köpfen eine deutliche Lamina reticularis, wie sie von Van der Stricht (24) und mir (14) bei verschiedenen Sinnesorganen wiederholt beschrieben worden ist. In der Ansicht von der Fläche bemerkt man deutlich das sehr kleine Diplosom der Zelle, aus dem ein äusserst zarter Innenfaden in die Zelle gegen den Kern hin, nach aussen eine zarte lange Geissel ausgeht. Alle diese Geisseln krümmen sich in regelmässiger Anordnung gegen den Punkt zu, an dem sich der Reissner'sche Faden aus einem feinen, dichotomisch sich verzweigenden Netzwerk zusammensetzt. Es ist ausserordentlich schwer, darüber Klarheit zu bekommen, ob dieses feinste Netzwerk, das tangential in einiger Entfernung über den Köpfen der Haarzellen zu schweben scheint, selbständig ist oder ob die feinen Geisseln direkt in die Fäserchen desselben übergehen, wie Dendy (6) annimmt. Im ersteren Falle hätten wir es mit einer Cuticularsubstanz zu tun, wie sie in den Cupulae der Cristae ampullarum und in der Deckmembran des Cortischen Organs vorliegt. Im anderen Falle der direkten Kontinuität müsste man annehmen, dass das Fadennetz und somit der daraus hervorgehende Reissner'sche Faden als direkte Fortsetzung der Geisseln anzusehen wäre, und wir hätten dann die überraschende Tatsache vor uns, dass ein bei manchen Tieren meterlanges Gebilde (grosse Cyclostomen werden meterlang) durch Verschmelzung von Zellgeisseln entstehen könnte. Dabei werden wir uns zu erinnern haben, dass für die Apparate des Labyrinths, Cupula und Tectoria solche Vorstellungen seinerzeit von Ayers ge-

äussert wurden, in neuerer Zeit wieder von Studnicka in modifizierter Form und neuerdings auch von Wittmaak (29) ähnliche Ansichten entwickelt wurden, während Held und ich selbst dieser Ansicht entgegengetreten sind. In den Ependymzellen finden wir bei Uran-Silber Färbung nach Ramon y Cajal einen deutlichen Netzapparat. Während der Netzapparat in den gewöhnlichen Ependymzellen kurz und gedrungen ist, ist er der langgestreckten Form der Zellen des S.C.O. entsprechend schmal- und fadenförmig angeordnet.

Es sind somit die Zellen des S.C.O. ganz spezifische Centralgeisselzellen, wie sie dergestalt im ganzen übrigen Ependym der Centralorgane nicht zu finden sind. Einen direkten Zusammenhang dieser Zellen mit Nervenfasern in der Art von primären Sinneszellen nachzuweisen, ist mir bisher nicht gelungen. Zwar sehen wir leicht feinste Nervenfäserchen bis in die Nähe der Zellen verlaufen und manchmal auch zwischen sie eine Strecke eindringen, gelegentlich sieht man auch Bündel von Fasern an der Basis des Epithels verlaufen, aber der direkte Zusammenhang liess sich vorläufig nicht darstellen, auch nicht eine Beziehung zu den Zellen, wie wir sie bei sekundären Sinneszellen zu sehen gewohnt sind.

Wie bekannt, zieht nun der Reissnersche Faden durch das Cavum des Nervensystems weiter, seine bei den Cyclostomen eigenartige Lagerung und teilweise Umschliessung durch die dorsalen Partien sind zur Genüge von Dendy beschrieben. Bei bester Fixation finden wir ihn bei allen Tieren geradlinig wie einen Telegraphendraht ausgespannt, im Querschnitt überall kreisrund, stark lichtbrechend bis an das an der äussersten Schwanzspitze gelegene Ende des Centralkanals verlaufen. Grosse Schwierigkeiten bereitet es, hier die Endigungsweise festzustellen, da die Verhältnisse bei den einzelnen Exemplaren variieren. Es mag dies damit zusammenhängen, dass dieser Punkt leicht Verletzungen ausgesetzt ist und dabei dann teilweise

Regenerationserscheinungen vorkommen können. Bei jungen Ammocoeten scheint der Faden in der Regel mit einer leichten Verbreiterung dem erweiterten Kanalende, dem Sinus terminalis, vollständig anzuliegen, so fand ich es wenigstens bei einem 35 mm langen Exemplar, dem kleinsten, das mir bisher erreichbar war.

In Schaffers neuem Lehrbuch ist der Faden, zwischen die Epithelien sich einsenkend, sogar schon am Schwanzende eines 7 mm langen Ammocoetes abgebildet.

Bei älteren Exemplaren und ungewandelten Petromyzonten verhält sich der Faden so, wie es Studnicka angegeben hat, indem zuerst eine Zone sich findet, wo der Faden in dem erweiterten Kanal sich dicht aufknäult, dann geht er in eine amorphe lichtbrechende Masse über, die den Sinus terminalis ausfüllt. Schliesslich erscheint die Wand des Kanales an einer Stelle unterbrochen und die Masse drängt sich, oft sich noch flach neben der Chorda und den Flossenstrahlen ein wenig ausbreitend, in das umgebende Bindegewebe vor. Dieses Ausreten aus dem Centralkanal scheint mir sekundär zustande zu kommen, offenbar dadurch, dass die dorsal oder lateral verdünnten Epithelzellen zugrunde gehen, sei es durch Traumen oder Druck, man sieht gelegentlich platte, abgestossene Epithelien neben dem Faden liegen. Jedenfalls gewinnt man den Eindruck, dass der bis zum Schwanzende verlaufende Faden hier verankert ist. Ich schildere bei den Cyclostomen diese Verhältnisse ausführlich, da bei ihnen infolge der Abwesenheit der Wirbel und der Dünne des Nervensystems technisch die günstigsten Bedingungen bestehen, um die Elemente gut zu konservieren, besser als bei fast allen anderen Tieren. Dies gilt insbesondere für die Elemente des Ependyms des Centralkanals. Auch hier lernt man erst an bestfixierten Präparaten beurteilen, wie vollkommen unzureichend die Fixation der Zellen in der Regel an anderem Material ist und wie sie die

wichtigen Details vermissen lässt. Gelingt die Silberimprägnationsmethode mit direkter Silberfixation nach Ramon y Cajal, so findet man zahlreiche birnförmige Zellen des Ependyms als typische primäre Sinneszellen ausgebildet, indem sie ein Neurofibrillennetzwerk enthalten, das sich peripher in den der Oberfläche zu gelegenen Fortsatz erstreckt, unter dem Kern an der Zellbasis in einen weit verfolgbaren Achsenzylinderfortsatz übergeht, wie schon Tretjakoff (26) geschildert hat. Die von Held für das Gehörorgan empfohlenen Methoden (Beizfärbung mit Molybdänhämatoxylin) lassen im Ependym des Centralkanals diese Zellen langgestreckt, birnförmig erkennen. Sie ragen über die Limitans, die von den Kittleisten zwischen den Köpfen der Zellen gebildet wird, mit einem stumpfen Kegeln hervor, wir finden ein deutliches Basalkörperchen in dessen Mitte, von dem nach aussen eine kurze, den Reissnerschen Faden meist berührende Geissel ausgeht, nach innen eine Geisselwurzel, ein „Innenfaden“. Die übrigen Ependymzellen sind als typische Stützelemente entwickelt und zeigen, wie bekannt, Stützfibrillen = Gliafäserchen, die an den Rahmen der Reticularis mit kleinen dreieckigen Verbreiterungen ansetzen (Fig. 9, Taf. 32). Es besitzt also das Ependym des Cyclostomenrückenmarks alle Charakteristika einer Sinnesoberfläche, Sinneszellen, und dazwischen Stützzellen mit jenen Eigenschaften, die ich als allgemeines weitverbreitetes Gemeingut der Sinnesepithelien seinerzeit beschrieben habe.

Auch bei den jüngsten Exemplaren fand sich im wesentlichen die geschilderte Anordnung nur mit dem Unterschiede, dass der Faden äusserst dünn erschien und das S.C.O. aus wenigen Zellen bestand.

### Myxine.

Die eingehenden Untersuchungen Dendys an den Cyclostomen, unterstützt durch ein die verschiedensten Typen um-

fassendes Material, haben genügende Aufklärung ergeben, so dass ich hier mich nur mit der Frage der Endigungsweise am caudalen Ende des Centralkanals beschäftigen möchte.

Im Gehirn fand sich der kräftige Reissnersche Faden gleich hinter seinem Ursprung im Hohlraume des Ventrikels so aufgerollt, wie er von den englischen Autoren abgebildet wurde. Man wird, da es sich hier um ein geköpftes Exemplar handelte, wohl versucht, elastische Kräfte für dieses Verhalten verantwortlich zu machen.

Bei *Myxine* ist der Faden etwas über  $3\ \mu$  dick, wo wir ihn aufgeknäult finden, misst er aber  $6\ \mu$ , so dass man mit einer elastischen Verdickung rechnen muss. Die Zellen des S.C.O. fand ich lang und fadenförmig, das Verhältnis der Cilien zum Abgang des Reissnerschen Fadens konnte ich bei der nicht ganz günstigen Fixation der mir zur Verfügung stehenden Objekte nicht genügend beurteilen. Auf Längsschnitten und Querschnitten des Centralkanals erkennt man ebenso wie bei *Petromyzon* die im Ependym befindlichen Sinneszellen (Fig. 4). Bei einer 30 cm langen *Myxine* aus Bergen fand ich den Faden in dem länglichen Sinus terminalis in eine ziemlich stark färbbare, bis  $35\ \mu$  dicke, langgestreckte, spindelförmige Masse allmählich auslaufen. Diese Masse ist dicht vom Epithel des Sinus terminalis umgeben, welches, aus dem zylindrischen Epithel des Centralkanals gradatim sich umbildend, schliesslich caudalwärts ausserordentlich flach endothelartig wird, so dass es leicht übersehen werden kann; einen Austritt ins Bindegewebe konnte ich nicht feststellen.

#### Selachier.

Es ist nicht leicht, wie bekannt, Injektionen bei Selachiern zu machen. Auch von der Caudalarterie aus werden sie unvollständig. Das gilt auch natürlich von der Fixierung durch Durchspülung. Um Fixation in situ zu erhalten, muss das Nerven-

system dorsal freigelegt werden, und da man bei grösseren Exemplaren das ganze Tier nicht leicht fixieren kann, ist man darauf angewiesen, Präparate zu erhalten, bei denen zumeist der Reissnersche Faden an seiner Ansatzstelle sich vom S.C.O. getrennt hat. Günstigere Resultate gibt die Fixation kleiner Exemplare von *Scyllium* und *Raja*.

#### *Raja punctata*.

Schon kleine Exemplare zeigen das S.C.O. als hohes Geissel-epithel mit 5 Kernreihen, bei älteren ist es noch dicker. Auch bei kleinen Exemplaren löst sich die Ansatzstelle zumeist vom Epithel ab und man findet den etwa 5  $\mu$  dicken Faden als homogenen Strang im Aquaeductus Sylvii, im Gegensatz zu den Angaben Sargents (22) in keinerlei Beziehung zu den gangliösen Elementen des Tectum opticum. Durch Bielschowskis Methode wird manchmal der Faden sehr intensiv imprägniert, viel dunkler als nervöse Elemente.

Der Centralkanal im Rückenmark zeigt zwei deutlich verschiedene Zelltypen, Sinneszellen und stützzellenartige in Übereinstimmung mit den Verhältnissen bei Cyclostomen. Bei grossen Exemplaren finden sich reichlich Sinneszellen schon in den obersten Regionen des Rückenmarkes.

Bei einem grösseren Exemplar von *Raja punctata* fand ich im Schwanzteil den Faden kreisrund bis in die schmale Endgeissel verlaufend. Das Epithel des Centralkanals ist fast bis zum äussersten Ende gut ausgebildet und trägt hohe Flimmerhaare von 9  $\mu$  Länge, die den Faden berühren. Dieser selbst hat etwa 3  $\mu$  Durchmesser. Der als Sinus terminalis anzusprechende kleine Raum zeigt nur eine sehr geringe Ausdehnung von etwa 32  $\mu$  und enthält ein Stück des Fadens in engen Spiraltouren aufgeknäult. Im weiteren Verlauf am äussersten Ende geht die Begrenzung des Kanals an der lateralen Seite ziemlich unvermittelt in ein äusserst dünnes, teilweise offenbar degene-

riertes Epithel über, und der Faden endigt hier in einem Gerinnsel, wieder mit einigen kleinen Spiraltouren, ohne das Bereich des Epithels zu verlassen.

Dieses Epithel ist so zart, dass es bei etwas schlechterer Konservierung leicht übersehen werden kann. Fast der ganze Raum des beschriebenen Endsäckchens, das spitz zuläuft, wird nun von einer keulenförmigen Masse ausgefüllt, die ziemlich gut färbbar ist und stellenweise 30  $\mu$  Dicke in sagittaler Richtung aufweist.

Ich konnte auf der Sagittalschnittserie deutlich verfolgen, wie der Faden unter anfänglicher Faltung und Aufknäulung in diese Masse übergeht, welche zahlreiche längliche Vacuolen enthält, wodurch der Eindruck hervorgerufen wird, dass sie durch Verquellung dicht aneinander liegender Partien des Fadens hervorgegangen ist. Auch finden sich hier einzelne Wanderzellen.

Das S.C.O. untersuchte ich ausser bei Raja bei Heptanchus. Die Zellen, die das S.C.O. bilden, sind bei den Selachiern besonders lang, sehr schmal, durch ihre Basis ziehen Züge, von markhaltigen und marklosen Fasern gemischt, in sagittaler Richtung, die offenbar aus dem Epiphysenstiel stammen. Dem Epithel des S.C.O. ist eine etwas abweichende Epithelpartie oral angelagert. Das S.C.O. von *Scyllium canicula* und *catulus*, von *Spinax*, *Pristiurus*, *Seymnus licha*, *Mustelus vulgaris* zeigten im wesentlichen identische Verhältnisse.

Auf die besondere Grösse der Zellelemente sowie der Kerne bei *Spinax* sei besonders hingewiesen.

Bei *Chimaera* enthält wenigstens der letzte Teil der Schwanzgeissel wohl noch deutliche Züge markhaltiger Nerven, aber keinen deutlich erkennbaren Rückenmarksteil.

Das S.C.O. von *Scyllium* bildet im Querschnitt eine hufeisenförmige Rinne, einzelne der Zellen des mehrreihigen Epi-



thels, in dem stellenweise bis zu 9 rundlich ovale Kerne übereinander geschichtet sind, lassen die basalen Verbreiterungen der Elemente, die als Stützzellen funktionieren, zur Hirnoberfläche verfolgen. Die oberflächlichen Grenzplatten der Epithelien des Organs sind ausserordentlich schmal. Der Ansatz des Fadens war nicht gut erhalten.

#### *Centrophorus granulatus.*

Auf einer Querschnittserie durch das S.C.O. dieses Selachiens fanden sich sehr schmale, dicht gedrängte Epithelzellen, basal vom Kerne enthielten sie äusserst feine Körnchen, die leicht acidophil waren, im distalen Teil der Zelle wurden solche durchaus vermisst, das basale Ende der Epithelzellen liess den Übergang in feinste Fädchen erkennen, welche unterhalb des Epithels in wirtelige Züge zusammenliefen und dichten Bündelchen aus feinsten Fasern den Ursprung gaben. Der wellige Zug, die Richtung und die geringe Färbbarkeit im Gegensatz zu benachbarten gliösen Elementen lassen es immerhin möglich erscheinen, dass es sich hier bei einzelnen Elementen um den Übergang in marklose Fasern handeln könnte, somit um den Abgang von Achsenzylindern aus den Epithelzellen. Sie wären also als primäre Sinneszellen kenntlich, während die Funktion der anderen als gliöse Stützzellen klar ist.

Hier wie bei anderen Selachiern sieht man, dass zum Unterschiede von anderen Tieren in den Zellen des S.C.O. häufig zwei Centralgeisseln mit deutlichen Flimmerwurzeln vorhanden sind, die sich bis zur unmittelbarsten Nähe des Kernes verfolgen lassen.

#### *Squatina angelus.*

Das subcommissurale Organ ist ein ziemlich voluminöses Gebilde und liegt der Commissura posterior, die mächtig entwickelt ist, in Form eines hohen epithelialen Belages dicht an. Der Vorderteil des Organes bildet für sich allein an dieser

Stelle die Hirnwand, in dem wenigstens in der mittlersten Partie ausser den spezifischen Epithelzellen keinerlei nervöse Gebilde vorhanden sind, wenn man von vereinzelt markhaltigen Fasern absieht, welche zwischen der Basis der Zellen in schräger, auch in sagittaler Richtung hindurchziehen und vermutlich in den Epiphysenstiel einstrahlen. Es sei betont, dass auffallenderweise die vorne an das Organ grenzende Commissura habenularis fast durchwegs aus marklosen Fasern zusammengesetzt erscheint und nur vereinzelt markhaltige Fasern enthält. Das Organ ist zusammengesetzt aus einem hohen geschichteten Epithel mit stellenweise 10 Reihen längsovaler Kerne. Die Zellen sind in der typischen Weise ausgebildet, durchwegs schmal und einzelne davon sehr hoch. Sie gehen unvermittelt oralwärts in kleine, mehr rundliche Elemente über, welche den Beginn des Epiphysenkanals bilden. Die Oberfläche zeigt die kleinen Platten und das Diplosom, der Ansatz des Reissnerschen Fadens war nicht deutlich zu erkennen. Sehr auffallend waren einzelne dickere und dünnere markhaltige Nervenfasern, welche sich konstant verjüngen und im genauen Sagittalschnitt fast bis zur freien Oberfläche des geschilderten Epithels aufsteigend, zu verfolgen waren, also an eine „sekundäre“ Innervation dieser Gegend denken liessen.

Da es mir infolge des Krieges nicht möglich war, frisches Material von Selachiern zu fixieren, muss ich vorläufig die Frage, ob im S.C.O. neben den Elementen, auf welchen der Faden befestigt ist, Sinneszellen vorkommen und ob diese als primäre oder sekundäre aufzufassen wären, vorläufig unentschieden lassen. Die Imprägnationsmethoden werden hier die Entscheidung bringen.

Bei in Pikrinsublimat konservierten Embryonen von *Pristiurus* (ich verdanke das Material der Liebenswürdigkeit Prof. Fischls) fand sich bei 29 mm Länge, wo der Centralkanal fast noch rein epithelial ist und massenhaft Mitosen auf-

weist, schon ein als Anlage des Reissnerschen Fadens anzusehendes, kaum messbar feines Fädchen, bis zum S.C.O. verfolgbar, von feinsten, an Gerinnsel erinnernden Teilfädchen umgeben. Das Lumen des Centrankanals ist jederzeit um ein Vielfaches dem Querschnitt des winzigen Fadens überlegen, so dass man nie daran denken kann, dass er einen Ausguss des Lumens in der frühesten Embryonalperiode darstellen könnte. Als jüngstes Stadium fand ich schon bei einem 14 mm langen Pristurusembryo den Faden im Centrankanal nahe der Basis ausgespannt und im Sinus terminalis schon in typischer Weise dorsal aufgekäuelt (Fig. 10, Taf. 33).

Bei einem 33 mm langen Embryo von *Acanthias* fand sich der Reissnersche Faden schon vollkommen ausgebildet und ausgespannt im hinteren Abschnitt des Rumpfes, und zwar in dem Teil des Kanales, der der Chorda zunächst liegt, auch hier im Sinus terminalis aufgekäuelt.

Bei einem ca. 20 cm langen Embryo von *Scymnus* fand sich der Reissnersche Faden im Schwanzteil als deutlicher runder Strang von ca. 8  $\mu$  Dicke. Er lag in den letzten Abschnitten des Centrankanals der einen Wand desselben lateral mehr an, wo sie stark asymmetrisch gebaut war. In dem kleinen Sinus terminalis zeigte der Faden mehrere Aufknäuelungen. Zum Schluss ging er in eine unregelmässige Masse über, welche einem Teil der Wandung des Kanals angelagert war, die aus flachen plattenepithelartigen Zellen zusammengesetzt war. Ein Austritt des Fadens aus dem Kanal konnte nicht konstatiert werden.

#### *Cottus gobio.*

Bei den Knochenfischen ist das subcommissurale Organ in Form einer dicht hinter dem Epiphysenstiel entwickelten Epithelgrube ausgebildet, es zeigt sich hier nach vorne und nach rückwärts zu in sagittaler Richtung ein allmählicher Übergang des

charakteristischen Geisselepithels in die niedrigen Epithelzellen, die die Auskleidung des Centralkanals sonst bilden. Die Fasern der Commissur erscheinen in mehrere Portionen geteilt, die zum Teil als getrennte Stränge besonders in der vorderen Portion des Organes zwischen den Fussteilen der Ependymzellen verlaufen. Das Verhältnis zwischen den Fasern und den Zellen ist hier so wie bei den durch den Randschleier des Centralorgans bei Embryonen ziehenden Fasern. In dem gegen die freie Oberfläche zu gelegenen Anteile der Zellen dicht oberhalb des Kernes findet sich fast überall ein pyramidenförmig geformtes Körperchen, möglicherweise irgend eine Modifikation des Netzapparates der Zelle oder den bei Cyclostomen geschilderten Einschlüssen vergleichbar. Streng median in der Sagittallinie zieht durch das subcommissurale Organ ein ganz schmales Nervenbündelchen, der Tractus epiphysarius, ein zweites, noch zarteres, verlässt das Organ in der Richtung nach aussen zu mehr caudalwärts und zieht als zartes Fädchen markloser Nerven durch das arachnoidale Gewebe an die Aussenseite. Der Reissnersche Faden ist hier ausserordentlich deutlich und kräftig. Er zieht, einem dicken homogenen Drahte vergleichbar, durch die Achse des Hirnhöhlensystems, legt sich dann tangential an das S.C.O. an und wird hier allmählich auf dem Längsschnitte immer dünner und dünner, wobei er sich offenbar auf der Oberfläche des Organes ganz flach ausbreitet und sich in Fäden auflöst.

#### *Cyprinus carpio.*

Der Reissnersche Faden ist recht dick, 6—7  $\mu$ , und zeigt insbesondere unmittelbar caudalwärts von seiner Ansatzstelle an S.C.O. eine besondere Verdickung. Die fächerförmige Ausbreitung in zahlreiche, nach vorne zu unmessbar feine werdende Fäden ist deutlich. Das S.C.O. ist sehr einfach, besteht aus relativ sehr niedrigen Zellen, die sich fast durchwegs in typische Ependymstützfortsätze verfolgen lassen, welche durch

die Commissurenfasern durchtreten, letztere in viele kleine Pakete zerteilend. Bei anderen Cyprinoiden, Alburnus, Phoxinus, fanden sich identische Verhältnisse, nur war der Faden den geringeren Dimensionen der Tiere entsprechend, dünner.

In dem (wie beim Igel) auffallend verkürzten Rückenmark von *Lophius piscatorius* finden sich in dem relativ weiten Centralkanal typische Ependymzellen mit Stützfibrillen, sich breit am Kanal ansetzend, daneben kleinere birnförmige Sinneszellen, die in einen Nervenfortsatz übergehen. Der Reissnersche Faden ist 3—4  $\mu$  dick.

Bei *Esox lucius* wird der Faden eine Strecke weit von Begleitfäden am Ansatz flankiert.

Bei *Gasterosteus* fand ich den Reissnerschen Faden an der Spitze der Schwanzflosse innerhalb des sehr verschmälerten, epithelialen Kanals knopfförmig endigend, einen Austritt aus dem Kanal konnte ich nicht beobachten. Bei *Trutta* zeigte wenigstens bei den zahlreichen von mir untersuchten Jungfischen der Faden in der Schwanzflosse dasselbe Verhalten. Die jüngsten von mir untersuchten 2 cm langen Tiere zeigten den ganzen Komplex voll ausgebildet. Das S.C.O. ist bei diesen jungen Tieren schon stark ausgebildet.

Bei *Trutta* findet sich der Faden am äussersten Ende der Schwanzflosse etwas verdickt und verlässt anscheinend den Kanal schon bei Jungfischen um wenige Mikrou, da die äusserste Spitze des Kanals durch Degeneration der winzigen Epithelien lateral unverschlossen erscheint. Ähnlich wie manchmal im S.C.O. finden sich auch hier im Epithel vereinzelt acidophile Tröpfchen.

Ein mittelgrosses Exemplar von *Motella* zeigte bloss einen sehr dünnen Faden. Bei *Ophisurus serpens* fand sich ebenfalls ein dünner Faden, 3  $\mu$  dick, und ein sehr rudimentäres S.C.O. Es ist hervorzuheben, dass bei diesem Tier das S.C.O. ganz eigenartig gelagert ist, indem es grösstenteils

nicht auf, sondern dicht vor der Commissura posterior gelegen ist und sich dabei dem Epiphysenstiel dicht anschmiegt. Es bildet also hier diese Epithelpartie allein, ohne Verstärkung durch die Faserzüge, das Hirndach, wie bei manchen Selachiern.

Bei *Belone* ist der Faden sehr dünn, kaum  $1,5 \mu$ . Er verdünnte sich nach vorne schon vor dem Ansatz an dem schwach ausgebildeten S.C.O. Er war so straff ausgespannt, dass er in einem einzigen  $10 \mu$  dicken Schnitt von seiner Ansatzstelle am S.C.O.  $4 \text{ mm}$  weit konstant verfolgt werden konnte.

Bei *Blennius pavo* ist der Faden kaum  $1 \mu$  dick.

Beim *Doebel* (*Cobio fluviatilis*) fand sich ein besonders dicker, über  $10 \mu$ , Faden, so dass dieses  $15 \text{ cm}$  lange Tier einen fast so dicken Faden besitzt, wie die grössten Säugetiere (*Hippopotamus*). Da das Gebilde vollkommen drehrund war, dürfte es sich kaum um einen Quellungsvorgang gehandelt haben.

Bei *Cobitis fossilis* ist der Faden  $2 \mu$  dick.

Bei den verschiedenen Fischen bietet das S.C.O. ein ziemlich einförmiges Bild eines Kanales mit hufeisenförmigem Querschnitt. Bei manchen erkennt man innerhalb dieses Kanals eine Reihe von gröberen sekretartigen Tropfen, ohne dass eine Beziehung zu den Zellen erkennbar wäre. Das Verhalten des Fadens am Körperende bei den Teleostiern war an meinen Präparaten selten ganz klar festzustellen. Bei vielen Fischen, insbesondere bei Muränen, fiel mir auf, dass zu beiden Seiten in der Begrenzung des dritten Ventrikels, etwa unterhalb der Commissura posterior, eine Rinne ausgebildet ist, die von einem besonderen Ependym ausgekleidet wird, welches den Epithelien des S.C.O. sehr ähnlich, aber doch nicht mit ihnen zu verwechseln ist. Es scheinen auch bei höheren Wirbeltieren diese Rinnen in der gleichen Gegend ausgebildet zu sein. Wie weit diese Bildung konstant ist und ob sie in der Literatur ihre Berück-

sichtigung gefunden hat, ist mir noch nicht ganz klar. Eine Beziehung zum Faden erkannte ich nicht.

Bei *Cobius niger* ist es besonders schwer, den Faden zu verfolgen, da fast keine Hohlräume im Gehirne ausgebildet sind. Auch ist er sehr zart, bloss 1  $\mu$  dick; auch das S.C.O. ist schwach ausgebildet.

*Perca* besitzt einen dickeren Faden.

Ebenso *Uranoscopus*, bei dem auch das S.C.O. stärker ausgebildet erscheint. Bei diesem Tier springt die hintere Commissur, von einem kaum wahrnehmbaren flachen Epithel überzogen, hakenförmig gegen den Ventrikel vor. Bei *Balistes capricus* ist das Organ sehr flach ausgebildet, höchst rudimentär. Auch der Faden ist nur  $\frac{1}{2}$   $\mu$  dick und straff ausgespannt. In der Umgebung der Ansatzstelle, an dem sehr rudimentären S.C.O., dessen Zellen keine Schichtung aufwiesen, lagerte eine vielfach aufgeknäulte, in der Färbbarkeit dem Reissnerschen Faden ganz ähnliche, zylindrische Masse. Es dürfte sich wohl um ein Kunstprodukt handeln. Der caudale Anteil der Commissur trägt hier Flimmerepithel. Der Centralkanal des Rückenmarks dieses Fisches ist ausserordentlich eng, kaum 10  $\mu$  breit.

Bei *Hippocampus* ist der Kanal im Rückenmark nur 6  $\mu$  breit, der Faden vorhanden, aber kaum  $\frac{1}{2}$   $\mu$  breit.

Bei *Silurus* bildet das S.C.O. nur eine ganz flache Rinne, die Ausbreitung des Fadens lässt sich hier besonders gut studieren.

#### *Salamandra maculosa.*

Das subcommissurale Organ ist beim Salamander schwach ausgebildet, wie überhaupt die ganzen Gebilde dieser Hirnregion wie die Epiphyse eine relativ geringe Differenzierung zeigen. Der Reissnersche Faden konnte bis zum Organe verfolgt

werden, von seiner Anheftung erhielt ich keine deutlichen Bilder, dagegen gelang es mir, bei einer Larve auf einem Schnitt den Faden auf lange Strecke schnurgerade durch den 4. Ventrikel ausgespannt ziehen zu sehen. Der Faden scheint aus mehreren miteinander durch eine Zwischenmasse verkitteten Teilen zu bestehen, von denen die mittleren dicker, die äusseren zarter erscheinen.

Bei *Molge vulgaris* und *cristata* sind die Verhältnisse denen bei *Salamandra* sehr ähnlich. Die Zellen des S.C.O. sind von hinten nach vorne orgelpfeifenartig abgestuft, was schon bei jungen Larven deutlich hervortritt, der zarte Reissnersche Faden ist auch im fixierten Zustand genügend haltbar, um sich mit Nadeln aus Celloidinschnitten isolieren zu lassen, und lässt sich im Balsam hin- und herrollen. Er endet am Schwanzende in dem geschlossenen Sinus terminalis mit einer geringen Endanschwellung. Im Sagittalschnitte des Centralkanals, die ja bei diesen Tieren besonders leicht herzustellen sind, unterscheidet man neben den indifferenten Ependymzellen etwas über die Grenze des Epithels vorragende Zellen mit grösseren Kernen und einer kleinen Protoplasmakuppe, wahrscheinlich die Sinneszellen.

#### *Proteus anguineus.*

Der Reissnersche Faden liess sich bis ans Ende des Schwanzes verfolgen. Hier war der Centralkanal offen und der Faden zu einem sehr komplizierten Convolut aufgeknäult, das in einer als Sinus terminalis zu betrachtenden Erweiterung gelegen war. Die Windungen des Fadens sind beim erwachsenen Exemplar getrennt, zwischen ihnen finden sich einzelne Wanderzellen. Eine Beziehung zum Bindegewebe ist nicht nachzuweisen. Im Rückenmark lassen sich Sinneszellen auch noch in der Schwanzpartie erkennen (Fig. 22, Taf. 34).



*Rana esculenta.*

Das subcommissurale Organ liess sich als kurze, aus Geisselzellen aufgebaute Halbrinne bei jungen Fröschen deutlich nachweisen, und der Reissnersche Faden, der daran inseriert, bis zum Organ verfolgen; seine Zusammensetzung aus einem Bündel verschieden dicker Fäden war klar zu beobachten.

Besonders günstig lässt sich bei jungen Herbstfröschen das Nervensystem und der Reissnersche Faden konservieren, da einerseits trotz voller Ausbildung aller funktionierender Teile das Cranium noch knorpelig ist, andererseits die Durchspülungsfixation leicht gelingt. Man sieht dann sehr genau, wie an der Oberfläche des rinnenförmigen S.C.O. der Reissnersche Faden sich vielfach fast immer dichotomisch aufteilt, und schliesslich kann man die Substanz der feinsten Teilfädchen zu den Kittleisten der Zellen verfolgen (Fig. 6, Taf. 32). Eine Beziehung der auf den Diplosomen in der Mitte der Zellköpfe entspringenden Geissel zum Faden ist auch hier nicht sicher erkennbar. Der Faden verläuft beim Fröschchen (6 cm Länge) bis fast unmittelbar an das Ende des Centralkanals, welches wir in einer an der dorsalen Fläche des Sacrum's ausgesparten Rinne finden. Mit grösster Deutlichkeit kann man sehen, dass er hier blind endigt, sich nicht an die Wandung des epithelialen Rohres anhaftet, noch auch das Rohr verlässt. Bei guter Konservierung liegt er auch im Caudalteil central im Kanal. Über die Vorgänge, die sich an dem epithelialen Kanal und dem Faden bei der regressiven Metamorphose des Larvenschwanzes abspielen, konnte ich bisher nicht ins Reine kommen.

Auch das Auftreten bei der Larve ist schwer zu beobachten.

Es dürfte aber sehr früh zur Bildung des Fadens kommen, denn schon bei 7 mm langen Larven von *Rana fusca* konnte ich ein ausserordentlich zartes Fädchen im Centralkanal ausgespannt, auf Sagittalschnitten gut gestreckter fixierter Larven, finden.

Andere Anuren und ihre Larven, wie *Hyla arborea*, *Bufo variabilis* und *Bombinator igneus*, zeigten ganz ähnliche Verhältnisse wie *Rana*.

#### *Lacerta agilis*.

Das subcommissurale Organ tritt bei den Eidechsen in Form eines fast geschlossenen, nur spaltartig nach unten offenen Rohres ungemein deutlich hervor, seine Zellen sind durchwegs typische Geisselzellen mit einer vom Diplosom entspringenden, etwa 4—5  $\mu$  langen Geissel, die von den polygonalen, ca. 3  $\mu$  breiten freien Enden der Zelle sich erhebt. Die vordere und die hintere Grenze des Epithels stösst unmittelbar an Flimmerzellen, dadurch hebt es sich sowohl auf dem Querschnitt, wie auf dem Sagittalschnitt sehr scharf von seiner Umgebung ab. Der Reissnersche Faden lässt sich aus dem Rückenmarkskanal, in dem er bei entsprechender Konservierung vollkommen geradegestreckt verläuft, durch den 4. Ventrikel bis in die Gegend des hinteren Endes des S.C.O. verfolgen. Dort verläuft er nahe der höchsten Stelle der Rinne und tritt in seinem weiteren Verlauf nach vorn immer näher zur Oberfläche dieses Epithelgebildes. Im vorderen Anteil der Rinne kann man dann beobachten, wie er sich in mehrere Teilportionen auflöst, die ihrerseits wieder in noch feinere Stränge sich aufsplittern. Diese Stränge liegen schliesslich dicht auf der Oberfläche des Geisselzellenepithels innerhalb einer strukturlosen Masse. Einen Übergang in die Geisseln selbst war nicht nachzuweisen möglich. Das Verhältnis der genannten Cranialendigung des Reissnerschen Fadens erinnert fast vollkommen an die Anheftung der Cupulagallerte auf den Epithelzellen der Sinnesendstellen des Labyrinths, wenn auch vorläufig nicht mit Sicherheit angenommen werden kann, dass die Genese beider Organe vollkommen übereinstimmt. Eher finden sich Analogien in dem Auftreten des Reissnerschen Fadens mit der Bildung der

Membrana tectoria, speziell von deren Randfadennetz, wie ich sie in Übereinstimmung mit den Befunden von Held bei verschiedenen Wirbeltieren auf der Papilla basilaris studieren konnte (14).

Bei *Anguis fragilis* sind die Verhältnisse des S.C.O. und des Fadens ganz ähnliche wie bei *Lacerta*. Auch fand ich den Faden schon bei 10 cm langen Föten vollkommen ausgebildet. Schon bei diesen und später fällt die Bildung eines relativ umfangreichen Sinus terminalis auf, der mit äusserst verdünntem Epithel ausgekleidet ist. In ihm geht der Reissnersche Faden direkt in einen dünnen gallertigen Wandbelag über, der auch degenerierte Zellen und Wanderzellen einschliesst (Fig. 12, Taf. 33).

#### *Platydactylus gecko.*

An einem gut konservierten Exemplar eines Gecko fand sich das S.C.O. und der Reissnersche Faden ganz ähnlich entwickelt wie bei der Eidechse und liess sich bis zu seiner Anheftungsstelle auf einer Querschnittserie verfolgen.

#### *Sphenodon punctatus.*

An einer vorzüglich erhaltenen Serie durch den Kopf einer lebend durchspülten Brückenechse, die mir Herr Prof. Tänder durchzusehen Gelegenheit gab, liess sich der Reissnersche Faden im Rückenmark und in der Gegend des S.C.O. nachweisen, insbesondere in letzterer Gegend war er wieder in mehrere feine Portionen aufgespalten und heftete sich innerhalb des fast zu einem vollständigen Hohlrohre abgeschlossenen Epithels des S.C.O. an.

#### *Crocodilus niloticus.*

Das S.C.O. des Krokodils, das ich an zwei jungen, ca. 30 cm langen Exemplaren beobachten konnte, zeigt auf dem Quer-

schnitt die Form eines Spitzbogens, an dessen beiden Schenkeln das hohe geschichtete Epithel sich ziemlich weit hinab erstreckt. Das Epithel entspricht dem der anderen Saurier. Ganz auffallend ist das Verhalten der Nervenfasern in der Umgebung des Organs, welche ich hier an Präparaten nach Ramon y Cajal untersuchen konnte. Man sieht, dass zahlreiche marklose Fäserchen bis ins Epithel hinein verfolgt werden können, ohne dass ihre Endigungsweise erkennbar war.

Der R. F. in der Dicke von  $3\ \mu$  konnte in einem Schnitte ca. 2 mm weit verfolgt werden.

#### *Emys europea.*

Bei der Sumpfschildkröte, von der ich ein ausgewachsenes Exemplar untersuchte, ist das S.C.O. wie bei den anderen Reptilien sehr gut entwickelt und der Reissnersche Faden, dessen Insertion ich deutlich beobachten konnte, ziemlich dick,  $4\ \mu$ . Am vorderen Ende sieht man, wie er sich in ein ganzes Bündel feiner Fäden aufspaltet. Es sind auch mehrere sehr feine Nebenfäden, die sehr stark lichtbrechend sind, vorhanden. Man kann dabei erkennen, dass der frei durch die Ventrikel laufende Faden eine komplizierte Zusammensetzung hat, indem wahrscheinlich die miteinander laufenden Fäden durch eine homogene centrale Masse vereinigt werden. Stellenweise konnte ich über 40 fächerförmig angeordnete Fädchen deutlich erkennen. Das Epithel des Organs verhält sich in der typischen Weise (Fig. 26). Im Rückenmark sind die Sinneszellen deutlich.

#### *Python reticulatus.*

Bei Python (zur Untersuchung gelangte ein über 3 m langes Exemplar, das mittels Durchspülung konserviert war und 7 Jahre in der Fixierungsflüssigkeit gelegen hatte) liess sich der Faden ebenfalls bis an das äusserste Ende des Schwanzes

verfolgen. Es besteht hier eine geräumige Erweiterung als Sinus terminalis und in diesem Raum finden wir den Faden in sehr zahlreichen Touren aufgeknäuel. Dabei sieht man, dass die einzelnen Partien des Fadens an dieser Stelle verbreitert, wie aufgequollen, erscheinen, und es lässt sich dabei an ihnen eine sehr deutliche Zusammensetzung des Fadens aus zahlreichen, kaum messbar feinen Fäden konstatieren. In caudalen Teile der Erweiterung, deren Frontaldurchmesser über 300  $\mu$  beträgt, findet sich der aufgeknäulte Faden in massenhaften Windungen, so dass auf einen Schnitt 70—80 Windungen des Fadens getroffen erscheinen, dessen fein fibrilläre Zusammensetzung dabei besonders deutlich in Erscheinung tritt, und schliesslich verliert sich das Ganze in einer homogenen Masse, welche vereinzelt Wanderzellen umschliesst. Im proximalen Teil ist der Epithelbelag des Sinus terminalis erhalten, im distalen fehlt er. Die nervöse Substanz des Rückenmarksendes ist, ohne einen Hohlraum mehr aufzuweisen, caudalwärts noch etwa einen halben Millimeter in dem rinnenartigen Hohlraum des letzten Wirbels zu verfolgen. Schon im letzten Schwanzabschnitt ist der Faden auf eine Dicke von 12  $\mu$  angeschwollen. Im Rückenmark fand sich der Faden gut gespannt. Im Ependym des Rückenmarks sind sehr viele Sinneszellen vorhanden, die flaschenförmig geformt sind, dazwischen finden sich Zellen, welche Becherzellencharakter aufweisen infolge grober Vacuolisation. Wahrscheinlich handelt es sich um eine sekundäre Veränderung, die ich in anderen Fällen nicht gefunden habe.

#### *Boa constrictor.*

Der Reissnersche Faden liess sich bei einem ca. 3,5 m langen, mittels Durchspülung fixierten Exemplar in vorzüglicher Erhaltung in allen Teilen des Rückenmarks bis zum Schwanzende verfolgen. Der Faden ist auffallend dick und wird überall von den Haaren der Ependymzellen berührt. Er

erscheint vollkommen homogen. Die Verhältnisse am Caudalende waren durch zufällige Umstände nicht so gut erkennbar.

#### *Coluber aesculapii.*

Das S.C.O. verhält sich ähnlich wie bei *Lacerta*, nur springt es etwas weniger stark in den Ventrikel vor. Der Reissnersche Faden zeigt begleitende Nebenfäden und ist relativ dick, schon im *Calamus scriptorius*  $6\ \mu$ ; sehr auffällig ist schon in dieser Gegend der grosse Reichtum des Ependyms an solchen Zelltypen, welche als Sinneszellen aufgefasst werden können, speziell dorsal, und man wird vielleicht nicht fehl gehen, dies mit der starken Beweglichkeit des Schlangenkopfes gegenüber der Wirbelsäule in eine vielleicht funktionelle Beziehung zu setzen, da bei anderen Tieren sich hier selten solche Zellen finden.

#### *Tropidonotus.*

Das Rückenmark lässt sich bis unmittelbar an die Schwanzspitze heran verfolgen. Hier befindet sich ein kleiner Sinus terminalis, im Frontaldurchmesser etwa  $40\ \mu$  breit, in welchem der Reissnersche Faden keulenförmig verdickt endigt, nachdem er sich von der Breite von  $2\ \mu$  bei jungen,  $4\ \mu$  bei älteren Exemplaren auf etwa das Dreifache verdickt hat.

#### Verhalten im regenerierten Rückenmark von *Lacerta.*

Bei den Eidechsen, bei welchen bekanntlich besonders leicht die Regeneration der Schwanzwirbelsäule samt dem Rückenmark eintritt, findet sich nach der Angabe von Dendy und Nicholls im regenerierten Centralkanal der Reissnersche Faden wieder ausgespannt vor. Ich selbst konnte mich bei zwei Tieren, bei denen 5 mm bzw. 10 mm des Schwanzendes als Regenerat zu sehen war, den Faden an dessen Ende nicht finden. Dagegen fand ich bei älteren Regeneraten

den Faden ohne irgend eine nachweisbare Veränderung an der Stelle der Autotomie kontinuierlich bis ans Ende des neugebildeten Epithelkanals ziehen. An frisch verletzten Exemplaren fand sich am Faden an der Abrissstelle eine endständige Verdickung, die ungefähr das Lumen des Kanals ausfüllte. Jedenfalls muss man annehmen, dass bei der Regeneration des Schwanzes und des darin gelegenen Neuralrohres, wenn der Faden wieder an das Ende des Kanals gelangt, er nicht als an Ort entstanden anzusehen ist. Oder man müsste annehmen, dass er gleichzeitig mit dem auswachsenden Epithelrohr sich ausbildet. Da es mir auch bei normalen Verhältnissen nie gelungen ist, bei *Lacerta* im Sinne der Autoren eine Anheftung des Reissnerschen Fadens am Ende des Kanals, ein Ausreten aus einer Öffnung in das umgebende Bindegewebe und Verankerung daselbst oder einen Zusammenhang mit innerhalb des Centralkanals gelegenen Zellen, wie Sargent bei Fischen abbildete, nachzuweisen, so möchte ich überhaupt vorläufig ein Ausgespanntsein des Fadens durch feste Befestigung an seinem Ende gar nicht annehmen. Finden wir doch bei den einzelnen Tierformen die verschiedensten Varianten in bezug auf das Verhalten des Fadens im Endteile des Rückenmarks bzw. im Sinus terminalis, wo ein solcher wirklich besteht. Bald sehen wir den Faden mit einem kleinen Knöpfchen, bald wieder mit einer längeren Keule endigen, in anderen Fällen finden wir auch, ohne dass irgend eine Verletzung stattgefunden hat, ziemlich häufig ein längeres Stück des Fadens im Endkanal guirlandenförmig aufgeknäult (Fig. 30). Alle diese Tatsachen glaube ich, lassen sich zwanglos dadurch erklären, dass man annimmt, dass es die Flimmerbewegung der Ependymzellen ist, welche die Ausspannung des Fadens nach seiner Entstehung bei seinem Wachstum und eventuell bei Regenerationsvorgängen bewirkt. Weiss man doch seit Purkynje, dass das Epithel tatsächlich flimmert, wenn es auch nicht leicht ist, die Rich-

zung des Flimmerstromes zu bestimmen, oder gar festzustellen, ob innerhalb des Centralkanals des Rückenmarks überall im gleichen Sinne eine Flimmerung stattfindet. Auch bin ich mir des Einwandes bewusst, dass in bezug auf Anordnung, Anzahl und Dichte eigentlicher flimmernder Zellen, Dazwischenschaltung von nichtflimmernden oder nur eine einzelne Centralgeißel tragenden Zellen in der Tierreihe und während verschiedener Entwicklungsstadien bei einem und demselben Tiere zahlreiche Varianten beobachtet werden. Nehmen wir aber an, dass ein Flimmerstrom, der caudalwärts verläuft, dauernd vorhanden sei, gegen welche Annahme derzeit kein plausibler Einwand besteht, so könnten wir uns sehr wohl vorstellen, dass durch diesen Flimmerstrom der Faden gegen das Schwanzende hingedrängt wird und ausgedehnt erhalten wird, dadurch erklärt es sich auch, dass seine Lage gewahrt bleibt, wenn bei Verletzungen das Ende verloren geht. Wird dann der neue epitheliale Kanal bei der Regeneration gebildet, so wird der Faden offenbar etwas später neugebildet und in den Kanal möglicherweise durch die Flimmerkraft hineingeschoben. Die Neubildung erfolgt vermutlich vorne an dem S.C.O. unter dem Einfluss des Reizes der Verletzung. Diese, allerdings schwer zu beweisende Hypothese ist mit allen Tatsachen vereinbar, die ich am Gehirn und Rückenmark verschiedener autotomierter Eidechsen erheben konnte.

#### *Cypselus apus.*

Genau an derselben Stelle, wo wir bei den Eidechsen das S.C.O. finden, lässt es sich auch beim Vogel konstatieren, allerdings macht es gewisse Schwierigkeiten, speziell auf Sagittalschnitten, die entsprechende Orientierung des Organs beim Vogel zu erhalten. Auch hier finden wir die charakteristischen schmalen Centralgeißelzellen in Form eines geschichteten Epithels angeordnet. Die Endigungsweise des Reissnerschen Fadens daselbst war mir zu beobachten nicht möglich.



*Passer domesticus.*

Das S.C.O. ist deutlich entwickelt und besteht aus mehrreihig angeordneten Zellen mit runden Kernen. Der Faden lässt sich in das Rückenmark gut verfolgen und ist schon beim Nestjungen im Halsmark 3  $\mu$ . dick, der Centralkanal zeigt neben den mit Einzelgeisseln versehenen, indifferenten Ependymzellen, welche ganz schmale elliptische Kerne mit mehreren Kernkörperchen besitzen, grössere, ausgesprochen birnförmige Zellen, mit einem kleinen Fortsatze über die Limitans des Ependyms hervorragend. Diese Zellen besitzen runde Kerne mit bloss einem Kernkörperchen und erinnern stark an Ganglienzellen. Andeutungen von färbbaren Körnern, möglicherweise Nisselkörpern, sind vorhanden. Die Sinneszellen berühren mit ihren Fortsätzen den Faden (Fig. 11, Taf. 33). Gelegentlich liegen dem Faden ausserordentlich flachgezogene Zellelemente, möglicherweise von Wanderzellen herrührend, aber nicht deren typische Kernform, sondern eher die Kernstruktur des indifferenten Ependyms zeigend, dicht an. Man kann sich durch solche Bilder, ich habe derartiges nur bei jungen Spatzen gefunden, zur Annahme verführen lassen, dass die Kerne zur Faser gehören. Beim Nestjungen fand sich das Ende des nur allmählich sich verjüngenden Filum terminale des Rückenmarks im Bereiche des Hohlraumes des letzten Schwanzwirbels, und hier endete der Centralkanal, ohne einen besonderen Sinus terminalis erkennen zu lassen, und in ihm der Reissnersche Faden ohne wahrnehmbare Verdickung oder Aufknäuelung. Auch hier finden sich wie bei anderen Tieren im Endabschnitt Wanderzellen.

Bei Hühnerembryonen, sowie bei einem eben flügge gewordenen Buchfinken fand sich am Ende des Centralkanals eine kleine, dorsal offene, rinnenförmige Partie, während das letzte Ende wieder als geschlossenes Epithelrohr erschien.

Beim Buchfinken fand sich in der Rinne ein etwas aufgeknäuelter Faden.

Jüngere und ältere Exemplare von *Turdus musicus* zeigten dieselben Verhältnisse wie *Passer*.

Bei der Ente fand sich im 3. Ventrikel ein wohl etwas deformierter dicker Faden. Die Zellen des S.C.O. zeigten fast in ihrem ganzen Längsverlauf deutliche Gliafibrillen.

Im Rückenmark von *Syrnium aluco* waren sinneszellenartige Gebilde im Centralkanal ebenfalls erkennbar.

#### *Palaeornis ornatus.*

Das S.C.O. hat eine relativ grosse Längenausdehnung, die Kerne stehen stellenweise in Achterreihen und mehr, der Faden ist sehr dünn, kaum etwas über  $1 \mu$  dick.

Bei *Anser domest.* ist das S.C.O. weniger stark entwickelt, die Zellen relativ kurz und gehen deutlich in Stützfibrillen tragende Ependymfasern über, die Kerne sind durchwegs annähernd kugelig, was ein Charakteristikum der Vögel überhaupt zu sein scheint.

#### *Columba domestica.*

Das Rückenmark endet blind im Innern des letzten Wirbels, in den letzten Abschnitten erscheint das Medullarrohr nicht geschlossen und bietet das Bild einer offenen Rinne. Über das Verhalten des Fadens am Ende konnte ich bei diesem Tier nicht ganz ins Klare kommen. Sinneszellen finden sich in den verschiedensten Abschnitten des Centralkanals. Sie unterscheiden sich durch ihre Birnform deutlich von den indifferenten Elementen.

#### *Mus norv. var. alb.*

Bei der Ratte konnte ich das S.C.O. an gut durchspülten Hirnen sehr deutlich nachweisen, dabei zeigten sich auf dem Querschnitt der hufeisenförmigen Figur der Rinne, die schon von Bauer-Jokl beschrieben wurde, die Geisselzellen, die

ohne jeden Übergang von den Flimmerzellen der sonstigen Centralkanalauskleidung sich abheben. Sie treten besonders deutlich hervor, und auch hier lässt sich der Reissnersche Faden in typischer Weise bis fast ans vordere Ende der Rinne verfolgen, in welcher er, in mehrere Teile auseinanderweichend, an der Oberfläche der Geisselepithelien inseriert. Das Bild stimmt mit dem Verhalten bei den Reptilien hochgradig überein (Fig. 24).

Das Epithel ist durchwegs mehrschichtig. Die Zellen des S.C.O. lassen keine besonderen Unterschiede erkennen, tragen alle auffallend grosse Diplosomen an der Oberfläche mit Einzelgeisseln. Alle Zellen zeigen durchwegs zur Zellachse parallel gerichtete Kernfaltungen. Hier gelangen auch gute Darstellungen des bei allen Wirbeltieren im distalen Zellteilē gelegenen schmalen, aus wenigen Fäden bestehenden Netzapparates.

#### Mus musculus.

Bei der Maus ist der Reissnersche Faden schon in der Gegend des S.C.O. von Dendy gut abgebildet worden. Er ist ausserordentlich zart und offenbar leicht verletzbar, denn es ist mir erst nach wiederholten Versuchen gelungen, ihn in halbwegs unverletztem Zustande und unveränderter Lagerung darzustellen.

#### Lepus cuniculus.

Der Reissnersche Faden misst im Bereiche des Aqueductes Sylvii etwa  $4 \mu$ , erscheint nicht vollkommen homogen. Das S.C.O. ist dem der Ratte sehr ähnlich. Die Ausbreitung des Fadens erfolgt allmählich und fächerförmig.

Im Centralkanal der erwachsenen *Cavia* finden sich im Ependym eingeschaltet die Köpfe von Sinneszellen, welche mit ziemlich langen Hälsen ins Ependym hineinragen und mit ihrem Körper schon grösstenteils im Grau gelegen sind. Hier ist der

Übergang des primären Neuroblasten in seine Rolle als Sinneszelle sehr augenfällig.

Bei manchen Nagern, besonders bei *Cavia*, sind gewisse Unterschiede zwischen den einzelnen Elementen, welche das Epithel des S.C.O. bilden, auffällig, indem die einen stärker die Farben festhalten und gegen die freie Oberfläche hin mit kleinen polygonalen Platten abgeschlossen sind, während die anderen kürzeren Elemente mehr flaschenförmig in der centralen Reihe der Epithelien gelegen sind, die weniger färbbares Plasma besitzen. Spezifische Unterschiede nachzuweisen, um die beiden Zellarten als Sinnes- und Stützelemente zu unterscheiden, ist mir vorläufig nicht gelungen, auch tritt im Querschnittsbild und im Oberflächenmosaik der Unterschied nicht so deutlich hervor, wie an der Membrana limitans mancher echter Sinnesepithelien.

#### *Talpa europea.*

Das S.C.O. ist sehr spärlich entwickelt. Es wird dadurch repräsentiert, dass unter einer epithelialen Auskleidung, die nicht sehr wesentlich von den übrigen Partien des Ependyms sich unterscheidet, eine Reihe von sehr kleinen, mit länglichen Kernen versehenen Zellen vorhanden sind, deren Fortsätze zwischen die anderen Ependymzellen hineinragen. Der Reissner'sche Faden ist vorhanden, aber recht zart. Der vordere Anteil des S.C.O. schliesst sich in eigentümlicher Weise dicht unmittelbar an die sehr kleine Epiphyse an, hier ist ein charakteristisches Epithel überall etwa fünfreihig ausgebildet.

#### *Capra Hircus.*

Das S.C.O. der Ziege zeigt eine sehr grosse Längenausdehnung, die Elemente, die es zusammensetzen, sind mehrreihig angeordnet, stellenweise unterscheidet man bis zu 7 Reihen. Ganz auffällig ist bei bester Konservierung eine Differenzierung in

zwei Zellformen, die an Stütz- und Sinneszellen erinnern. Die als erstere imponierenden Elemente stehen stellenweise in Gruppen beisammen, Stützfibrillen waren in ihnen nicht nachzuweisen. Die zweite Art erscheint mehr birnförmig und weniger gestreckt, es waren möglicherweise noch in Entwicklung begriffene Elemente, da es sich um ein jungliches Tier handelte. Sämtliche Epithelien besitzen eine auffällige, ganz konstante Faltung des Kernes, die überall parallel mit der Zellachse verläuft. Das Diplosom, aus dem die Centralgeißel entspringt, liegt sehr oberflächlich, manchmal in einer winzigen Protoplasmavorwölbung. Stellenweise finden sich Bildungen, die an die sog. Riechknospen des Epithels bei Fischen erinnern, wie überhaupt das ganze Organ eine Ähnlichkeit mit dem Riechepithel auffällig zur Schau trägt. Capillaren liegen überall dicht unter, vereinzelt zwischen den Epithelien. Der Übergang des Epithels nach vorne zu in den Recessus der Zirbel erfolgt allmählich, caudalwärts geht es direkt in flimmerndes Ependym über.

Im Ependym des Ziegenrückenmarks fanden sich vereinzelte, sehr auffällige birnförmige Zellen, welche mit einer kleinen Kuppe über die freie Oberfläche des Ependyms hervorragten. Sie waren durchaus ähnlich den bei anderen Tieren beschriebenen Sinneszellen, und ich glaube die Vermutung aussprechen zu dürfen, dass es sich auch hier um Sinneszellen der gleichen Art handeln dürfte.

Den R. F. fand ich an abgeschnittenen Köpfen von Böcklein auf dem S.C.O. sehr dick, offenbar zusammengezogen.

#### *Hippopotamus amphibius.*

Es gelang mir, in einem Stück eines etwa 8 Stunden nach dem Tode entnommenen Rückenmarks eines 7jährigen weiblichen Hippopotamus den Reissnerschen Faden als überaus dickes, stark lichtbrechendes und sprödes Gebilde inmitten

eines leichten Gerinnsels im Centralkanal auf eine kleine Strecke zu verfolgen (Fig. 23, Taf. 35). Ich bin den Umständen entsprechend leider nicht imstande anzugeben, ob die überraschende Dimension des Fadens (der Durchmesser des kreisrunden Gebildes beträgt  $27 \mu$ ) durch irgend eine elastische oder 'quellende Wirkung bedingt war, denen der Faden bei den postmortalen Veränderungen und den Manipulationen bei der Entnahme unterworfen war. Auch einzelne Sinneszellen, ähnlich wie im Rückenmark der Ziegen, fanden sich im Ependym. Bei anderen erwachsenen grösseren Tieren, auch bei einem Elefanten und Giraffen, ist es mir begreiflicherweise an Stücken des Rückenmarks nicht gelungen, den Faden nachzuweisen. Dagegen gelang es mir, in einem 5 Monate alten Pferdefötus den Faden im Rückenmark noch ziemlich zart darzustellen. Die Untersuchungen an grossen Säugern sind durch die Verhältnisse des Krieges und die noch ärgeren nach dem Kriege vollkommen unmöglich geworden, und wären in dieser Hinsicht noch weitere Untersuchungen dringend nötig.

#### *Pteropus medius.*

An einem gut durchspülten Gehirn von *Pteropus medius* konnte ich in der Sagittalserie den Reissnerschen Faden bis zur Ansatzstelle am S.C.O. verfolgen, er ist relativ dick,  $5 \mu$ , stellenweise scheinbar nicht vollkommen homogen. Gegen die Ansatzstelle am S.C.O. löst sich der Faden fächerartig in eine ganze Reihe von sehr feinen Fädchen auf, welche vollkommen gestreckt über die Oberfläche der Epithelien in einem Abstand von etwa  $7-8 \mu$  hinziehen, dabei werden sie nach vorne zu immer dünner, so dass sie am vordersten Drittel schliesslich auch mit den stärksten Immersionssystemen nicht mehr nachgewiesen werden können. Das S.C.O. ist nur im caudalsten Abschnitt mehrreihig und wird oral immer flacher, die Elemente kürzer. Schliesslich endet es unvermittelt nach vorne

und nach rückwärts. Trotz der besten Konservierung liess sich nur eine glatte Auflagerung der Fäden auf den Geisseln der Epithelien, keinerlei andere Beziehung konstatieren (siehe Abbildungen). Es sei hervorgehoben, dass bei dieser Grossfledermaus das Organ mässig stark entwickelt ist, während der Faden relativ sehr kräftig ist.

#### *Canis vulgaris.*

Wir wissen aus den Untersuchungen von Bauer-Jokl, dass das S.C.O. ganz besonders starke Ausbildung besitzt, so dass das Epithel ausgiebige Faltungerscheinungen zeigt. Ich konnte an Frontal- und Sagittalserien junger und älterer durchspülter Hunde dieses Verhalten durchaus bestätigen und dabei auch wieder feststellen, dass hier das Epithel durchwegs im Gegensatze zur Umgebung aus Centralgeisselzellen sich zusammensetzt. Ganz auffallend ist hier die Ausbildung einer starken Schichtung des Epithels, stellenweise finden sich bis zu 17 Reihen von Kernen, so dass auf den ersten Blick Längs- und Querschnitte des Organs in hohem Masse an das Bild einer Riechschleimhaut erinnern. Jedenfalls gewinnt man den Eindruck, dass es sich um ein lebhaft funktionierendes Organ handeln muss, da zahlreiche Blutgefässe, capillare und präcapillare Arterien fast bis zur Oberfläche vordringend, tief in das geschichtete Epithel hineinreichen; eine weitere morphologische Ähnlichkeit mit der Riechschleimhaut. Das Verhalten des Reissnerschen Fadens konnte ich hier leider nicht verfolgen. Zwischen dem jungen und ausgewachsenen Hund liess sich insoferne ein gewisser Unterschied konstatieren, als bei jungen Hunden durchwegs nur Geisselepithel sich zeigte, während beim erwachsenen vereinzelte Flimmerzellen oder kleine Inseln davon im Organ zu finden waren. Beim jungen Hunde fand sich in den peripheren Teilen der Geisselzellen hin und wieder ein eigentümlicher Protoplasmainhalt oder Einschluss-

körper, der als Sekret gedeutet werden könnte, was ich im Hinblick auf die diesbezüglichen Bemerkungen Bauer-Jokls erwähnen möchte, da ich bei anderen Tieren etwas Ähnliches nicht gefunden habe. Bei einem jungen Hunde fand ich im Zusammenhange mit den basalen Anteilen der Zellen des S.C.O. eine kleine Gruppe von rundlichen Zellen zwischen die Fasern der Commissura posterior eingeschoben, die reichlich dunkelbraune Pigmentkörnchen enthielten, während die ganze Umgegend, auch die Epiphyse, nur vereinzelt derartige pigmenthaltige Zellen in ihrer Oberfläche zeigte. Man muss daran denken, dass es sich hier um verlagerte Elemente der Epiphysenanlage handeln könnte. Der Reissnersche Faden ist im Centralkanal junger Hunde sehr zart.

#### *Lemur macaco.*

Im Rückenmark eines gut durchspülten Exemplares fand sich genau im Centrum des Centralkanals der ca. 3  $\mu$  dicke Faden gut ausgespannt in allen Regionen des Markes bis ins Filum terminale. Die Endigungsweise des Fadens hier konnte ich leider aus technischen Gründen nicht mehr feststellen.

#### *Hapale jacchus*

besitzt einen sehr zarten Faden, das S.C.O. zeigt in Sagittalrichtung starke arkadenförmige Gliederung, indem einzelne Bündel der Elemente, zu langen Gliafasern ausgezogen, die Commissur durchsetzen. Stellenweise ist das Epithel nur zwei- bis dreireihig, die Epithelien zeigen schmale längsovale Kerne und das ganze S.C.O. zeigt nur eine geringe Entwicklung. Der Reissnersche Faden ist im Rückenmark 3—4  $\mu$  dick.

#### *Macacus rhesus.*

Bei diesem Affen ist das S.C.O. sehr gut ausgebildet und erstreckt sich über das ganze Gebiet der Commissura posterior. Man sieht sehr deutlich den Faden an ihm inserieren und kann



ihn dann fächerförmig in Form von mehreren (bis 12) stark lichtbrechenden Fädchen sich innerhalb des Lumens des 3. Ventrikels vereinigen sehen; es ist mir sogar gelungen, ihn auf grosse Strecken in einem einzigen Schnitte zu verfolgen, und er ist auch im Rückenmark dieses Affen gut nachweisbar; übrigens wurde er ja hier auch von Horsley zur Genüge abgebildet und sogar experimentell unterbrochen. In dem engen Centralkanal des Rückenmarks ist er nur 4—5  $\mu$  dick, aber in allen Höhen zu verfolgen. Bei *Macacus cynomolgus* ist der Faden zarter und auch das S.C.O. viel schwächer entwickelt wie bei Rhesus.

Bei *Macacus sinicus* zeigte der Faden die gleichen Dimensionen wie bei Rhesus. Es war auch das S.C.O. gut entwickelt. Es ist wahrscheinlich, dass wir bei Durchmusterung eines grösseren Materials von Affen alle möglichen Abstufungen der Ausbildung des Fadenapparates und des S.C.O. nachweisen können, jedenfalls haben wir bei manchen Primaten eine vollfunktionierende Bildung vor uns, wie bei *M. rhesus*, bei anderen ein mehr minder rudimentiertes Organ, ein Zustand, der zu dem Befunde beim Menschen hinüberleitet. Anthropoidenmaterial in entsprechendem Zustand konnte ich leider nicht in die Untersuchung einbeziehen.

#### H o m o.

Von grossem Interesse ist das Verhalten des S.C.O. beim Menschen, und sein Vorhandensein beim Fötus wurde schon von Bauer-Jokl nachgewiesen, ebenso fand die Autorin, dass es im späteren Alter nicht mehr nachzuweisen sei. An einem vorzüglich konservierten Material eines menschlichen Neugeborenen konnte ich mich von dem Vorhandensein des S.C.O. sehr deutlich überzeugen. Es zeigte sich in vollkommen identischer Weise ausgebildet, wie bei den anderen Wirbeltieren, und erstreckte sich in die Länge über ca. 2 mm. Es besteht aus

einem geschichteten Geisselepithel, das durchaus identisch ist mit den bei Hund und Meerschweinchen näher analysierten Strukturen. Wie überall, so vermisst man auch hier bei entsprechender Erhaltung die angeblichen Becherzellen.

Beim Erwachsenen finden wir am entsprechenden Orte auch nicht die geringste Andeutung des gesamten Organs. An dessen Stelle findet sich ganz niedriges indifferentes Ependym, so dass man mit Bestimmtheit annehmen muss, dass postembryonal eine vollständige Rückbildung dieser sonst bei sämtlichen Wirbeltieren erhaltenen charakteristischen Partie zustande kommt.

Von menschlichem Material stand mir ziemlich frisches vom Erwachsenen, die Epiphysengegend eines lebend craniotomierten Neugeborenen und mehrere durchspülte Föten zur Verfügung. Weder bei einem 11 cm noch bei einem 16 cm langen konnte ich irgend einen Inhalt im Centralkanal nachweisen. Das S.C.O. war deutlich entwickelt, auch beim Neugeborenen noch als abgesetzte Epithelpartie erkennbar, wie es ja schon bekannt ist, aber auch hier von einem Reissnerschen Faden keine Andeutung. Beim Erwachsenen konstatierte ich in Übereinstimmung mit den Autoren das vollständige Verschwinden der charakteristischen Epithelpartie. Beim Fötus und beim Neugeborenen zeigt das Epithel wie bei den Tieren die charakteristische mehrreihige Anordnung und es lassen sich bei guter Konservierung auch die typischen cytologischen Eigenheiten in dieser Epithelpartie nachweisen, die eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Organ beim Hunde aufweist. Auch Capillaren gehen in das Epithel hinein, wenn auch viel spärlicher wie beim Hunde. Beim Erwachsenen hebt sich diese Partie des Ependyms von der Umgebung gar nicht ab, es findet sich ein ganz niedriges, überall einreihiges Ependym, so dass das gesamte S.C.O. restlos verschwunden ist. Auch im Rückenmark vermisste ich irgendwelche Zellen vom Charakter der Sinneszellen.

Zu den Tieren, bei denen es mir nicht gelang, den Reissner'schen Faden darzustellen, gehört insbesondere der Igel, von dem ich eine ganze Anzahl, die ausgezeichnet durchgespült waren, untersuchte. Es fand sich hier, im Gegensatz zum Maulwurf, einem anderen Insectivoren, kein Reissner'scher Faden. Auch das S.C.O. ist ganz rudimentär entwickelt, wie überhaupt diese Partien des Mittelhirns, da z. B. auch die Epiphyse dieses Tieres eine ausserordentliche Reduktion zeigt. Auch im Centralkanal des Rückenmarks fand ich bei diesem Tier keinerlei Zellen, welche den Charakter der birnenförmigen Sinneszellen tragen. Die besonders gut erhaltenen Ependymzellen zeigten überall den Typus kurzgedrungener Elemente mit reichlichen, von schönen Basalkörpern ausgehenden Flimmerhaaren. Den Typus der Zellen mit einfacher Centralgeissel, der sonst ganz allgemein die Mehrzahl der Elemente repräsentiert, fand ich gar nicht vertreten. Es sei hervorgehoben, dass schon makroskopisch das Igelrückenmark dadurch ja auffällt, dass es eine ausserordentliche Verkürzung zeigt, es geht das ziemlich unvermittelt sich verjüngende Mark in ein kurzes Filum terminale über. In diesem finden wir den relativ weiten Centralkanal ohne Bildung eines Sinus terminalis rasch verengt im letzten Abschnitt nur mehr spaltförmig ohne eigentliches Lumen mit sich berührenden Wandungen. Das die Fortsetzung des Filum terminale bildende Fädchen zeigte sich auf Serienschnitten nur aus Nervenfasern, ohne graue Substanz und ohne Lumen zusammengesetzt. Ich sehe vorläufig im Zusammenrollen des Tieres keine Erklärung für das Fehlen des Apparates.

Die eingangs erwähnten technischen Hindernisse machen es ausserordentlich schwierig, bei grösseren Säugern, wenn man nicht vom Zufall begünstigt ist, den Reissner'schen Faden nachzuweisen, nur zufällig gelingt es einmal, ihn auch in einem Stück des Rückenmarks eines gewöhnlich konservierten Tieres zu finden. Da ja in den meisten Fällen

bei der Präparation zumindest das Filum terminale und damit der Faden verletzt wird, da man von vornherein niemals genau wissen kann, wie weit dasselbe reicht. Es setzt sich bei manchen Säugern, wie ich mich überzeugen konnte, als feiner epithelialer Kanal bis in die Region der Schwanzwirbel fort. Ausser beim Menschen, wo bisher meine eigenen Untersuchungen in Übereinstimmung mit denen der bisherigen Untersucher den Faden vermissen liessen, dürfte er gewiss auch bei Cetaceen fehlen, von denen wir seit Rawitz' Untersuchungen wissen, dass bei ihnen der Centralkanal des Rückenmarks nicht nachweisbar ist, offenbar sehr frühzeitig obliteriert, was auch von Biach im Obersteinerschen Institut konstatiert wurde. Bei diesen Tieren hat auch Bauer-Jökl eine starke Rudimentierung des S.C.O. nachgewiesen, auch ich selbst konnte am Rückenmark einer jungen *Phocaena* dasselbe konstatieren. Leider sind im allgemeinen die Centralnervensysteme der Cetaceen kaum jemals für derartige Untersuchungen entsprechend gut konserviert. Bei Embryonen von *Talpa*, *Sorex*, *Mus*, *Mus rattus*, *Cavia*, *Lepus*, *Canis* und *Felis* war ich bisher nicht in der Lage, etwas vom Faden nachzuweisen, und ich muss annehmen, dass entweder auch bei älteren Stadien der Faden besonders zart und schwer konservierbar ist, oder dass er erst viel später als bei den übrigen Wirbeltieren zur Ausbildung gelangt.

#### Zusammenfassung.

Die im vorstehenden geschilderten Befunde zeigen, dass an einem grossen, allen Wirbeltierklassen entnommenen Tiermaterial sich die von Dendy und Nicholls erhobenen Befunde in den meisten Punkten genau bestätigen liessen, indem man sagen kann, dass der Reissnersche Faden, entsprechende Konservierung vorausgesetzt, ein Organ fast aller Wirbeltiere ist und mit gutem Recht als ein altes

Erbeil derselben angesehen werden darf, wenn auch vorläufig sein Nachweis für manche Säuger noch aussteht. Ebenso allgemein lässt sich das Vorhandensein des von den genannten Autoren als besondere Bildung erkannten subcommissuralen Organs feststellen. Von letzterem liess sich nachweisen, dass es ganz konstant, überall in gleicher Weise, in der gesamten Tierreihe aus schmalen Zellen vom Typus echter Centralgeisselzellen sich zusammensetzt, die bei manchen Tieren eine nähere Beziehung zur Blutbahn zeigen. Dieses Organ ist bei den Cyclostomen relativ schwach, bei den Knochenfischen wenig stärker, etwas stärker bei den Elasmobranchiern ausgebildet, bei Amphibien ist die Ausbildung des Organs eine recht schwache, dagegen bei den Reptilien und Vögeln eine etwas stärkere, bei den Säugern ist sie sehr ungleich, indem speziell bei einigen durch besondere Breitenentwicklung des Organs der höchste Grad von Entwicklung nachgewiesen werden kann. In allen Fällen, entsprechend guter Erhaltung, lässt sich ein Zusammenhang des vorderen Anteils oder Ursprungsgebietes des Reissnerschen Fadens mit dem S.C.O. nachweisen und wir sehen an der Oberfläche des genannten Organs den Reissnerschen Faden entweder kontinuierlich in einen zarten oberflächlichen und strukturlosen Belag übergehen, in anderen Fällen hingegen sehen wir ihn am gleichen Orte sich in ein System getrennter Fäden auflösen, welche einzeln den Köpfen der Epithelien anliegen. Es lässt sich somit die Ansicht von Nicholls und Jordan, dass der Faden aus den Cilien des Organs hervorgeht, nicht bestätigen, die Bilder sprechen vielmehr für eine Verbindungsweise ähnlich der, welche die Deckmembran des Cortischen Organs mit dem darunter liegenden Epithel in den Entwicklungsstadien aufweist. Am ehesten dürfte meines Erachtens das Verhalten des Fadens dadurch erklärt werden, wenn wir annehmen, dass er als Produkt der Wandungen des S.C.O. ent-

steht, analog der Bildungsweise, wie sie von Held für die funktionell und genetisch gewiss verwandte Membrana tectoria im Labyrinth der Säuger nachgewiesen wurde. Entwickelt sich hier die Tectoria ursprünglich auf den Zellen, die später in der Bedeckung des Hörzahnes eingelagert sind, so wird die Substanz der Membran durch vorläufig nicht ganz klargestellte Faktoren während der Embryonalentwicklung successive auf das Cortische Organ überlagert, und ihre in den späteren Embryonalperioden scheinbar so innigen Zusammenhänge mit den Elementen der Papilla basilaris müssen als sekundäre aufgefasst werden. Im Centrankanal würde analog eine dünne oberflächliche Schichte, die von den Randpartien der Zellen in Form feinsten Fäserchen abgeschieden wird, durch die Tätigkeit der Ependymzellen nach rückwärts befördert, und verquillt dabei zu einem vollkommen homogenen Strange.

Meine Bemühungen, die Entstehungsweise des Reissnerischen Fadens aufzuklären, haben trotz aufgewendeter Mühe im allerersten Stadium noch zu keinem entsprechenden Resultat geführt. Lage und Beziehungen des Fadens lassen verschiedene Möglichkeiten für sein Entstehen denken. Er könnte einmal aus den verklebten Cilien des Epithels des S.C.O. hervorgehen. Diese Bildungsweise lässt sich aber mit allen von mir an erwachsenen Tieren beobachteten Details bei sorgfältigster Fixierung nicht als plausibel annehmen, da in jedem Falle, wo ich die Ausbreitung des Fadens auf den Zellen seitlich wahrnehmen konnte, die Geisseln keinen direkten Übergang in die Substanz der feinen aufgelösten Fäden zeigten. Man müsste sich auch an ganz neue Begriffe von Zellwachstum gewöhnen, wenn man annehmen wollte, dass der bei grossen Säugern, Giraffe, Hippopotamus, Elefant, weit über meterlang werdende Faden als eine Art Zopf aus Cilien angesehen werden könnte. Bei grossen Schlangen, wie Pythonen und der Boa constrictor, müsste dann so ein Zellfortsatz, da der Faden so

lang wie der Körper ist, sogar viele Meter lang werden. Ich glaube, dass selbst der Hinweis auf das Auswachsen der Achsenzylinder aus den Ganglienzellen, wie sie etwa bei der Innervation des elektrischen Organs von *Malopterurus* beobachtet werden, nicht genügt, um diese Vorstellung uns plausibel zu machen. Es müsste sich vielmehr eine solche Vorstellung an die Exoplasmatheorie von Studnicka anschliessen. Dass der Reissnersche Faden nicht durch Verschmelzung von Zellhaaren entsteht, geht auch daraus hervor, dass seine Dicke ganz unabhängig ist von der Grösse des S.C.O. und der Anzahl der Zellelemente, welche das Organ zusammensetzen. Dort, wo das Organ ausgedehnt faltig ist und viele Tausende von Zellelementen gleicher Art es zusammensetzen, wie beim Hunde, erscheint deswegen der Faden häufig sehr zart, während wieder in manchen Fällen, wo, wie bei *Pteropus* und vielen Knochenfischen, das Organ kurz in der Längsdimension schmal in der Breite und ohne jede Komplikation erscheint, der Faden doch nicht nur relativ, sondern absolut viel dicker ist. Die Zellhaare der einzelnen Geisselepithelien zeigen aber fast in allen Fällen die gleichen Dimensionen.

In jugendlichen Embryonalstadien, etwa bis zum Auftreten der ersten Achsenzylinderfortsätze im Rückenmark, habe ich den Faden bei keinem der untersuchten Tiere nachweisen können. Irgendwelche Vorstadien sind, da der Faden ja ohnehin sehr geringe Dimensionen aufweist, nicht nachzuweisen, und es dürfte sich auch um ausserordentlich zarte Strukturen dabei handeln. Der Form nach könnte man sich vorstellen, dass zuerst getrennte Fäden, Reihen von Ependymzellen entsprechend, angelegt werden, welche erst sekundär im Bereiche des Centralkanalns verschmelzen, während sie in der Gegend des Mittelhirnbläschens an der Oberfläche des S.C.O. entsprechend dauernd getrennt blieben.

Die Elemente des caudalen Abschnittes des jungen Central-

kanals zeigen bei jüngsten Selachier- und Froschlarven, wo der Faden eben zu erkennen war, keine Beziehungen zu ihm. Auch die anderen Autoren, Schaffer bildet ihn bei einem 7 mm langen *Ammocoetes* ab, fanden nichts Derartiges.

Es sei hier erwähnt, dass auch bei der Annahme der Absonderung der fädigen Elemente des Glaskörpers von der Retinalanlage, wie sie V. Franz macht, und der Ableitung der Zonulafasern von der Pars ciliaris retinae nach Mawas ähnliche Beziehungen angenommen werden müssen.

Schliesslich könnte man daran denken, dass der Faden ein Ausscheidungsprodukt des gesamten Centralkanalepithels zu einer Zeit darstellen könnte, wo dieses Epithel in der Embryonalperiode einen der Form und dem Querschnitt des Fadens annähernd entsprechenden Hohlraum umschliesst. Tatsächlich ist aber dieser Hohlraum bei den meisten Tieren nie so klein, dass der Faden jemals den Ausguss des Hohlraums bilden könnte.

Eigene Bildungszellen, die Jordan zu sehen glaubte, halte ich, wie die von Sargent abgebildeten, für Wanderzellen.

In den meisten Fällen finden wir den Faden als sehr zartes Gebilde innerhalb des Kanals schon ausgespannt, wenn dieser eine relativ hohe Entwicklung erreicht hat und einen ziemlich grossen Hohlraum umschliesst. Unzweifelhaft setzt sich der Faden an seinem vorderen Ende aus zahlreichen, leicht fächerförmig, je nach der Breite des S.C.O. auseinanderstrebenden Anteilen zusammen, dabei findet man nur selten einen Anhaltspunkt dafür, dass irgend eine Kittmasse die einzelnen Fäden verbindet, sondern es scheint zu einer wirklichen Substanzverschmelzung der Teilfäden zu kommen, so, wie sie etwa bei miteinander verschmelzenden Glasfäden beobachtet wird oder in der Tierwelt bei den Verbindungen der getrennt gesponnenen Anteile des Arachnidenfadens beobachtet wird. Die Zusammensetzung aus



feinsten Teilfäden trat bei Bielschofskibehandlung bei einem Torpedo hervor und war am aufgeknäuelten verdickten Schwanzende bei Python besonders deutlich. Die Erfahrung ergibt, dass der Faden um so besser erhalten ist, je unmittelbarer die Fixierungslösung auf den Centralkanal einwirken konnte. Häufig scheint er etwas zu quellen. In solchen Fällen ist dann sein Querschnitt nicht, wie sonst, drehrund. Auch die letztgenannten Umstände lassen uns die Substanz des Fadens ähnlich der Substanz der Cupula terminalis oder der etwas konsistenteren Membrana tectoria des Wirbeltierlabyrinths erscheinen, welche beide sehr leicht verquellen, bei ungünstiger Fixation vollkommen verschwinden können und, ohne die Form zu verändern, durch mechanische Insulte in toto ihre Beziehung zu den Haaren der Endstellen verlieren und verlagert werden können. Eingehende Untersuchungen an dem Cupularapparat aller Wirbeltierklassen haben in mir die Überzeugung gefestigt, dass deren Substanz, wie ich es an anderem Orte (14) auseinandergesetzt habe, in Übereinstimmung mit der Auffassung Helld's von den Stützzellen geliefert wird und nichts zu tun hat mit den Hörhaaren und Geisseln, welche in den Hohlräumen der Cupula, fächerförmig deutlich von ihrer Substanz getrennt, gelagert sind.

In frischem Zustande kann es nur durch besonderen Zufall glücken, den Faden zu untersuchen, am ehesten noch im Rückenmark der Cyclostomen. Je frischer die Konservierung stattfindet, um so glatter konturiert erscheint der Faden, sehr häufig bei den verschiedensten Tieren aller Klassen findet man Nebenfäden, die fächerförmig den Hauptfaden begleiten und sich dann meist innerhalb des 4. Ventrikel mit dem Hauptfaden vereinigen. Sie sind manchmal ausserordentlich zart und kaum viel über  $0,2 \mu$  dick. Wirkt die Fixierungsflüssigkeit nicht sehr bald auf den Inhalt des Centralkanals ein, was von der Dicke des Objekts, des Rückenmarks und seiner Hüllen abhängig ist, so finden wir den Faden nicht mehr ganz glatt liegend, nicht

mehr ganz scharf konturiert und leicht verquollen. Findet die Fixierung erst einige Zeit nach dem Absterben des Gewebes statt, so finden wir den Faden mehr oder minder gewellt und lädiert schliesslich bei Objekten, die mehr als 10 Stunden nach dem Tode fixiert wurden, vermischen wir ihn häufig ganz. Es dürfte sich wahrscheinlich dabei um eine Auflösung des Fadens durch autolytische Vorgänge handeln, was die Ursache ist, dass das Vorhandensein des Fadens gewöhnlich übersehen wird. Zumeist erscheint der Faden vollkommen homogen im Bereich des Rückenmarks, auch die Silberimprägnationsmethoden, welche häufig uns verborgene Strukturen deutlich machen, zeigen ihn homogen. Bei *Torpedo ocellata* konnte ich gelegentlich eine unregelmässige Längsstreifung beobachten, wie wenn er aus feinsten Fädchen geflochten wäre (Macerationseffekt?), sonst aber bei bester Konservierung niemals, besonders dann nicht, wenn die Capillaren in der Umgebung des Centralkanales durch die Fixierungsflüssigkeit klaffend erhalten waren. Nur in diesen Fällen sehen wir dann gewöhnlich den Faden in dem wahrscheinlich den Verhältnissen während des Lebens am meisten entsprechenden Zustand glatt ausgespannt. Gleichzeitig lässt sich dann konstatieren, dass auch die Epithelien des Centralkanales wirklich gut fixiert sind, ein Resultat, das erfahrungsgemäss viel schwerer zu erreichen ist, als man vielleicht vermuten würde, denn nur selten erkennt man die Geisselfortsätze der Epithelzellen in ihrer ganzen Länge und sieht sie wenigstens stellenweise den Faden berühren. Was hier vom Faden und den Zellfortsätzen gesagt ist, erinnert im höchsten Grade an die Verhältnisse, wie ich sie speziell von den ebenso hinfälligen und leicht veränderlichen Cupulagebilden des Labyrinths der Wirbeltiere geschildert habe, und es ist wohl die Annahme berechtigt, dass die Substanz des Reissnerschen Fadens ihrem Wesen und wahrscheinlich auch ihrer Genese nach eine weitgehende Analogie mit den Cuticularebilden des Labyrinths aufweist.

Von den in Betracht kommenden Substanzen des Körpers scheint der Faden Fett oder Lipoide nicht zu enthalten, da er durch Fettlösungsmittel unverändert gelassen wird. Da ihn alle Eiweissfällungsmittel zur Anschauung bringen, ist seine Eiweissnatur wahrscheinlich, wenn auch direkte mikrochemische Eiweissproben mit dem Faden bei der geringen Menge des Materials sehr schwer sind und auch bei der Dünne des Fadens von diesem wieder nur die Xanthoproteinreaktion und die Prüfung mit Millonschem Reagens in Betracht käme, die sich bei Cyklostomen am leichtesten durchführen liesse.

Färberisch verhält sich der Faden ähnlich wie Gespinnstfasern, das heisst er nimmt nur bestimmte Farben an und färbt sich fast immer nur oberflächlich; intensiver nur dann, wenn durch vorhergehende Beizung Farblack bei regressiven Färbungen gebildet worden ist, was auch bei der Weigertfärbung für Markscheiden vorkommt, ohne dass Lipoide vorhanden wären. Bei niederen Tieren konnte ich beobachten, dass an Endabschnitte der Faden gelegentlich in eine amorphe Masse übergeht, welche aus aufgeknäuelten Partien des Fadens sich zu bilden scheint. Dies würde nicht gegen eine eiweisshaltige, quellbare Natur des Fadens sprechen, weil derartige Veränderungen hier erklärbar wären. Schwerer ist zu erklären, worauf das Verschwinden des Fadens als Leichenerscheinung zu deuten ist, da diese anscheinend früher auftritt, als wir gewöhnlich so ausgesprochene autolytische Vorgänge an scheinbar so resistenten Gebilden beobachten. Elastinartige Eigenschaften glaube ich entgegen Jordans Angabe an ihm nicht nachweisen zu können, auch das Verquellen spricht dagegen. Wird vor der Fixation und Einbettung die Kontinuität der Hohlräume in Gehirn und Rückenmark verletzt, so finden wir den Faden häufig gar nicht, in anderen Fällen nur stellenweise, und zwar nur weit von der Durchschneidungs- oder Zerreiassungsstelle entfernt, jedenfalls immer abnorm verlagert, das

mag mit dem Ausfliessen der Liquors zusammenhängen oder dadurch bedingt sein, dass der Faden an der Stelle der Durchtrennung von dem Instrument gefasst und mit herausgerissen wird, etwa so, wie wenn wir einen widerstandsfähigeren Draht in einem Rohr aus weichem Material durchzuschneiden versuchen. Der fixierte Faden erweist sich im Polarisationsmikroskop leicht doppelbrechend, doch erlaubt dies keinerlei Rückschluss auf seine Natur im unveränderten Zustand. Die englischen Untersucher haben angegeben, dass sie gelegentlich bei Zerreissungen oder sonstigen Verletzungen den Faden in aufgeknäueltem Zustand im Centralkanal gefunden haben. Leider fehlt darüber eine Angabe, ob diese Erscheinung sich an beiden Enden des Fadens nachweisen liess oder nur an einer Seite. Nur die Aufknäuelung an beiden Enden würde die Schlussfolgerung gestatten, dass der Faden nach Art einer Gummischnur elastisch ausgespannt sei, aus eigener Erfahrung habe ich häufig nur am caudalen Ende solche Aufknäuelungen beobachtet, nur einmal auch im cranialen Antelle bei *Myxine*.

Diese Aufknäuelung wird eingeleitet durch eine enge spiralige Zusammenwindung, welche schon sehr frühzeitig auftreten kann. So fand ich sie schon bei einem 14 mm langen *Pristiurus* und einem 33 mm langen *Acanthiasembryo* sehr deutlich im Sinus terminalis ausgebildet.

Dass der Faden mit nervösen Elementen nichts zu tun hat und nicht, wie *Sargent* und *Houser* es annahmen, aus Achsenzylindern hervorgeht, ist durch die Versuche *Horsleys* und die Untersuchungen *Dendys* und *Nicholls* längst klargestellt worden, und es erscheint unbegreiflich, dass in einer scheinbar exakten Untersuchung, wie der *Sargents*, die irrthümliche Vorstellung von Zusammenhängen mit Ganglienzellen des Tectum opticum zustande kommen konnte.

Die rückwärtige scheinbare Befestigung des Fadens festzustellen, hat grosse Mühe gekostet. Es stellt sich bei näherer

Betrachtung heraus, dass das Verhalten des Fadens bei den einzelnen Wirbeltieren hier ausserordentlich variiert. Es hängt mit den ebenfalls variablen Verhältnissen des hinteren Rückenmarksendes zusammen, welches bei der Embryogenese entweder an einem Punkte offen bleiben kann oder sich schliesst, wobei dorsal, manchmal auch lateral sekundär dann die Epithelien atrophieren können, dadurch kann dann scheinbar das Ende des Fadens durch die so entstehende Lücke ins Bindegewebe gelangen, mit dem es aber in keinerlei Beziehung tritt. In anderen Fällen finden wir das Ende des Centralkanals erweitert, in Form des Sinus terminalis, und hier kann der Faden bald in einen dichten Knäuel (Selachier, Proteus, Python) oder einer keulenförmigen Verdickung (Triton, Lacerta, Passer) verfolgt werden. Übrigens scheint die Anordnung des hinteren Endes für die Ausspannung des Fadens keine entscheidende Rolle zu spielen, und ich kann nach allem, was ich gesehen habe, eine eigentlich hintere Anheftung des Fadens nicht vertreten. Bei entsprechender Fixierung erscheint nämlich der Faden auch dann gespannt, wenn er am hinteren Abschnitte physiologisch abreisst, so, wie es als ein häufiges Ereignis bei den Eidechsen zu beobachten ist, während wir Aufknäuelungen des Fadens fast immer nur im hinteren Abschnitte oder am Ende begegnen, vermessen wir solche bei guter Konservierung im vorderen Anteil oder im Bereich der vorderen Befestigungen des Fadens. Bei stärkerer Lädierung kommt Wellenbildung auch an anderen Punkten des Fadens vor, auch im 4. Ventrikel, sogar unmittelbar nach dem Abgang vom S.C.O. (Myxine).

Die Übersicht über das Verhalten des Reissnerschen Faden zeigt, dass nirgends eine tatsächliche Befestigung desselben am hinteren Ende nachweisbar ist, dagegen lässt sich mit Sicherheit nachweisen, dass sein Ende, wo immer er auch gefunden wird, den hinteren Abschluss des Centralkanals erreicht. In den besterhaltenen Objekten ist der Verlauf des

Fadens wesentlich dem der Achse des Zentralkanals entsprechend, er macht also tatsächlich den Eindruck eines ausgespannten Drahtes, ohne dass die Befestigung am hinteren Ende als fest aufgefasst werden darf. Relativ häufig zeigt der Faden, besonders in den letzten Abschnitten, eine leichte wellige Krümmung; das Zusammenschnurren des Fadens bei Verletzung konnte ich an meinen Objekten nicht beobachten. Aus den Angaben der Autoren ist zu entnehmen, dass sie diese Erscheinung speziell im hinteren Abschnitte eines durchrisseuen Fadens gefunden haben. Es fällt nun schwer, sich darüber eine Vorstellung zu machen, wie es möglich ist, dass einerseits die geschilderte Lage festgehalten wird, andererseits der Faden nur vorn befestigt ist. Es hat aber D e n d y beobachtet, dass, wo sich das Rückenmark regeneriert, wie bei *Lacerta*, der Faden im regenerierten Stück ebenfalls aufgespannt gefunden wird. Diesen Befund konnte ich durchaus bestätigen. Ich glaube, dass die erwähnten Tatsachen durch eine Annahme sich gleichzeitig erklären lassen, nämlich, dass die Ausspannung des Fadens durch Flimmerkräfte des Ependyms vor sich geht.

Es ist schon seit Purkinje bekannt, dass die Ependymzellen wenigstens in den Ventrikeln eine lebhafte Flimmerung zeigen. Über die Richtung der Flimmerung hat Purkinje keine näheren Angaben gemacht und mir sind Angaben darüber aus späterer Zeit nicht bekannt (S t u d n i c k a, Ependym). Ob speziell an den Zellen des Centralkanals die Flimmerung und ihre Richtung sich nachweisen lässt, ist wegen der grössen technischen Schwierigkeit nicht leicht zu beantworten, da auch bei diesbezüglichen Versuchen physikalische Einwände, speziell wegen der Capillarität im Centralkanal usw., gemacht werden könnten. Nehmen wir aber an, dass die Mehrzahl der mit Wimpern versehenen Ependymzellen längs des ganzen Centralkanals eine gleichmässig von vorne nach hinten gerichtete Bewegung zeigen, so ist ohne weiteres verständlich, dass die Kraft

dieses Flimmerstromes völlig ausreichend dazu ist, den Faden, an dessen ganzer Länge die Flimmerzellen gleichzeitig angreifen könnten, nach rückwärts auszuspannen und durch eine Art von bürstender Wirkung in erheblicher Spannung zu erhalten. Wissen wir doch, dass die vom Flimmerepithel ausgehende Arbeitsleistung eine ganz bedeutende ist. Die gleiche Annahme erklärt ohne weiteres, warum beim Zerreißen des Fadens der caudale Abschnitt zusammengeschoben und aufgeknäuel gefunden wird, und zwar gegen das Ende des Centralkanals hin. Es ist ja ohne weiteres verständlich, dass ein vorhandener Flimmerstrom ihn automatisch nach rückwärts befördert und, soweit Platz ist, aufknäueln muss. Wächst nun, wie es bei der Regeneration der Fall ist, das caudale Ende des Centralkanals aus, so kann durch die Flimmerung der Faden in den neugewonnenen Abschnitt des Kanals in gespannter Lage hineingeführt werden, allerdings muss dabei die Annahme gemacht werden, dass der Faden sich gerade um so viel, als der regenerierte Centralkanal wächst, am oralen Ende verlängern müsste. Den Nachweis eines Flimmerns in der Caudalrichtung zu erbringen, ist mir bisher nicht möglich gewesen.

Fortsätze teils nach Art von Cilien, häufiger aber bloss von Centralgeißeln, finden sich bekanntlich an diesem Epithel in der ganzen Tierreihe (vgl. Fuchs, Studnicka, Rio-Hortega).

Die Verdickung und gelegentliche Aufknäuelung des caudalen Endes sowie die wiederholt am Caudalende des Centralkanals konstatierte Verdünnung und teilweise Degeneration der Epithelien wären in genügender Übereinstimmung mit dieser Annahme.

Die Vorstellung, dass durch eine konstante Flimmerbewegung ein eventuell als Sinnesorgan funktionierendes Gebilde in Aktion gesetzt werden kann, ist der Literatur nicht ganz fremd. Ich verweise nur auf die Angabe von Held, dass die von ihm

entdeckten äusserst zarten Centralgeisseln der Sinnesepithelien des Labyrinths, deren Existenz ich bestätigen konnte, auf die

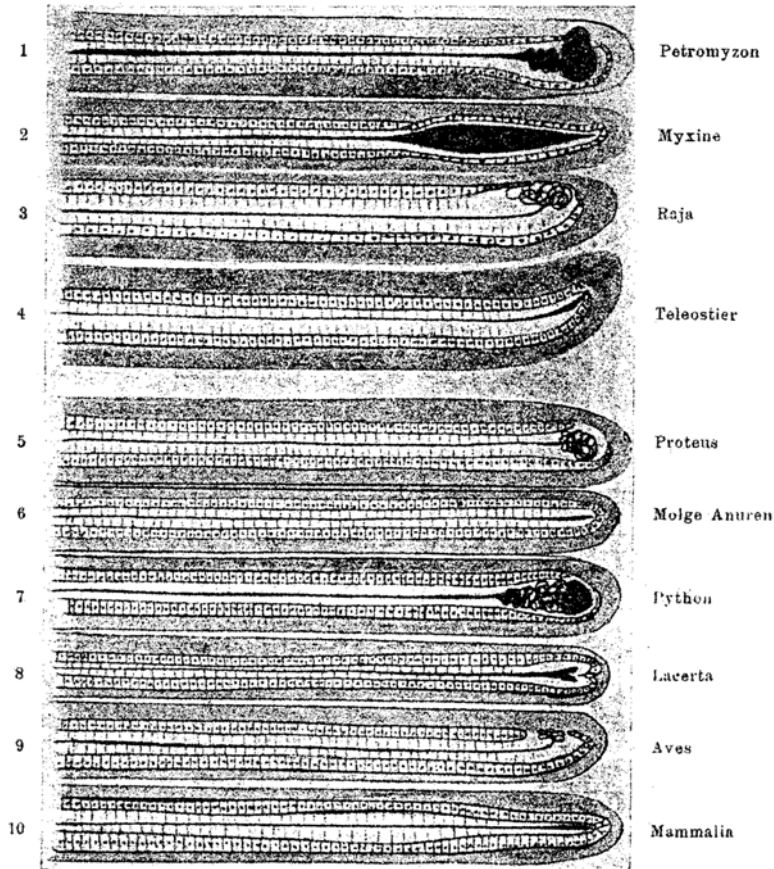


Abb. 1.

Schematische Darstellung des Verhaltens des Reissnerschen Fadens gegenüber dem Ende des Centralkanales und dem umgebenden Bindegewebe, bei Petromyzon, Myxine, Raja, Teleostiern, Proteus, Molge und Anuren, Python, Lacerta, Fringilla und Mammalia.

eigentlichen starren Sinneshaare dieser Zellen schlagen sollen und so der einen fortwährenden Anreiz des Labyrinthonus abgeben könnten. Auch die vergleichende Anatomie zeigt



uns derartige Beispiele, indem, wie aus der schönen Arbeit von Tschachotin hervorgeht, der grosse kugelförmige Statolith in der Statocyste der Heteropoden schwebend erhalten wird, durch eine häufige Bewegung besonderer Flimmerzellen, die neben den Sinneszellen in der Statocyste existieren, und möglicherweise lässt sich dieses Prinzip auch bei anderen statischen Apparaten wirbelloser Tiere annehmen. Es wäre diese Ausspannung durch Flimmerkräfte gewiss hinreichend, um eine Beeinflussung von Zellen der Wandung des Centralkanals, welche als Sinneszellen funktionieren könnten, durch den ausgespannten Faden zu ermöglichen. Auch könnten die Elemente des S.C.O. durch verschiedene Spannungszustände, wenn sie selbst als Sinneszellen sich erweisen sollten, gereizt werden. Mit der Annahme der Flimmerwirkung liesse es sich ganz gut erklären, dass bei Verletzungen, wie sie durch bruske Behandlung und Traumen hervorgerufen werden, auch Krämpfe beim plötzlichen Abtöten reichen dazu gelegentlich vielleicht hin, der Faden zerrissen wird. Die Flimmerbewegung genügt, um den hinteren Teil des abgerissenen Fadens aufzuknüueln und nach rückwärts zu schieben. So erklärt sich dieser Befund des Fadens, der von den Autoren wiederholt betont wird und den ich selbst gelegentlich beobachtet habe.

Ebensowenig wie eine Verankerung an der Wandung des Centralkanals, ist der Zusammenhang des Fadens mit Ganglienzellen innerhalb des letzten Teiles des Zentralkanals nachzuweisen. Wohl finden sich gelegentlich grössere zellige Elemente im Inneren des Centralkanals dem Faden anliegend, es handelt sich aber in solchen Fällen keineswegs um ganglionäre Elemente, sondern um grössere Wanderzellen, durch Kern- und Protoplasmaeigentümlichkeiten als solche erkennbar, welche den Faden mehr oder weniger dicht anliegen (Fig. 16, Taf. 35). Dies dürfte auch die diesbezüglichen Angaben und Abbildungen Sargents bei *Amia*, welches Objekt ich nicht untersuchen konnte, er-

klären. Auch diesbezügliche Angaben Jordans möchte ich so auffassen.

Gewisse Befunde haben einzelnen Autoren die Annahme nahegelegt, dass das S.C.O. eine sekretorische Funktion haben könnte, worauf ja auch der relative Gefässreichtum der Gegend hindeuten könnte. Tatsächlich finden wir bei manchen Tieren mehr weniger deutliche tröpfchenartige Elemente auf der Oberfläche des Epithels und in der Umgegend des Fadens. Bei Fischen, wo dies aber nur bei besonders günstiger Fixation zu beobachten ist, kann man sich aber immer überzeugen, dass es sich um solche Körnchen handelt, welche aus der schlauchförmigen Hypophyse in die Umgebung sich entleeren, deren Hohlraum mit derartigen Sekretionsprodukten oft dicht gefüllt erscheint (Gasterosteus).

Bei einzelnen Selachiern, Telcostiern und Vögeln finden sich im Bereich der basalen, unterhalb des Kernes gelegenen Anteile der Epithelien ziemlich dicht stehende (1—2), deutlich acidophile Körnchen. Im distalen, dem Lumen zugewendeten Anteile der Zellen findet sich von dieser acidophilen Substanz keine Spur. Auch konnte ich nicht mit Sicherheit die Übereinstimmung dieser Tröpfchen mit den sekretartigen Einschlüssen feststellen, die ich bei Cyclostomen fand, und die hier sowohl oberhalb, wie unterhalb des Kernes in Form länglicher, eigentümlich scharfkantiger Schollen die Zellen erfüllen. Becherzellenartige Gebilde finden sich im Bereich des S.C.O. wohl nur scheinbar als Ausdruck ungenügender Fixierung vor, im Rückenmark vielleicht als Degenerationsformen (Python).

Es liegt nahe, in dem S.C.O. Sinneszellen zu vermuten. Zur histologischen Charakterisierung solcher muss verlangt werden, dass, wenn es sich um primäre Sinneszellen handelt, sich der direkte Zusammenhang mit Nervenfasern, die aus der Zelle entspringen, nachweisen lasse. Soll es sich um sekundäre Sinneszellen handeln, müssen Nervenendigungen von

fremden Achsenzylindern in deren Nähe nachweisbar sein. Reichliche Versuche, den Nachweis der ersteren zu erbringen, sind mir bei den verschiedensten Angehörigen der Wirbeltiere bisher fehlgeschlagen. Es gelingt allerdings bei manchen Tieren, z. B. Selachiern, von den geißeltragenden Zellen lange Fortsätze weithin zu verfolgen, aber die spezifischen Methoden, Chromsilber, vitale Methylenblaufärbung, Silberreduktionsmethoden, haben für die Auffassung dieser Fortsätze als nervöse bisher keinen Anhaltspunkt gegeben. Gleichwohl halte ich es nicht für ganz ausgeschlossen, dass wenigstens bei manchen Tieren einzelne dieser Zellen sich als primäre Sinneszellen entpuppen, wie es etwa bei den Sinneszellen des Saccus vasculosus der Selachier und Teleostier durch die schönen Untersuchungen Boeckes und Dammermanns geschehen ist. Bei der Mehrzahl der Wirbeltiere tritt allerdings die Stützfunktion der Zellen neben ihrer Funktion als Ausgangs- und Befestigungsort des Reissnerschen Fadens deutlich hervor, und wir finden in den basalen Fortsätzen Stützgliedfibrillen, allerdings vermisste ich solche in dem oberhalb des Kernes gelegenen Abschnitte der Zelle, der nur den Innenfaden der Geißel vom Diplosom ausgehend enthält, bei Selachiern auch 2—3 solcher. Übrigens konnte ich dieses Fädchen nicht wie Jordan bis zum Kern verfolgen. Daneben ist, wie in allen Ependymzellen, der Netzapparat nachzuweisen.

Für die Auffassung von sekundären Sinneszellen würde es sprechen, dass man gelegentlich Fasern, die nicht von der Commissura posterior, noch auch aus dem Tractus pinealis stammen, bei Selachiern speziell auch gröbere markhaltige, sich im Bereich des S.C.O. verlieren sieht, doch möchte ich mich diesbezüglich vorläufig reservierter ausdrücken, als es jüngst Marburg getan hat.

Dagegen treten mit Sicherheit andere Sinneszellen im Rückenmarkskanal zum Reissnerschen Faden in Beziehung:

Diese hatte ich bei den Cyclostomen vor Jahren beschrieben, ohne ihre wahre Bedeutung zu erkennen, und es ist das Verdienst Tretjakoffs, sie als Sinneszellen richtig erkannt zu haben.

Bei allen Wirbeltieren gelingt es, in der Auskleidung des Rückenmarkskanals, etwa vom Beginne der trichterförmigen Verengung am Calamus scriptorius angefangen, bei manchen bis zum caudalen Ende Sinneszellen durch ihre bauchige Form, ihren flaschenförmigen Halsteil unterhalb der Insertion in das als Membrana reticularis oder limitans interna zu bezeichnende Mosaik des Ependyms charakterisiert, nachzuweisen. Es finden sich diese Zellen bei manchen Tieren sehr reichlich, in anderen Fällen sind sie sehr vereinzelt. Man vermisst sie vollständig bei jenen Tieren, welche keinen Reissnerschen Fäden besitzen (Phocaena, Mensch, Igel), und die gleichzeitig auch ein mehr oder weniger rudimentäres S.C.O. besitzen. Das darf als weiterer Beweis dafür angesehen werden, dass die Sinneszellen der Fäden und das S.C.O. Dinge von einer gemeinsamen Bedeutung sind, da sie gemeinsam sich entwickeln oder gemeinsam rückgebildet sind.

Für die Annahme, dass die Berührung der Sinneszellen oder ihrer Fortsätze vielleicht auf dem Wege eines Reflexes eine Korrektur der Wirbelsäulenlage veranlassen, welche schädliche Überdehnungen des Centralnervensystems verhütet, spricht es, dass anscheinend die Sinneszellen dort reichlicher entwickelt sind, wo es biologisch zu stärkeren Krümmungen der Wirbelsäule kommen kann. So ist mir beispielsweise die grosse Anzahl solcher ependymaler Sinneszellen in dem Calamus scriptorius der Schlangen aufgefallen, bei denen ja ein besonders starkes Abbiegen des Kopfes gegen die Wirbelsäule vorkommt, während sich die gleichen Zellen an dieser Stelle bei Tieren, die keine derartige Beweglichkeit des Kopfes aufweisen (Fische),

sehr vereinzelt oder gar nicht fanden. Die Feststellung der genauen topographischen Verteilung dieser Zellen bei den einzelnen Tieren wird uns vielleicht einen Schritt weiter in der Erkenntnis der Funktion des ganzen Apparates führen. Jedenfalls können wir schon heute sagen, das S.C.O., der Reissnersche Faden und die Sinneszellen längs des Centralkanal (in den übrigen Partien des Ependyms vermissen wir derartige Elemente vollkommen) stellen einen gemeinsamen Apparat dar, der genau in der Sagittalachse des Wirbeltierkörpers angebracht ist. Ich verweise dabei auf die einzelnen Befunde, welche zeigen, dass trotz der durch die technische Behandlung unvermeidlichen Deformationen der Faden und sein Befestigungsapparat bis auf wenige Mikra fast mathematisch genau in der Sagittalachse gefunden werden, und ich möchte vorschlagen, bis die Funktion des ganzen Apparates eindeutig bestimmt sein wird, die Gesamtheit dieser Bildungen als den Sagittalapparat der Wirbeltiere zu bezeichnen.

Dies würde uns auch zum ersten Male erklären, warum bei der weitaus grössten Mehrzahl der Vertebraten der Centralkanal bestehen bleibt und sich auch bei solchen entwickelt, deren primäre Anlage wie bei den Teleostiern ihn nicht enthält. Es handelt sich eben um ein mehr minder funktionierendes Sinnesorgan, das zu den ältesten Vertebratenerbs teilen gerechnet werden muss.

Die Untersuchung bei den Primaten hat ergeben, dass dieser ganze Apparat bei manchen ganz vorzüglich ausgebildet ist, wie bei *Macacus rhesus*, bei anderen aber nur mehr rudimentär sowohl in bezug auf den Faden, als das S.C.O. entwickelt ist, und dass schliesslich beim Menschen wir es hier mit einem echten rudimentären Organ zu tun haben, das beim Fötus angelegt, bei Neugeborenen vorhanden ist, dabei aber wahrscheinlich ein Reissnerscher Faden gar nicht

zur Anlage kommt, und beim entwickelten Menschen dann alle Teile des Komplexes, S.C.O., Faden und Sinneszellen, im Centralkanal vermisst werden.

Es hat bisher nicht an Versuchen gefehlt, die Funktion des Reissnerschen Fadens und somit des von mir hier als Sagittalorgan bezeichneten Komplexes physiologisch festzustellen. Sie haben darin bestanden, den Faden bald im Bereich des 4. Ventrikels, bald im Rückenmark, bald am Schwanzende zu verletzen und dann eventuelle Folge- und Ausfallserscheinungen zu beobachten. Es ist gegen alle diese Versuche einzuwenden, dass in allen Fällen zu vermuten ist, dass die beim Eingriff gesetzten Nebenverletzungen des Centralnervensystems in ihren Wirkungen kaum abzuschätzen sind und deren Wirkung vielleicht grösser ist als die der Verletzung des Fadens. Gegen die von den Autoren geübte Verletzung am Schwanz muss eingewendet werden, dass gewiss bei Reptilien, Amphibien und Fischen Verletzungen dieser Region, ja Verluste sehr häufig vorkommen und, wie das Studium der Autotomie bei den Eidechsen zeigt, der Faden dabei gar nicht mit Sicherheit ausser Funktion gesetzt werden muss, so dass auch diesem Versuch keine Beweiskraft innewohnt. Die bisher betretenen Wege scheinen das Problem nicht lösen zu können. Das braucht uns nicht abzuschrecken. Sehen wir doch aus den neuesten Untersuchungen des Kleinhirnproblems durch Magnus, dass wir sogar über so grobe Fragestellungen, wie die Funktion des Säugerkleinhirns, heute noch keine sichere Antwort geben können.

Wien, den 30. Juni 1920.

## Literaturverzeichnis.

---

1. Ayers, On the origin of the internal ear and the function of the semi-circular canals and cochlea. The lake laboratory. Milwaukee 1890.
2. Bauer-Jokl, Über das sogenannte Subkommissuralorgan. Arbeiten aus dem neurologischen Institut der Wiener Universität. 1917. S. 41.
3. Biach, Arbeiten aus dem neurologischen Institut der Universität Wien. Bd. 13. S. 441.
4. Boecker, Anat. Anz. 1910.
5. Dammermann, Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. 96.
6. Dendy, Proc. Royal Soc. 1902, Bd. 59, Philosoph. Trans. 1910, Bd. 221, Proc. Royal Soc. 1910, Bd. 82, Anatom. Anzeiger Bd. 37, S. 453 und 496.
7. Franz V., Oppels Handb. der vergl. Gewebelehre, Abschnitt Sehorgan.
8. Held, Unters. über den feineren Bau des Ohrlabirinthes der Wirbeltiere. Abb. d. K. sächs. Ges. der Wissensch. Math.-Phys. Klasse Bd. 28.
9. Holmdahl, Ut vet Klingan av den Kaudala Delen av Ryggenmärgen Hos manniskan Lund 1918.
10. Horsley, Brain Bd. 31. 1908.
11. Houser, The Neurons and supporting Elements of the brain of a selachian. Journ. Comp. Neur. Bd. 11. 1901.
12. Jordan, Concerning Reissners Fibre in teleosts. Journ. of comp. Neurology. Bd. 30 1919.
13. Kolmer, Zur Kenntnis des Rückenmarks von Ammocoetes. Anatom. Hefte. 1905.
14. Derselbe, Der Bau der Endapparate des Nervus octavus. Ergebn. der Physiologie. Bd. XI. 1910. Erfahrungen über die Fixation ganzer Tiere. Anat. Anzeiger. Bd. 42. 1912. Über Strukturen im Epithel der Sinnesorgane. Anat. Anzeiger. Bd. 36. 1910.
15. Derselbe, Ein rätselhafter Organkomplex der Wirbeltiere. Centralblatt f. Physiologie. Bd. 33. S. 1.
16. Marburg, Neue Studien über die Zirbeldrüse. Arbeiten aus dem neurolog. Institut der Wiener Universität. 1920.
17. Mawas, Arch. d'Anatomie microscopique. 1915.
18. Nicholls, An experimental investigation on the function of Reissners fibre. Anat. Anzeig. Bd. 40. S. 409.
19. Purkynje, Z. f. rat. Medizin. 1820. Zitiert nach Studnicka.
20. Rawitz, Arch. f. mikr. Anat. Bd. 62. S. 4.

21. Del Rio-Hortega, Trabajos del Laboratorio de invest. Biolog. Madrid 1916.
22. Sargent, Anat. Anzeig. 1900 Bd. 17 und The optic Reflex apparatus of Vertebrates for short circuit transmission of motor reflexes through Reissners fibre. Bullet. Mus. Comp. Zool. Harvard 1904.
23. Schaffer, Lehrbuch der Histologie. 1919.
24. van der Stricht, Histogenese des parties constituantes du neuro-epithelium acoustique. Verb. d. anat. Ges. Würzburg 1907.
25. Studnicka, Der Reissnersche Faden. Sitzber. d. k. böhm. Gesellsch. der Wiss. math. nat. Klasse. Prag 1899 und Anat. Hefte 1900. Bd. 15. sowie Anat. Anzeiger 1915.
26. Tretjakoff, Die zentralen Sinnesorgane bei Petromyzon. Arch. f. mikr. Anat. 1913. Bd. 83. S. 106.
27. Tschachotin, Die Otozyste der Heteropoden. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie 1908.
28. Wittmaak, Zur Kenntnis der Cuticularegebilde des inneren Ohres. Jenaische Zeitschrift 1917. Bd. 48. S. 537.



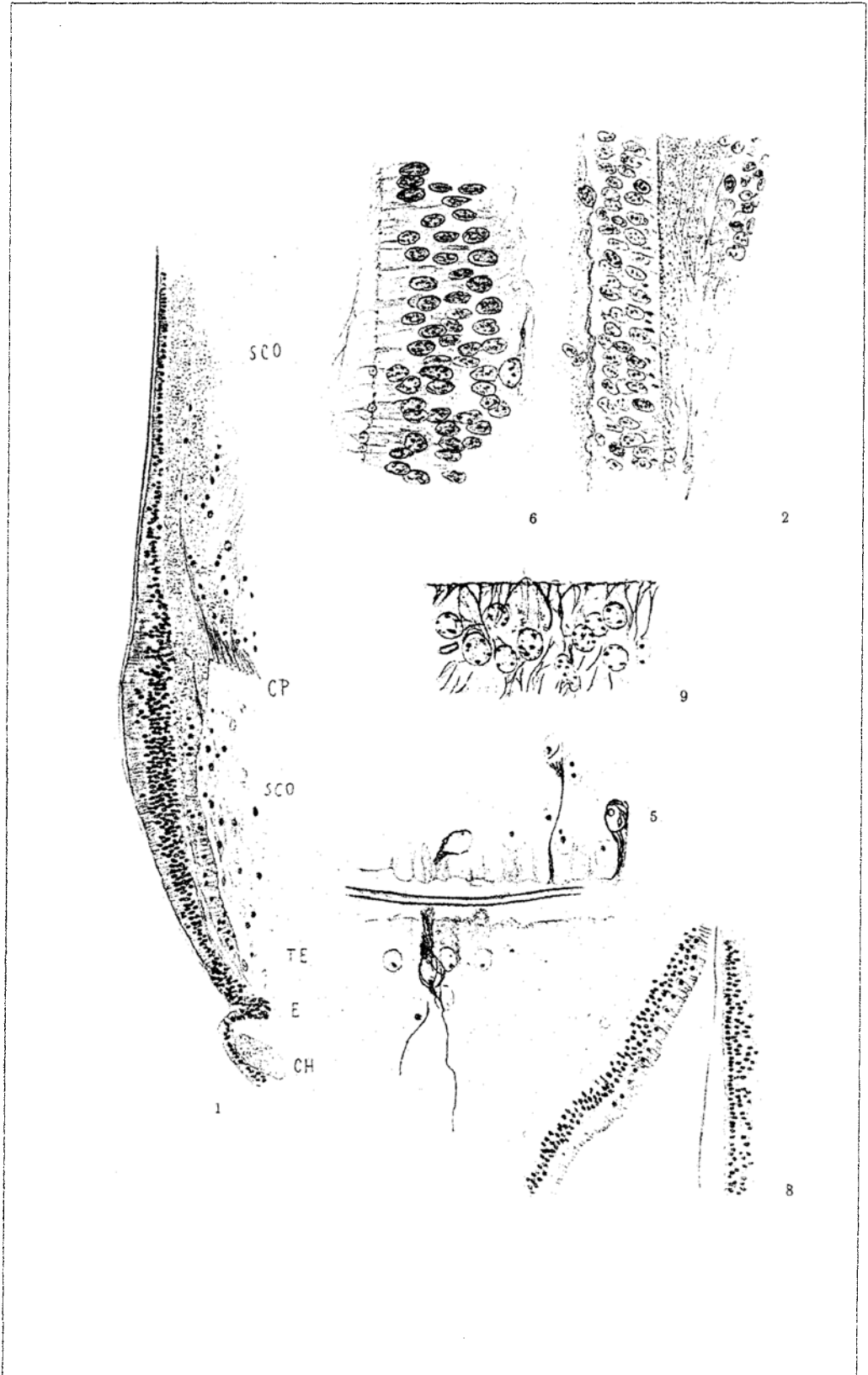
## Verzeichnis der Abbildungen auf Tafel 32—36.

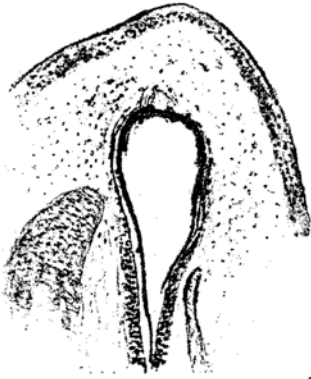
1. Subkommissurales Organ (S.C.O.) von *Cottus gobius* im Sagittalschnitt, den Ansatz des Reissnerschen Fadens zeigend. CP, Commissura posterior. S.C.O. spezifisches Epithel des subc. Organs, TE, Tractus epiphysarius, E, Eingang in die Epiphyse, CH Commissura habenularum. Zeiss, AA Comp. Ok. 4.
2. Die fächerförmige Ausbreitung der Ursprungsfasern des Reissnerschen Fadens das S.C.O. in einem Schnitte neben dem mediansten Sagittalschnitt der Serie tangential getroffen zeigt das die innere Begrenzung der Halbrinne bildende Mosaik der Köpfe der Centralgeisselzellen mit ihrem Diplosom. *Rana temporaria*, Zeiss 2 mm, 1,40, Comp. Ok. 4.
3. Nebenfäden vom kaudalen Ende des S.C.O. zum R. F. hinziehend, *Rana temp.* 8 mm, Comp. Ok. 4.
4. R. F. von *Myxine*, im Centralkanal, 3 Sinneszellen neben gewöhnlichen Ependymzellen der Auskleidung, Zeiss 1,5, Apert. 1,30. Comp. Ok. 4. Bielschowskifärbung.
5. *Petromyzon fluv.* Neurofibrillen einiger Sinneszellen und Achsenzylinderfortsatz im Ependym des Centralkanals. Cajals Silberreduktionsmethode Zeiss, 2 mm, Comp. Ok. 4.
6. Verbindung der Ursprungsfäden des R. F. mit den Centralgeisselzellen des S.C.O. junge *Hyla*. Vergrößerung wie 5.
7. Zellgruppe aus dem S.C.O. eines grossen *Ammocoetes*. Sekretartige Einschlüsse in Vakuolen am freien Pole des Kerns, Centralgeisseln 2 mm, 1,40, Comp. Ok. 8.
8. R. F. im *Calamus scriptorius* von *Coluber aesculapii*. Zahlreiche Sinneszellen im Ependym, Zeiss 8 mm, Comp. Ok. 4.
9. Gliöse Stützfäden in den indifferenten Ependymzellen bis zur Limitans aufsteigend im Centralkanal von *Petromyzon*. 2 mm, 1,40, Comp. Ok. 4.
10. Aufknäulung des Endteils des R. F. im Sinus terminalis eines 14 mm langen Embryos von *Pristiurus*. Vergr. wie 9.
11. R. F. und Sinneszellen im Halsmark von *Passer vulgaris*. Vergr. wie 9.
12. *Ventriculus terminalis* eines 10 cm langen Fötus von *Anguis fragilis*, der R. F. geht in einen flächenhaften Wandbelag, welcher Wanderzellen umschliesst, kontinuierlich über. 8 mm, Comp. Ok. 4.

## Mikrophotogramme.

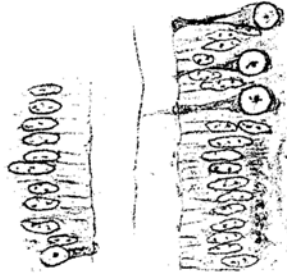
13. Sagittalschnitt des Centralkanals des Rückenmarks von *Rana fusca*, gespannter R. F. 8 mm, Comp. 4.
14. Desgl., *Cobitis fossilis*, 3 mm, Comp. 4.
15. *Ophisurus serpens*, Faden am Abgang vom S.C.O. Sagittalschnitt des Mittelhirns AA, Comp. 4,30 cm.
16. Faden von 35 mm *Acanthias*embryo, im Schwanzmark. Vergr. wie 14.
17. R. F. im Sagittalschnitt des Rückenmarks von *Pteropus medius*, 2 mm, 1,40 Comp. 4.
18. *Macacus rhesus*, Aufsplitterung des R.F. dicht vor dem Ansatz am S.C.O. Sagittalschnitt der Kommissurengegend. Vergr. wie 15.
19. Eintritt des Fadens in den Calamus scriptorius von *Macacus*, sonst wie 15:
20. Querschnitt des Centralkanals und Fadens von *Lemur macaco*. Vergr. wie 21.
21. Dasselbe von *Gobio fluviat*. Gleiche Vergr.
22. Dasselbe, Schwanzregion *Proteus*. Vergr. wie 17.
23. Rückenmark vom *Hippopotamus amphibius*, gleiche Vergr.
24. Frontalschnitt des S.C.O. der Ratte zeigt die unvermittelte Differenz gegenüber dem sonstigen Ependym. Vergr. wie 14.
25. Centralgeisselzellen des S. C. O. von *Cavia*, im Frontalschnitt, Diplosomen und Geisseln. Vergr. wie 14.
26. Oberflächenmosaik des S. C. O. der Schildkröte. Vergr. wie 14.
27. Faltung des S.C.O. eines 9 Tage alten Hundes, die klaffenden Querschnitte der durchspülten Kapillaren im Epithel. Vergr. wie 15.
28. Verschiedene Typen der Ependymzellen des Centralkanals von *Lacerta agilis* in Kontakt mit dem R. F. im Sagittalschnitt. Vergr. wie 14.
29. R. F. im Schwanzmark eines 3 m langen *Python reticulatus*, 8 mm, Comp. Ok. 8.
30. Querschnitt der Aufknäulung des R. F. nahe am Schwanzende von *Proteus*. innerhalb der Epithelhalbrinne. Vergr. wie 14.
31. Sinneszelle? im Ependym des Ziegenhalsmarkes. Vergr. wie 14.

Aus Ersparnisgründen musste ein Drittel der Photogramme wegbleiben.

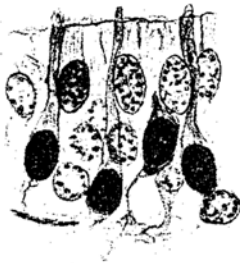




12



11



4



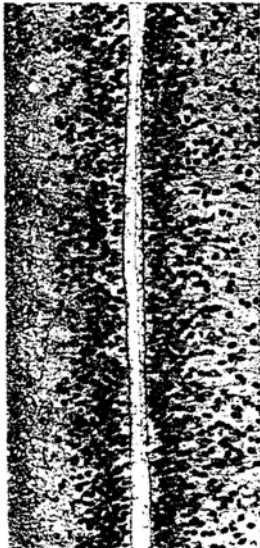
10



3



7



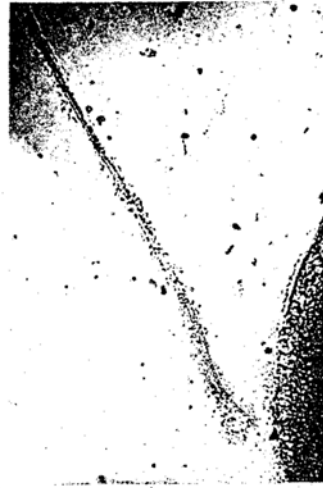
13



14



17



18



22



21



15



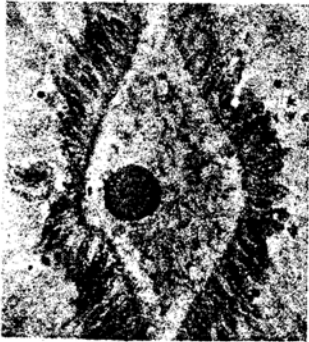
19



16



27



23



20

26



28



24



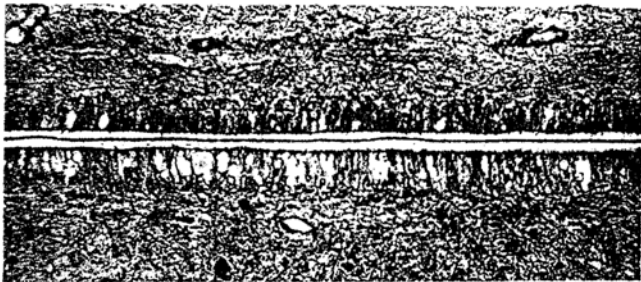
25



30



31



29