

Das leitende Element des Nervensystems und seine  
topographischen Beziehungen zu den Zellen.

Von

Prof. Dr. Stefan Apáthy

in Kolozsvár.

Erste Mittheilung<sup>1</sup>.

Mit Tafel 23—32.

Inhalt.

	Seite
1. Einleitung nebst Zusammenfassung der Resultate . . . . .	501
A. Vorbemerkungen. Hirudineen und Lumbriciden, das günstigste Untersuchungsmaterial. Die Ursachen der Ungünstigkeit von Wirbelthieren . . . . .	501
B. Grundideen der Untersuchung. Umschreibung der Be- griffe: Nervenzelle, Ganglienzelle, Nerv, leitende Elementarfibrille, leitende Primitivfibrille, Neuro- fibrille . . . . .	504
C. Weitere Resultate . . . . .	509
2. Eigene Beobachtungen (hauptsächlich an Hirudineen und Lumbriciden)	516
A. Die leitenden Primitivfibrillen in den Nerven und in der centralen Fasermasse. Neurofibrillen und Glia- fibrillen . . . . .	516
a. Nachweis der leitenden Primitivfibrillen in den Nerven von Wirbellosen und Wirbelthieren . . . . .	517
In der Darmwand von <i>Pontobdella</i> durch Vorvergoldnen pag. 517. Der wellige Verlauf und die sonstige Beschaffenheit der leitenden Primitivfibrillen pag. 519. Ursachen der Varicosität pag. 519. Die l. P.	

<sup>1</sup> Dieser ersten Mittheilung (1. Einleitung nebst Zusammenfassung der Resultate, 2. Eigene Beobachtungen, hauptsächlich an Hirudineen und Lumbriciden, 3. Ausführliche Beschreibung der Untersuchungsmethoden) wird, sobald es meine anderweitigen wissenschaftlichen Verpflichtungen erlauben, eine zweite folgen, und zwar: 4. Weitere Beobachtungen (hauptsächlich an Mollusken und Wirbelthieren), 5. Kritik der Beobachtungen von Anderen, 6. Allgemeine Betrachtungen.

im Connectiv von *Hirudo* durch Methylenblau dargestellt pag. 520. Vereinigung der Elementar fibrillen in den l. P. pag. 521. Die verschiedene Dicke der l. P. bei demselben Thier pag. 522. Andere Methoden, die l. P. auch bei anderen Wirbellosen darzustellen pag. 522. Die durch Nachvergoldung dargestellten l. P. pag. 523. Dieselben mit meiner Hämateinlösung I. A pag. 523. Nachweis der Individualität und der Continuirlichkeit der l. P. pag. 524. Die l. P. in Wirbelthiernerven pag. 525.

b. Die Nervenstämme von *Hirudo*. Die Stütz- und Hüllvorrichtungen der Nerven und Ganglien . . . . . 526

Die Zusammensetzung des vorderen queren Nervenstammes im *Hirudo*-Somit pag. 526. Die drei Arten von Primitivfibrillen darin pag. 527. Die starken, für sich umhüllten P. pag. 528. Der peribrilläre Hof und die Scheide pag. 529. Verhalten dieser P. im Ganglion pag. 530. Jede kommt direct von einer Ganglienzelle pag. 530. Beweise für ihre motorische, cellulifugal leitende, Natur pag. 532. Bedeutung des hellen Hofes und der Scheide pag. 533. Der Übergang der Scheide in die Grenzschicht der centralen Fasermasse und, durch diese vermittelt, auf die Ganglienzellen pag. 533. Goldreaction der Gliafasern pag. 534. Die Gliakapsel, Tunica propria, der Ganglienpakete pag. 534. Die Beschaffenheit der Glia-scheide der motorischen P. in den peripherischen Nerven pag. 536. Die Glia-scheide der sensorischen Schläuche und der sensorischen Bündel pag. 536. Die Neurilemm-scheide der *Hirudo*-Nerven pag. 537. Die Lymphspalten der Neurilemm-scheide pag. 538. Die Nervenmuskeln pag. 538. Der Perineuralsinus pag. 539. Die Stütz- und Hüllvorrichtungen der Connective pag. 539. Das Gliagewebe der Connective pag. 540. Längsschnittbild des contrahirten Connectivs pag. 540. Querschnittbild des contrahirten Connectivs pag. 541. Querschnittbild des gestreckten Connectivs pag. 542. Querschnittbilder in verschiedenen Höhen pag. 542. Querschnittbild in der Höhe der Connectivkerne pag. 544. Die Neurilemmhülle des Ganglions pag. 545. Die Spaltung des Connectivs durch das eindringende Neurilemmbindegewebe in kleinere Bündel von Nervenfasern pag. 547. Bestandtheile der centralen Fasermasse pag. 548. Das Endothel des Perineuralsinus auf den Ganglien und Connectiven pag. 548.

c. Die mikrotechnische Differenzirung der Neurofibrillen, der Gliafibrillen und der (bindegewebigen) Collagenfibrillen . . . . . 548

Die Unterschiede bei Nachvergoldung pag. 549. Bei Methylenblau-Ammoniumpikrat-Tinction pag. 549. Bei Tinction mit Hämateinlösung I. A pag. 550. Bei meiner alten Doppelfärbung für Nerven pag. 550. Bei polychromer Färbung mit meiner Hämateinlösung I plus Rubin und Ammoniumpikrat pag. 550. Bei Macerirungen pag. 551. Meine alte Darstellung des Connectivs der Hirudineen, namentlich nach Vorvergoldung pag. 551.

d. Vergleich der Nervenstämme von *Hirudo* mit denen von *Lophius*. Sensorische Schläuche und Bündel. . . . . 552

Übereinstimmung der Bestandtheile der motorischen Nerven von beiden pag. 552. Die enge Vereinigung der l. P. im Anfangsstück des Achsencylinderfortsatzes der Wirbelthiere pag. 553. Die Befestigung der motorischen P. von *Hirudo* in ihren Hüllen pag. 553. Die Natur der Peribrillärsubstanz pag. 558. Die P. der sensorischen Schläuche von *Hirudo* pag. 559. Die Beschaffenheit ihrer Interfibrillärsubstanz pag. 559. Ihre Größe und constante Anzahl in den Nervenstämmen pag. 560. Ihre Wand pag. 560. Die sensorischen Schläuche bei *Lophius* pag. 560. Das Verhalten der sensorischen Schläuche in der centralen Fasermasse von *Hirudo* pag. 561. Die feinsten Zweige und die sogenannten centralen »Endkolben« des hirschgeweiartigen, sensorischen Geästes pag. 562. Die aus ihnen austretenden l. P. (Elementarfibrillen) pag. 563. Schicksal und Bedeutung der letzteren

- pag. 564. Das centrale diffuse Elementargitter pag. 566. Die Primitivfibrillen der sensorischen Bündel pag. 567. Die sensorischen Bündel in der centralen Fasermasse pag. 569. Die den sensorischen Bündeln entsprechenden Nervenfasern bei *Lophius* pag. 571. Die sensorischen Bündel und die REMAK'schen Fasern pag. 572. Die sensorischen Schläuche, Neurochorde, in den Connectiven von *Pontobdella* pag. 573. Die drei Arten von Nervenfasern bei *Lumbricus* pag. 573. Bei anderen Wirbellosen pag. 574.
- B. Die Nervenzellen und die Gliazellen der Hirudineen . . . 574**
- a. Die verschiedenen Arten von Zellkernen im Nervensystem. . . 575
- Typus der kleinsten Kerne: Leukocytenkerne pag. 575. Der andere Zellkerntypus pag. 576. Die spezifischen Kerne in den Nervenbahnen, ihr verschiedenes Vorkommen pag. 577. Vorkommen und Zahl der Nervenkerne pag. 577.
- b. Die Zellen, zu denen obige Kerne gehören . . . . . 578
- Das zu den Nervenkerne gehörende Somatoplasma. Die Nervenspindel pag. 578. Verhältnis von Nervenspindel und Nervenfasern pag. 579. Zahl der Nervenkerne im vorderen Nervenstamm pag. 579. Die Schwierigkeit, zu entscheiden, wie viele Nervenkerne zu einer Nervenspindel gehören pag. 580. Ganglienzellen in den peripherischen Nerven. Wie sie sich von den Nervenzellen unterscheiden pag. 582. Die Nervenspindeln sind auch die Bildner der Gliascheide der peripherischen Nervenfasern pag. 584. In erster Linie produciren sie Neurofibrillen pag. 584. Die Connectivkerne sind Zellkerne von colossalen Nervenspindeln pag. 585. Die LEYDIG'schen Zellen sind keine Ganglienzellen, sondern vorwiegend Gliabildner pag. 586. Die Sternzellen der Ganglienzellenpakete sind Gliazellen pag. 588. Eben so die medianen Sternzellen für die centrale Fasermasse pag. 589.
- c. Die Nerven- und Gliazellen bei anderen Hirudineen und anderen Wirbellosen . . . . . 592
- Bei *Pontobdella* pag. 592. Die LEYDIG'schen Zellen von *Pontobdella* pag. 592. *Lumbricus* pag. 593.
- C. Die Ganglienzellen: ihre topographischen Beziehungen zu den leitenden Primitivfibrillen . . . . . 594**
- a. Zahl, Größe und anatomische Beschaffenheit der Ganglienzellen von *Hirudo* . . . . . 595
- Anordnung der Ganglienzellen im Bauchstrang. Primäre und secundäre Symmetrie in der Anordnung. Unpaare Ganglienzellen pag. 595. Gleichheit der Zahl der Ganglienzellen eines Ganglions in verschiedenen Individuen von verschiedenem Lebensalter pag. 596. Die Größe der Ganglienzellen: vier Kategorien pag. 598. Ihre Form, Fortsätze in anatomischem Sinne pag. 598. Constantes Vorhandensein der Fortsätze mit constanten Verzweigungen pag. 601. Pluripolare Ganglienzellen die ursprünglichere Form pag. 601. Verhältnis des Stielfortsatzes zum Achsenzylinderfortsatz oder Axon der Wirbelthierganglienzelle pag. 603.
- b. Histologische Beschaffenheit der Ganglienzelle von *Hirudo* . . 603
- Die großen G.: Gliazonen, Zonen des Zellkörpers pag. 603. Die äußere Alveolarzone pag. 603. Die äußere Chromatinzone pag. 604. Die innere Alveolarzone pag. 605. Die innere Chromatinzone pag. 605. Die Perinuclearzone, das Centrosoma pag. 605. Der Zellkern pag. 606. Der Stielfortsatz pag. 606. Die mittelgroßen und kleinen Ganglienzellen pag. 607. Eine neue färberische Differenzirung der Zonen pag. 607.
- c. Das Neurofibrillengitter in den Ganglienzellen von *Hirudo*. . . 608
- Methylenblau-Bilder pag. 608. Hämatein-Bilder pag. 609. Gold-Bilder pag. 609. Zwei Typen pag. 610. Typus *G* pag. 610. Typus *K* pag. 614. Verlauf der Neurofibrillen in beiden Typen pag. 617.

	Seite
d. Andere Hirudineen . . . . .	618
Gnathobdelliden pag. 618. Rhynchobdelliden, namentlich <i>Bran-</i> <i>chellion</i> , <i>Pseudobranchellion</i> und <i>Clepsine</i> pag. 618.	
e. Die Ganglienzellen von <i>Lumbricus</i> . . . . .	620
Größe und Form pag. 620. Mangel an unipolaren Ganglien- zellen pag. 621. Der Zellkörper pag. 622. Fehlen einer <i>Membrana propria</i> pag. 623. Der Kern pag. 623. Das Leitende: Fortsätze pag. 624. Die Neurochorde pag. 624. Das Neurofibrillengitter im Zellkörper pag. 625.	
f. Die Ganglienzellen der Wirbelthiere . . . . .	628
Bestätigung der Grundthese pag. 629. Übereinstimmung mit dem Ganglienzellentypus von <i>Lumbricus</i> pag. 629. Unipolare Ganglienzellen im Rückenmark von <i>Lophius</i> : die FRITSCH'schen colossalen Ganglienzellen pag. 629. Achromatische Fortsätze: Lagerung der Neurofibrillen in der Nähe der Ganglienzelle und im weiteren peripherischen Verlauf des Achsencylinders pag. 630. Die chromatischen Fortsätze. Bei <i>Lophius</i> und <i>Triton</i> und bei <i>Bos</i> pag. 631. Fehlen einer inneren Gliazone, einer <i>Membrana propria</i> der Ganglienzelle pag. 631. Be- schaffenheit und Lagerung der chromatischen Formationen des Zell- körpers pag. 631. Der Zellkern pag. 632. Die Neurofibrillen in den chromatischen und achromatischen Fortsätzen pag. 632. Das Neuro- fibrillengitter im Somatoplasma. Beobachtungen von früheren Autoren pag. 633. Die sympathischen Ganglienzellen pag. 635.	
D. Anastomosen zwischen Ganglienzellen im Centrum und an der Peripherie. . . . .	636
a. Allgemeines über Anastomosen. . . . .	636
Kriterium der leitenden Anastomose pag. 636. Eintheilung der beobachteten Formen pag. 637.	
b. Beispiele von leitenden und nicht leitenden Anastomosen . . .	638
Die Darmwand von <i>Pontobdella</i> , ein klassisches Object zum Studium von A. pag. 638. Der Fall 1b pag. 638. Der Fall 1a pag. 640. Die Gruppe 3. Weshalb sie im Centralnervensystem von Hirudineen so selten ist pag. 641. Häufigeres Vorkommen bei <i>Lumbricus</i> pag. 641. Form 3a an der Peripherie bei <i>Hirudo</i> pag. 641. Form 3c ebendort pag. 642. Andere Formen pag. 643.	
E. Beziehungen der Neurofibrillen zu den Zellen am peri- pherischen Ende der Nervenspindeln . . . . .	643
a. Die Sinneszellen bei Hirudineen . . . . .	644
aa. Die epidermalen Sinneszellen . . . . .	644
Vorkommen pag. 644. Die Tastkegelchen bei Rhynchobdelliden pag. 644. Bei Gnathobdelliden pag. 644. Das typische Tastkegelchen pag. 644. Eingehende Schilderung eines Tastkegelchens am Mund- rande von <i>Hirudo</i> pag. 645. Die Cuticula pag. 645. Die Subcuticula pag. 646. Endäste von Hautmuskeln pag. 646. Bindegewebsfibrillen pag. 647. Blutcapillaren pag. 648. Lymphcapillaren pag. 648. Aus- führungsgänge von einzelligen Drüsen pag. 649. Deckepithelzellen pag. 649. Stützepithelzellen pag. 650. Sinneszellen pag. 651. Kleine Ganglienzellen pag. 653. Freie Neurofibrillen pag. 653. Die Nerven der Tastkegelchen pag. 653. Eintritt der sensorischen Primitivfibrille in die Sinneszelle pag. 654. Deutlichkeit der bezüglichen mikro- skopischen Bilder pag. 655. Weiteres Verhalten der leitenden Pri- mitivfibrille in der epidermalen Sinneszelle pag. 655. Austritt von Neurofibrillen aus der e. S. pag. 656. Erklärung der abgebildeten Fälle pag. 658.	
bb. Die Retinazellen oder subepidermalen Sinneszellen. . . . .	659
Definition pag. 659. »Große helle Zellen« der früheren Autoren. Wahl einer Benennung pag. 660. Herbeiziehen von Rhynchobdelliden zur Schilderung. <i>Pseudobranchellion</i> pag. 660. Die freiliegenden	

- subepidermalen Sinneszellen pag. 661. Ihre Structur pag. 661. Der Glaskörper pag. 662. Der Zellkern pag. 663. Das Somatoplasma pag. 664. Die in die subepidermale Sinneszelle eintretende leitende Primitivfibrille pag. 664. Das Neurofibrillengitter in der s. S. pag. 665. In jede Retinazelle des Auges tritt eine leitende Primitivfibrille ein: der Augennerv, eine schöne Illustration der Individualität und Continuirlichkeit der leitenden Primitivfibrillen pag. 666. Neun Retinazellen sind im Auge von *Pseudobranchellion* in der Regel enthalten. Zusammensetzung des Auges pag. 666. Die Pigmentzellen pag. 667. Regelmäßige Orientirung der Retinazellen im Auge pag. 668. Der Augennerv enthält neun leitende Primitivfibrillen, welche als gesonderte Gruppe in den subösophagealen Theil des Schlundringes hinein zu verfolgen sind pag. 668. Das Auge von *Pseudobranchellion* ist weder anatomisch noch physiologisch mit epidermalen Sinneszellen, einem bestimmten Tastkegelchen, verbunden pag. 669. Näheres über den abgebildeten Fall pag. 670. Die Retinazellen und subepidermalen Sinneszellen bei *Hirudo* pag. 671. Worin unterscheiden sie sich von denen bei *Pseudobranchellion* pag. 671. Ihr Glaskörper pag. 672. Somatoplasma pag. 672. Kern pag. 673. Die Primitivfibrille. Das Neurofibrillengitter pag. 673. Anastomosen durch Neurofibrillenbrücken pag. 676. Der Augennerv: Anatomie des Auges pag. 677. Der Augennerv: Zahl der leitenden Primitivfibrillen darin pag. 679. Orientirung der Retinazellen im Auge von *Hirudo* und *Aulastoma* pag. 679. Das Auge der Hirudiniden wird gegen die Lichtstrahlenrichtung, das von *Pseudobranchellion* in der Lichtstrahlenrichtung innervirt pag. 680. Epidermale Sinneszellen sind auch vom *Hirudo*-Auge keine integrierenden Bestandtheile pag. 681. Der intraocelläre Augenmuskel pag. 681. *Aulastoma* pag. 682. Verhältnis der Beschaffenheit des Neurofibrillengitters in den Retinazellen zum Sehvermögen pag. 683.
- ec. Die freien Verästelungen von leitenden Primitivfibrillen in der Haut 684  
 Beispiele einer intercellulären sensorischen Endverästelung p. 684.  
 Peripheres diffuses Elementargitter in der Subcuticula pag. 685.
- b. Das leitende Element in den Muskelfasern von *Pontobdella* . . . 685  
 In den Muskelfasern ist das Neurofibrillengitter nicht geschlossen pag. 685. *Ascaris*, *Lumbricus*, Hirudineen, *Anodonta*, *Unio*, *Rana*, *Triton* pag. 686. Die Innervirung, dargestellt durch Vorvergoldung ohne Differenzirung des eigentlich Leitenden pag. 686. Beschaffenheit der Hirudineen-Muskelfaser pag. 687. Endverästelungen pag. 688. Querbrücken zwischen parallelen Muskelfasern. Muskulatur der Darmwand von *Pontobdella* pag. 688. Verschmelzung von sehr verjüngten Muskelästen mit dünnen Nervenästen pag. 689. Innervirung der Darmmuskelfasern pag. 690, der Fasern des Hautmuskelschlauches pag. 690. Beweis dafür, dass die zwei Schichten von diagonalen und die Schicht der circulären Muskelfasern zusammenwirken pag. 691. Innervirung der Muskelfasern an mehreren Stellen pag. 691. Darstellung der Innervirung nach Präparaten mit differenzirten leitenden Primitivfibrillen pag. 692. Weitere intramusculäre Verästelung der leitenden P. pag. 693. Der Nerven Eintrittswulst pag. 694. Die leitende Bahn endigt in der Muskelfaser nicht. Inter musculäres Elementargitter pag. 694. Beschreibung der abgebildeten Stelle pag. 695. Die Zwischenleisten der contractilen Rinde sind Vermittler des Nervenreizes, wie bei *Ascaris* pag. 696.
- c. Das leitende Element in den Flimmerzellen . . . . . 697  
 Principielle Übereinstimmung mit der Innervirung der Muskelzellen pag. 697. *Lumbricus*, *Anodonta* und *Unio* pag. 697. Die Flimmerzellen des Mitteldarmes von *Anodonta* und *Unio*. Feinere Beschaffenheit. ENGELMANN pag. 697. Meine Goldpräparate. Die Zellen mit dem Fibrillenpinsel oder -Conus auf der Typhlosolis pag. 698. Bei gewöhnlicher Beleuchtung pag. 699. Starker Pleochroismus der Strahlen des intracellulären Fibrillenconus pag. 704. Derselbe Grad

von Pleochroismus bei leitenden Primitivfibrillen. Auch nach Methylenblautinction pag. 705. Das Bild der Zellen mit dem Fibrillenconus zwischen gekreuzten Nicols. Sehr starke Doppelbrechung der Strahlen pag. 705. Die größte Farbendifferenz zwischen Cilien und Fibrillenstrahlen pag. 706. Charakter der Doppelbrechung pag. 707. Der Fibrillenconus besteht aus Neurofibrillen und ist nicht die intracelluläre Fortsetzung der Cilien pag. 707.

<b>Anhang</b> . . . . .	708
A. Neurofibrillen in muskellosen Gefäßwänden . . . . .	708
B. Neurofibrillen in der Wand der Sammelblase des Ne- phridiums . . . . .	709
C. Neurofibrillen in gewöhnlichen Epithelzellen. . . . .	710
<b>3. Über die Methoden der färberischen Differenzirung der Neurofibrillen.</b>	711
A. Die Tinction des frischen Objectes mit Methylenblau . . . . .	712
B. Die Tinction des conservirten Objectes mit Hämatein- lösung I. A. . . . .	712
Vorzüge der Methode gegenüber der Nachvergoldung pag. 712.	
Mit der Nachvergoldung gemeinsame Vorzüge vor allen anderen Me- thoden pag. 713. Nachtheile gegenüber der Nachvergoldung pag. 713.	
Mit der Goldmethode gemeinsame Mängel pag. 713. Das Verfahren pag. 714. Das Object: <i>Clepsine</i> , <i>Hirudo</i> , <i>Aulastoma</i> , <i>Pseudobranchellion</i> , <i>Branchellion</i> , <i>Pontobdella</i> und <i>Lumbricus</i> , <i>Astacus</i> , <i>Anodonta</i> , <i>Unio</i> , <i>Helix</i> , <i>Amphioxus</i> , <i>Petromyzon</i> , <i>Lophius</i> , <i>Triton</i> , <i>Bos</i> pag. 714. Die Fixirung pag. 715. Aufbewahren des Materials pag. 715. Größe der Stücke pag. 715. Die Färbung. Die Hämateinlösung I. A. pag. 715. Einbetten pag. 717. Einschluss pag. 718.	
C. Die Vergoldung des frischen und des fixirten Objectes: Vor- und Nachvergoldung . . . . .	718
a. Allgemeines . . . . .	718
Tinctionscharakter der Vorvergoldung, pag. 718, der Nachver- goldung pag. 719. Reine Tinction und keine Imprägnirung pag. 719. Hauptbedingung des Gelingens: starke, allseitige Durchlichtung pag. 720. Verfahren bei der Vergoldung pag. 720. Das Untersuchungsmaterial pag. 721. Größe der zu vergoldenden Stücke pag. 721. Die Gold- salzlösung pag. 722. Ihre Quantität pag. 723. Einwirkungsdauer pag. 723. Art und Weise des Einlegens des Objectes pag. 723. Das Medium, worin die Tinction erfolgt pag. 724. Die Quantität des sauren Wassers pag. 725. Die Lage des Objectes während der Tinction pag. 725. Das Durchlichten pag. 726. Einfluss des Oxygens pag. 727. Dauer des Durchlichtens pag. 727. Die Resistenz der Goldtinction. Einschluss- medien. Macerirbarkeit pag. 727.	
b. Vorvergoldung: Specielles . . . . .	728
c. Nachvergoldung: Specielles . . . . .	729
Verfahren bei Wirbellosen pag. 729, bei Wirbelthieren pag. 729 in der Anmerk. Erläuternde Bemerkungen. Fixirung pag. 730. Differenzirung der leitenden Primitivfibrillen bei Vorvergoldung pag. 731. Dauer der Tingirbarkeit des Leitenden pag. 731. Die Schnitt- dicke pag. 732. Grad der Schädlichkeit der in Anwendung kommen- den Medien pag. 732. Die Glastuben zum Aufstellen der Schnitt- reihen pag. 733. Die Belichtung: Bedingungen der erwünschten Wirkung der Lichtstrahlen pag. 733.	
<b>Erklärung der Abbildungen auf Tafel 23—32</b> . . . . .	734
a. Allgemeine Erklärung . . . . .	734
b. Erklärung der Zeichen und Buchstaben. . . . .	735
c. Die einzelnen Tafeln . . . . .	737
Taf. 23 pag. 737. 24 pag. 738. 25 pag. 739. 26 pag. 740. 27 pag. 741. 28 pag. 742. 29 pag. 743. 30 pag. 745. 31 pag. 746. 32 pag. 747.	

## 1. Einleitung nebst Zusammenfassung der Resultate.

**A. Vorbemerkungen.** Hirudineen und Lumbriciden, das günstigste Untersuchungsmaterial. Ursachen der Ungünstigkeit von Wirbelthieren.

Unter dem am Kopfe dieser Mittheilung befindlichen Titel habe ich im Herbst des vergangenen Jahres auf dem 3. internationalen Zoologencongress zu Leiden einen Vortrag gehalten und die Gelegenheit des Zusammentreffens einer größeren Anzahl von Fachgenossen dazu benutzt, um eine Reihe von Präparaten, die als Belege für meine Beobachtungen dienen, zu demonstrieren. Und zwar wurden folgende Gegenstände an folgenden Objecten demonstrirt:

1. Die leitende Substanz (die leitenden Primitivfibrillen, Elementarfibrillen etc.) bei Wirbellosen, namentlich bei Hirudineen, *Lumbricus*, *Branchiobdella*, *Anodonta*, *Helix*, *Astacus*.

2. Die leitende Substanz bei Wirbelthieren, namentlich *Lophius*, *Rana*, *Triton*, *Lepus*.

3. Motorische und sensorische leitende Bahnen und Primitivfibrillen: unterscheidende Merkmale. Bei *Hirudo*, *Pseudobranchellion*, *Lumbricus*, *Lophius*, *Triton*, *Lepus*.

4. Die Nervenzelle. (Hierher vielleicht auch die Zellen der Spinalganglien von Wirbelthieren.) Die topographischen Beziehungen der leitenden Primitivfibrillen zu ihr bei Hirudineen, *Lumbricus*, *Lophius*, *Triton*.

5. Die anatomischen Beziehungen der Ganglienzellen zu anderen Zellarten und zu einander:

a. Die ursprünglichen Zellbrücken in der in ihre Schichten zerlegten, ausgebreiteten Körperwand von kugeligen und ovalen *Nephelis*-Embryonen und in Schnittreihen aus *Squatina*- und *Torpedo*-Embryonen.

b. Anastomosen zwischen Ganglienzellen in der Darmwand von *Pontobdella*, an der Peripherie im Kopfe von *Clepsine* und *Pseudobranchellion*, im Centralnervensystem von *Hirudo*, *Lophius*, *Triton*, *Lepus*.

c. Die Verflechtungen der centralen Fortsätze von Nervenzellen mit bloß in anatomischer Hinsicht so zu bezeichnenden Fortsätzen von Ganglienzellen. Continuirlicher Übergang von Primitivfibrillen aus einer leitenden Bahn in die andere im Centrum und an der Peripherie. Bei *Hirudo*, *Lumbricus*, *Pseudobranchellion*, *Lophius*, *Triton*.

6. Die topographischen Beziehungen der leitenden Primitivfibrillen zu den Ganglienzellen bei *Hirudo*, *Pontobdella*, *Pseudobranchellion*, *Lumbricus*, *Lophius*, *Triton*.

7. Die topographischen Beziehungen zu den Sinneszellen bei *Hirudo*, *Aulastoma*, *Pseudobranchellion*, *Unio* und *Anodonta*,

8. zu den Muskeln bei *Pontobdella* und *Hirudo*,

9. zu den Flimmerzellen bei *Anodonta* und *Unio*, zu den Drüsenzellen und zu den Wänden der Capillargefäße bei *Hirudo*<sup>1</sup>.

10. Freie Endigungen der leitenden Primitivfibrillen an der Peripherie bei *Hirudo* und *Lumbricus*.

Die demonstirten Präparate sind nach verschiedenen Methoden hergestellt, deren Resultate sich gegenseitig ergänzen und verstärken. Die wichtigsten Methoden sind meine Goldechlorid-Ameisensäure-Tinction, meine Methylenblau-Tinction, eine Tinction der leitenden Primitivfibrillen mit meiner Hämateinlösung I. A. nach Sublimat- und Sublimatalkohol-Fixirung, Dreifachfärbung mit derselben Lösung plus Ammoniumpikrat und Rubin besonders nach Fixirung mit der ZENKER'schen Flüssigkeit, andere Tinctionen namentlich nach Osmiumtetraoxyd und Osmiumgemischen, alle bei Paraffin-Celloidin- und Gelatine-Serien.

Ich war bisher daran verhindert, diese zum Theil bereits vor langen Jahren erhaltenen Resultate, von welchen allerdings mehrere Fachgenossen durch persönliche Demonstrationen bei verschiedenen Gelegenheiten schon früher in Kenntnis gesetzt wurden, in Wort und Bild ausführlicher zu veröffentlichen. Auch in dieser Mittheilung muss ich mich auf einen Theil meiner Beobachtungen beschränken. Das Hauptgewicht werde ich diesmal auf die Schilderung von Verhältnissen bei Hirudineen und Lumbriciden legen. Ich glaube deshalb am besten mit diesen zu beginnen, weil die Hirudineen und die Lumbriciden in Betreff der feineren Beschaffenheit des Nervensystems, namentlich für die Demonstration der leitenden Primitivfibrillen in ihren Beziehungen zu allerlei Zellen, so weit meine Erfahrung reicht, die günstigsten Objecte sind. Bei anderen Objecten wird man Vieles, was hier mitgetheilt werden soll, nur dann erkennen und deutlich sehen, wenn man sich von jenen Structurverhältnissen erst bei den erwähnten Objecten überzeugt hat.

<sup>1</sup> Gegenwärtig bin ich im Stande, die leitenden Primitivfibrillen u. A. auch in verschiedenen Zellarten des Nephridialsystems, so in den Wandzellen der Sammelblase, in den Exeretionszellen etc. bei *Hirudo* und *Aulastoma* zu demonstrieren. Die Wandzellen der Sammelblase von *Hirudo* s. Taf. 32 Fig. 4.

So sehr günstig sind Hirudineen und Lumbriciden aus folgenden Gründen. Erstens sind bei ihnen die leitenden Primitivfibrillen, von deren Erkennbarkeit und leichtem Verfolgen ja Alles abhängt, an und für sich verhältnismäßig sehr stark und nicht allzu dicht gelagert. Zweitens sind bei ihnen die leitenden Primitivfibrillen durch Goldchlorid-Ameisensäure, durch Methylenblau und Hämateinlösung I. A, die drei wirksamsten Mittel ihrer Darstellung, am leichtesten zu tingiren und sehr scharf zu differenziren, ja sogar optisch zu isoliren. Drittens wird der gesammte feinere Bau ihres Nervensystems durch Mittel, deren Einwirkung die spezifische Tinction der leitenden Primitivfibrillen nicht nur nicht beeinträchtigt, sondern eher bedingt, in ganz befriedigender Weise fixirt. Viertens ist bei ihnen die Lage und die Beschaffenheit des Nervensystems sowohl für das Herauspräpariren als auch für die Untersuchung der einzelnen Elemente in situ, in Flächenpräparaten sehr günstig, endlich auch die Größe der verschiedenen Gewebelemente hinreichend.

Dagegen sind, wegen Unerfüllbarkeit der erwähnten Bedingungen, gerade die Wirbelthiere am ungünstigsten, also leider diejenigen Objecte, die für manche maßgebende Anatomen allein in Betracht zu kommen scheinen, welche, wenn sie es auch nicht offen sagen, doch in der That so thun, als ob nur was bei Wirbelthieren nachgewiesen ist, für sie existirte, und sie das Übrige nicht zu berücksichtigen brauchten, außer wenn es gut in ihre Schemata hineinpasst. Indessen meine ich, und meinen im Geheimen wohl auch jene Herren, dass das Nervensystem auch eines Blutegels im Wesentlichen ebenso beschaffen ist und ebenso functionirt, wie das eines Menschen. Wenn also gewisse bei diesen »niederer« Thieren constatirte Thatsachen sich nicht so ohne Weiteres auch bei Wirbelthieren constatiren lassen, so ist das kein Grund dafür, sie überhaupt nicht zu berücksichtigen; es müsste eher dazu anspornen, alle Mittel und Methoden aufzuwenden, die technischen Schwierigkeiten, die das Erhalten von ähnlichen Resultaten verhindern, auch bei Wirbelthieren zu überwinden. Damit gewinnt die Wissenschaft nichts, wenn man in das für das Nervensystem der Wirbelthiere aufgestellte Schema mit aller Gewalt auch die Wirbellosen hineinpresst und bloß die Verhältnisse des Wirbelthier-Nervensystems auch bei diesen aufzufinden sucht. Der einzig richtige Weg ist, zuerst die um so Vieles einfacheren und auch theoretisch instructiveren Verhältnisse bei Wirbellosen mit mehr Sorgfalt und mit etwas ernstlicherem Kraftaufwand klarzulegen. Man mache nicht bloß gelegentlich und bloß,

um die Waffe einer Modemethode zu prüfen, Korsarenausflüge auf dieses Gebiet. Dann wird man in den hier gewonnenen Thatsachen endlich auch den Schlüssel für das richtige Verständnis des Nervensystems der Wirbelthiere finden.

Ich selbst habe manche früher bloß bei Wirbellosen gesehene und mitgetheilte Thatsachen bereits auch bei Wirbelthieren nachweisen können. Diesmal werde ich mich aber, wie erwähnt, auf erstere beschränken und bloß gelegentlich etwas, was sich auf letztere bezieht, der Vollständigkeit und Verständlichkeit halber hinzufügen. Ich werde zufrieden sein, wenn es mir gelingt, den Leser von der Richtigkeit einiger grundlegender Beobachtungen endgültig zu überzeugen. Als Beweise standen mir in Leiden meine Präparate selbst zur Seite. Und andere Beweise, als unsere Präparate können wir Morphologen für unsere Beobachtungen überhaupt nicht in die Schranken führen. Ich muss deshalb versuchen, dem Leser einen möglichst genauen Begriff von diesen mikrographischen Belegen zu verschaffen, muss also die beweisenden Stellen der Präparate ausführlich beschreiben oder, was noch zweckmäßiger ist, so gewissenhaft wie nur möglich, abbilden. Das Hauptgewicht werde ich demnach auf die Abbildungen und deren Erklärung legen. Damit aber dieselben Belege Jedermann sich auch selbst verschaffen könne, glaube ich dem Leser auch eine ausführliche Schilderung meiner Methoden schuldig zu sein.

Um jedoch verstanden zu werden, muss ich zuerst meine ganze Auffassung des Nervensystems kurz aus einander setzen, zu welcher mich meine Beobachtungen, auch solche, die in dieser Mittheilung noch nicht näher geschildert werden sollen, geführt haben.

**B. Grundideen der Untersuchung. Umschreibung der Begriffe: Nervenzelle, Ganglienzelle, Nerv, leitende Primitivfibrille, leitende Elementarfibrille, Neurofibrille.**

Vom feineren Bau des Nervensystems überhaupt und besonders von dessen Function kann sich, wie ich es schon oft hervorgehoben habe, nur Derjenige einen richtigen Begriff machen, welcher die wirkliche histologische Beschaffenheit der leitenden Substanz kennt. Und gerade darüber ist man noch keineswegs einig. Es giebt noch immer manche Forscher, welche den wesentlich fibrillären Charakter der leitenden Substanz und besonders die Continuirlichkeit und Individualität der leitenden Primitivfibrillen leugnen.

Desshalb will ich noch einmal, und zwar diesmal an der Hand von ganz unangreifbaren mikroskopischen Bildern zeigen, wie die leitende Substanz in den leitenden Bahnen der eigentlichen Nerven an der Peripherie und im Centrum aussieht, damit man sie bei den weiteren Schilderungen auch in den Ganglienzellen, in den Sinneszellen, in den Muskelzellen, in Flimmerzellen, Drüsenzellen etc., wo die leitende Substanz hineinwächst und eigenthümliche topographische Beziehungen innerhalb des Zelleibes eingeht, endlich auch in der Wand der Capillargefäße und bei den intercellulären freien Endigungen<sup>1</sup> wieder erkenne. Um aber Missverständnissen vorzubeugen und dem Leser die Mühe des Nachschlagens in meinen früheren Mittheilungen zu ersparen, will ich wieder vorausschicken, was ich unter Nervenzelle im Gegensatz zur Ganglienzelle verstehe und demonstrieren zu können glaube.

Auf die eigentlichen Beweise dieses von mir bereits vor 12 Jahren betonten Unterschiedes, den ich seither bei mehreren Gelegenheiten aus einander gesetzt habe, will ich jetzt nicht eingehen; ich sage einfach, was nach meiner Meinung und in meinen Präparaten Nervenzelle und was Ganglienzelle ist. Mag man diesen histologischen und histogenetischen, besonders aber physiologischen Unterschied anerkennen oder nicht, mit dieser Unterscheidung wird sich das, was ich zeigen will, besser gruppieren lassen und mein ganzer Ideengang übersichtlicher erscheinen. Das Hauptgewicht will ich ja auf gewisse bisher, wie ich glaube, noch nicht beobachtete Thatsachen

---

<sup>1</sup> Wenn ich auch hier und da schlechthin von Nervenendigungen spreche, so will ich doch gleich hier von vorn herein betonen, dass ich eine Endigung der leitenden Primitivfibrillen nirgends mit Sicherheit constatiren konnte; ich kann nur sagen, bis wie weit ich eine leitende Primitivfibrille, oft wohl bereits Elementarfibrille, an einer bestimmten Stelle meiner Präparate zu verfolgen im Stande bin; in den meisten Fällen ist es im Gegentheil ganz sicher zu sehen, dass die betreffende Fibrille bloß aus technischen Gründen nicht noch weiter zu verfolgen ist, wo sogar die optischen Fähigkeiten unserer heutigen Mikroskope dazu noch hinreichen würden. Die verschiedenen Gebilde, mit welchen die Nerven nach den Autoren im Centrum und an der Peripherie endigen, bedeuten, wie bewiesen werden soll, noch keineswegs das Ende der anatomisch differenzirten leitenden Bahn. Diese scheint mir sogar, im ausgebildeten Organismus, in Form von mikrotechnisch darstellbaren leitenden Primitiv- oder Elementarfibrillen sowohl peripherisch als auch central ununterbrochen zu sein und in sich zurückzukehren, etwa in der Weise, wie die im anatomischen Sinne arteriellen Blutbahnen durch Vermittelung des Capillargefäßnetzes (eigentlich ebenfalls Gitters) in die venösen Bahnen übergehen.

legen, und es ist mir vorläufig gleichgültig, ob die Ansichten, durch welche ich jene Thatsachen in Zusammenhang zu bringen versuche, Anklang finden oder nicht, wenn es mir nur gelingt, die Unbestreitbarkeit von jenen darzuthun.

Ganglienzelle und Nervenzelle sind, wenigstens im entwickelten Organismus und bei den Cölomaten, verschiedene Zellarten. Die Nervenzelle ist der Muskelzelle vollkommen analog gebaut. Sie producirt leitende Substanz in der Weise, wie die Muskelzelle contractile Substanz. Die leitende Substanz besteht im Wesentlichen aus leitenden Primitivfibrillen (mit einem allgemeineren Ausdruck: Neurofibrillen), ebenso wie die contractile Substanz aus contractilen Primitivfibrillen (mit dem entsprechenden allgemeineren Ausdruck: Myofibrillen). Die leitenden Primitivfibrillen bei Wirbellosen deutlich darzustellen, ihre Natur näher zu bestimmen und sie im Nervensystem einzeln genau zu verfolgen, ist mir zuerst, zum Theil schon vor mehreren Jahren (bereits 1885), gelungen. Sie wachsen einerseits gegen das Centrum in die Ganglienzellen (Taf. 25 Fig. 3, 6, Taf. 27 Fig. 7, Taf. 28 Fig. 1—9), andererseits gegen die Peripherie in Sinneszellen (Taf. 26 Fig. 3, Taf. 28 Fig. 12, Taf. 29 Fig. 5, 6, 11, Taf. 30 Fig. 1—4, Taf. 31 Fig. 4—9) oder Muskelzellen etc. hinein. Sie durchsetzen die Ganglienzelle entweder im Ganzen und Großen nach Richtungen der Meridiane bald direct (Taf. 28 Fig. 1, 2, 10 u. 11), bald bilden sie dabei ein mehr peripherisch gelagertes (Taf. 28 Fig. 4 bis 6), oder den ganzen Zelleib durchwebendes Geflecht (Taf. 26 Fig. 6, Taf. 28 Fig. 8 u. 9); oder sie verschmelzen im Zelleib zu zwei Gitterwerken, von denen das eine in der peripherischen Zone der Zelle liegt und durch radiäre Balken in das andere, centrale Gitterwerk übergeht, welches, oft wie eine Gitterkugel (*Hirudo*: Taf. 28 Fig. 7), mehr oder weniger eng den Kern der Zelle umgiebt (ohne je mit ihm in Verbindung zu treten). Aus den Ganglienzellen treten sämtliche Primitivfibrillen, in verschiedener Weise gruppirt, wieder heraus und begeben sich entweder in eine andere Ganglienzelle, oder schreiten — nachdem sie sich zu einem Bündel (seltener zu zweien oder mehreren, aber immer wenigen) vereinigt haben (welches bei Hirudineen und *Lumbricus* zu einer starken Primitivfibrille wird, s. Taf. 26 Fig. 6, Taf. 28 Fig. 7 bis 9) und motorisch geworden sind — zu den Muskelfasern (Taf. 32 Fig. 1 bis 3). Von anderen Ganglienzellen führen solche Primitivfibrillen zu den Drüsenzellen (Taf. 32 Fig. 4), zu Gefäßcapillaren (Taf. 29 Fig. 14) etc.

Die Ganglienzelle ist also gewissermaßen bloß eingeschaltet in die leitende Nervenbahn, wie die einzelnen stromerzeugenden Elemente der elektrischen Batterie in den ununterbrochen leitenden Verlauf der Telegraphendrähte. Die Ganglienzellen produciren das, was geleitet werden soll, die Nervenzellen das, was leiten soll: eine Arbeitstheilung, welche die phylogenetisch ursprünglich gleichartigen Zellen, die Neuroganglienzellen mit gleichzeitig beiderlei Functionen in diese zwei histologisch und histogenetisch verschiedene Zellformen differenzirt hat. Die Ganglienzellen erzeugen aber nicht nur einen constanten Strom, den Tonus, sondern sie reagiren auch auf die Perception der durch äußere Einflüsse, die Reize, verursachten Änderungen des Tonus mit quantitativen, vielleicht auch qualitativen weiteren Änderungen desselben. Indessen ist die Möglichkeit nicht zurückzuweisen, dass auch die Nerven, selbst gereizt durch die nicht von ihnen verursachten Änderungen des Stromes, auf diesen auch einen gewissen secundären Einfluss haben können. Ein qualitativer Einfluss, gewissermaßen ein Adaptiren (bei künstlicher Reizung Vitalisiren) des Reizes für die erzielte Wirkung (z. B. auf den Muskel) kommt mir noch am wahrscheinlichsten vor.

Die Wege, auf welchen die wachsenden leitenden Primitivfibrillen in einer Richtung die Ganglienzellen, in der anderen die Sinneszellen erreichen (siehe die schematische Darstellung dieser Verhältnisse auf Taf. 32 Fig. 6), sind bereits vor der Entstehung der Primitivfibrillen selbst vorhanden: es sind die Intercellularbrücken, Protoplasmafortsätze, welche von der ersten Theilung der Eizelle an die Zellen eines Organismus, direct oder indirect, beständig mit einander verbinden. Ganz wie es der vor langer Zeit ausgedrückten Auffassung HENSEN's entspricht, der sich in neuester Zeit u. A. SEDGWICK angeschlossen hat, welche aber ich auf Grund meiner Untersuchungen über Histologie und Histogenese des Nervensystems besonders bei Würmern und Mollusken bereits vor 7 Jahren als unvermeidlich erklärt habe.

Wie kann man nun von einer sich allmählich lang ausziehenden primären Intercellularbrücke, die zwei Zellen mit einander bereits verbindet, sagen, wie viel davon der einen, wie viel der anderen Zelle angehört? Auf keinen Fall ist eine solche schon von vorn herein ein Nerv. Letzteres gilt aber auch von einem Fortsatz, welcher nachweislich von einer angehenden Ganglienzelle aus dem Centrum gegen die Peripherie hinauswachsen und so die Verbindung

herstellen würde, und dasselbe gilt von der centralwärts oder gegen die Peripherie strebenden, die Verbindungen herstellenden Verlängerung einer angehenden Nervenzelle. Alles das sind vorläufig bloß Intercellularbrücken aus undifferenzirtem Protoplasma, einerlei ob sie von Hause aus da waren, oder erst nachträglich als Fortsätze von gewissen Zellen entstanden sind. Obwohl also eine solche Brücke, wie jeder Protoplasmafortsatz überhaupt, von vorn herein eine gewisse leitende Fähigkeit besitzen kann, wird sie erst dann zu einem Nerv, zur specifischen leitenden Bahn, wenn in ihr die specifische leitende Substanz (Neurofibrillen) differenzirt ist. Ebenso, wie eine angehende Muskelzelle, obwohl ihre Fortsätze, wie jeder Protoplasmafortsatz überhaupt, von vorn herein eine gewisse Contractilität besitzen, erst dann zum Muskel wird, wenn sich in ihr ein specifisches Zellproduct, die contractile Substanz (Myofibrillen), angesammelt und in bestimmter Weise geordnet hat.

Die leitende Substanz besteht aber, abgesehen von einer Kitt- und Isolirungsmasse, aus Neurofibrillen, d. h. aus leitenden Primitivfibrillen, richtiger aus leitenden Elementarfibrillen (Längsreihen von Neurotagmen ad normam Inotagmen von ENGELMANN), von welchen sich meist eine kleinere oder größere Anzahl zu der letzten, in der leitenden Bahn noch besonders wahrnehmbaren morphologischen Einheit, zur leitenden Primitivfibrille, innig verkittet. Die kürzere Bezeichnung Neurofibrille schlage ich vor, wo vom Leitenden überhaupt die Rede ist. Die Neurofibrille als anatomische Einheit im Nerv etc. ist die leitende Primitivfibrille, die Neurofibrille als Elementarbestandtheil des Leitenden, eine Längsreihe der hypothetischen Neurotagmen, ist die leitende Elementarfibrille.

Die einzig richtige Fragestellung bei der Untersuchung der Histogenese der leitenden Bahnen ist demnach die folgende: welche Zellen der erwähnten Kette (s. das Schema auf Taf. 32 Fig. 6) produciren die leitenden Elementarfibrillen, die dann in die meist schon präformirten Bahnen, zu Primitivfibrillen gruppirt, hineinwachsen und sich in einer Richtung direct, in der anderen nach Durchschreitung des Centrums bis zur Peripherie ausbreiten?

So gestaltet sich das große Problem der Histologie und Histogenese des Nervensystems vorerst zu der mikrotechnischen Aufgabe, die leitenden Primitivfibrillen (überhaupt Neurofibrillen) von ihrem ersten Auftreten an im mikroskopischen Bilde zu differenziren (oder färberisch zu isoliren). Bloß wo man leitende Primitivfibrillen (oder

überhaupt Neurofibrillen) sicher erkennt, kann man sicher von histologisch Nervösem reden; wo man sie zu sehen nicht vermag (eine vage Streifung nachweisen zu können genügt noch nicht), kann man auf etwas Nervöses bloß schließen, und zwar kann man das nur nach Analogie von sonst in jeder Beziehung gleichen Fällen, wo die leitenden Primitivfibrillen ganz deutlich hervortraten, mit Recht thun. Dass Verfasser in der Darstellung der leitenden Primitivfibrillen um ein Bedeutendes weiter gekommen ist, als alle seine Vorgänger, wenigstens so viel glaubt er schon gegenwärtig beweisen zu können.

### C. Weitere Resultate.

Die gebräuchlichsten embryologischen und histologischen Fixierungs- und besonders Färbungsmethoden können nichts von dieser mikrotechnischen Aufgabe lösen; aber auch meine Methoden haben, ich muss es offen heraussagen, bisher nur bei gewissen Objecten und von gewissen Entwicklungsstadien an ganz Befriedigendes geleistet. Dagegen, dass sich die leitenden Primitivfibrillen nur von gewissen Entwicklungsstadien an darstellen lassen, könnte man allerdings nichts einwenden, wenn man sicher wüsste, dass die Differenzirung der Gewebelemente in den vorhergehenden Stadien noch nicht bis zur Production von Neurofibrillen vorgeschritten war. Wir müssen darauf schließen, aber wissen können wir es noch nicht, und so bin ich weit davon entfernt, mich mit meinen bisherigen Resultaten zu begnügen.

Manche wollen ihre mikrotechnische Unfähigkeit in dieser Hinsicht dadurch verbergen, dass sie die Existenz von leitenden Primitivfibrillen, wie gesagt, überhaupt in Abrede stellen. Nun geht das ja Präparaten gegenüber, in welchen sich die Existenz der leitenden Primitivfibrillen bloß als eine mehr oder weniger deutliche Längsstreifung des Nerven oder bei Wirbelthieren des Achsencylinders kund giebt. Da kann man von langgestreckten Waben (BÜTSCHLI), von Filzwerk (Nervenspongioplasma: LEYDIG, ROHDE) und dergleichen reden. Wenn man aber, wie es in gelungenen Präparaten, als welche einige der meinigen zu bezeichnen sein dürften, stets der Fall ist, jede Primitivfibrille, und wenn sie auch bloß ein Zehntel, ja ein Fünfundzwanzigstel Mikron dick ist, als Individuum erkannt und lange Strecken hindurch verfolgt, ja innerhalb einer Ganglienzelle, innerhalb einer Sinneszelle, innerhalb einer Muskelzelle in ihren mannigfaltigen Beziehungen zur Zelle weiter verfolgt werden kann, und das in nach mehreren, ganz verschiedenen Methoden hergestellten

Präparaten, so muss man wohl sagen: BÜTSCHLI hat Unrecht, LEYDIG hat Unrecht, NANSEN, ROHDE, B. FRIEDLÄNDER und alle Anderen haben Unrecht, nur MAX SCHULTZE und seine Anhänger haben Recht in Betreff der feineren histologischen Natur der Nervenfasern. »MAX SCHULTZE muss Recht behalten« sagte ich vor 7 Jahren<sup>1</sup> und wiederhole es heute mit noch mehr Gewissheit: MAX SCHULTZE behält Recht.

Auch er hat aber mit seiner Lehre von der Fibrillenstructur der Nerven das Richtige größtentheils bloß erschlossen, da seine Methoden die eigentlichen Primitivfibrillen nicht einmal in den peripherischen Nerven genügend<sup>2</sup>, geschweige denn in dem Centrum und in den Zellen zu differenziren vermochten. Die leitenden Primitivfibrillen selbst wirklich darzustellen, ist zuerst KUPFFER gelungen, und zwar in Wirbelthiernerven mit Markscheide. Bei Wirbellosen habe ich sie zuerst als deutlich gesonderte Structurelemente in ihrer wahren Beschaffenheit gezeigt, so deutlich, wie sie bei Wirbelthieren nie gesehen wurden und auch heute noch nicht darzustellen sind. In bereits 10 Jahre alten Präparaten von mir, auf welche ich mich in meinem erwähnten Aufsatz »Nach welcher Richtung hin soll die Nervenlehre reformirt werden?« 1889 bezogen habe, treten sie mit einer früher gar nicht geahnten Schärfe hervor (s. z. B. auf Taf. 28 Fig. 10 u. 11, Taf. 32 Fig. 3).

Wie steht es nun mit dem Verhältnis der Zahl und Größe der Nervenzellen zur Ausdehnung einer leitenden Bahn, an deren Production sie sich betheiligen?

Eine leitende Primitivfibrille kann in ihrer ganzen Länge das Product einer Nervenzelle sein, und zwar von der Sinneszelle an durch die Nervenzelle selbst, hinein in die Ganglienzelle, dann heraus aus dieser in eine andere Ganglienzelle und noch weiter, heraus aus der letzten Ganglienzelle, mit welcher sie in Verbindung getreten ist, bis zu ihrem Ende in der Muskelzelle (in so fern als in dem betreffenden Fall von einem Ende der leitenden Bahn über-

<sup>1</sup> S. APÁTHY, Nach welcher Richtung hin soll die Nervenlehre reformirt werden? in: Biol. Centralbl. 9. Bd. 1889. pag. 608.

<sup>2</sup> In meinem Artikel »Contractile und leitende Primitivfibrillen« (Mitth. Z. Stat. Neapel Bd. 10. pag. 355—375) habe ich gezeigt, dass beinahe alle Forscher bloß die Längsstreifung der Nerven gesehen und daraus eine fibrilläre Structur erschlossen haben; die eigentlichen leitenden Primitivfibrillen erkannten sie nicht, sondern hielten die den mit interfibrillärer Substanz gefüllten Zwischenräumen entsprechenden Linien für die Primitivfibrillen.

haupt die Rede sein kann, und diese keine durch unmittelbaren Übergang von Elementar fibrillen auch peripherisch geschlossene Leitung ist, wofür gewisse Befunde des Verfassers zu sprechen scheinen). Bei kleineren niederen Thieren ist das wahrscheinlich für das ganze Nervensystem, bei höher organisirten und größeren, also z. B. noch bei Hirudineen, für das sympathische System der Fall. Sonst reihen sich dazu mehrere Nervenzellen in kleinerer oder größerer Anzahl hinter einander, und zwar entweder bloß im centripetalen Verlauf oder auch in der centrifugalen Fortsetzung der Primitivfibrille. So zeigt sich z. B. der motorische Abschnitt der Leitung von der Ganglienzelle zur Muskelzelle entweder als ein bloßes Heraus- und Weiterwachsen der Primitivfibrillen aus der Ganglienzelle, von Primitivfibrillen, die in sensorischer oder verbindender Richtung in die Ganglienzelle eingetreten sind; oder aber die motorische Bahn wird ebenfalls durch eine Kette von Nervenzellen fortgesetzt.

Andererseits producirt jede Nervenzelle eine größere Anzahl von Elementar fibrillen, die bald zu zahlreichen, bald zu wenigen Primitivfibrillen vereinigt werden, und indem sich die Nervenzelle (die Nerven spin del, wie ich sie nannte) verästelt, können sich die Primitivfibrillen auf diese Äste vertheilen (Taf. 23 Fig. 9, Taf. 24 Fig. 3 u. 4, Taf. 32 Fig. 6) und ihren Weg in anatomisch getrennten Nervenfasern fortsetzen. Die Primitivfibrillen ein und derselben Nervenzelle weichen aber, mit gewissen Ausnahmen, spätestens im Centrum (in der centralen Faser masse bei Wirbellosen) aus einander (Taf. 25 Fig. 1 bis 4) und begeben sich, meist mit Primitivfibrillen aus anderen, verschiedenen Nervenzellen vergesellschaftet, zu verschiedenen Ganglienzellen. In derselben Weise zerfällt der Nerv in Primitivfibrillen, bevor er die Sinneszellen erreicht. Jede Sinneszelle erhält jedoch (wenigstens bei Würmern — s. Taf. 29 Fig. 5, 6 u. 11, Taf. 30 Fig. 1 u. 2, Taf. 31 Fig. 5 u. 9 — und Mollusken) bloß je eine Primitivfibrille. So tritt eine Nervenzelle durch je ein oder mehrere Primitivfibrillen meist mit mehreren Ganglienzellen und durch je eine Primitivfibrille mit mehreren Sinneszellen in continuirliche Verbindung, und umgekehrt eine Ganglienzelle mit mehreren Nervenzellen, aber eine Sinneszelle nur mit einer Nervenzelle (s. Schema auf Taf. 32 Fig. 6).

Ein Theil der ganglionwärts leitenden Primitivfibrillen erreicht die betreffende Ganglienzelle direct, und dann sind sie in meinen Präparaten oft leicht als Individuen in die Ganglienzelle hinein zu verfolgen. Ein anderer Theil geht in der centralen Faser masse

erst in ein Gitterwerk von allerdünnsten Fibrillen über, indem sich die Primitivfibrille in dünnere Bündel von Elementarfibrillen, ja sogar vielleicht in einzelne Elementarfibrillen (z. B. Primitivfibrillen von  $0,05 \mu$  Dicke) spaltet, und diese mit anderen ähnlichen vielfach anastomosiren (nicht sich verflechten, sondern verschmelzen) und so ein diffuses Gitter (Elementargitter) und nicht bloß ein Geflecht von sich nur kreuzenden Fäden bilden.

Dieses in mehreren meiner Methylenblaupräparaten äußerst scharf differenzirte Gitter könnte das seiner Zeit von GERLACH eher bloß hypothetisch postulierte, nun aber thatsächlich nachweisbare Reticulum sein, welches von den meisten Forschern der neueren Zeit ad acta gelegt wurde, und welches auch andere Forscher, die daran festhalten zu müssen glaubten, in der That meist nicht gesehen haben. Sie vermochten nämlich das spezifische leitende Gitter nicht in der Weise vom Gliageflecht zu differenziren, färberisch zu isoliren, dass sie sicher sein konnten, nicht Theile des Glianetzes für das leitende Verbindungsgitter zu halten.

Aus dem diffusen Gitterwerk austretende feinste Primitivfibrillen vereinigen sich zu mehreren zu etwas stärkeren Primitivfibrillen, und erst diese sind, entweder einzeln oder in kleineren Bündeln, direct in den Körper der Ganglienzelle hinein zu verfolgen (s. Schema auf Taf. 32 Fig. 6).

Die Sinneszellen werden, zwar nicht durch Vermittlung eines Elementargitters, aber doch ebenfalls entweder direct oder nach Durchschreitung von interpolirten Ganglienzellen erreicht, von welchen gelegentlich sogar mehrere (Hirudineen: auf Taf. 29 Fig. 6, 9 u. 10) hinter einander auf eine und dieselbe Primitivfibrille (oder Bündelchen von solchen) aufgereiht sind. Letztere verhält sich in ihnen ebenso, wie in den centralen Ganglienzellen: meist bildet sie um den Kern herum ein Gitter, bei Hirudineen (Taf. 29 Fig. 6, 7, 9, 10 u. 13) und Mollusken (*Anodonta*, *Unio*) ähnlich, wie in den epithelartigen Sinneszellen dieser Thiere.

Besonders bei Hirudineen kann man nämlich sehr deutlich zweierlei Sinneszellen unterscheiden. Die eine Art hat ihren epithelialen Charakter verloren, hat sich vom Epithel (von der Epidermis) mehr oder weniger entfernt und ist meist kugelig; die andere Art ist Epithelzelle geblieben, reicht bis an die Cuticula und ist meist sehr lang cylindrisch. Jene sind die Retinazellen (Taf. 30 Fig. 1—3, Taf. 31 Fig. 5—8) oder subepidermalen Sinneszellen, welche auch außerhalb des Auges, zerstreut im subepidermalen Bindegewebe vorkommen (Taf. 31 Fig. 9); diese sind

die Tastzellen mit frei an der Körperoberfläche hervorragenden Tastfortsätzen und kommen entweder zu mehreren (Taf. 29 Fig. 5) bis vielen in den Tastkegelchen (becherförmigen Organen LEYDIG, eingesunkenen Tastkegelchen) vereinigt oder einzeln zerstreut in der Epidermis vor.

In den Retinazellen und subepidermalen Sinneszellen von *Hirudo* und *Aulastoma* bildet die eingetretene Primitivfibrille in der äußeren Zone (nicht an der Oberfläche) der Zelle durch wiederholte (dichotomische) Spaltungen und Anastomosen eine sehr zierliche, bei *Hirudo* besonders engmaschige und regelmäßige Gitterkugel, welche in meinen Goldchloridpräparaten außerordentlich scharf hervortritt<sup>1</sup>.

Aber ebenso schön mit einer, man könnte beinahe sagen, unglaublichen Schärfe sieht man, wie die Primitivfibrille in die cylindrische bis beinahe fadenförmig langgezogene epidermale Sinneszelle (Tastzelle) eintritt, wie sie sich, bevor sie die Höhe des Kerns erreicht hat, spaltet und mit ihren anastomosirenden Ästen den Kern eng umgiebt; man sieht, wie sich die Äste hinter dem Kern wieder vereinigen, und dann die wieder einheitliche Primitivfibrille die noch lange Strecke bis zur Cuticula in der Achse der Cylinderzelle zurücklegt (Taf. 29 Fig. 5, 6 u. 11). Dabei erscheint sie, wenn sie sich schon der Cuticula nähert, immer dünner und entzieht sich meist dicht unter der Cuticula der Beobachtung.

Vielleicht immer tritt indessen, wenn sie sich der Cuticula schon nähert, ein Theil ihrer Elementarfibrillen aus der Zelle wieder heraus und bildet Primitivfibrillen, welche bei weiterer Verästelung zwischen den Epithelzellen und in der Subcuticula einen intercellulären Verlauf (s. Taf. 29 Fig. 6 bis 8) nehmen. Gar nicht selten sieht man übrigens auch, dass eine noch unverjüngte Primitivfibrille aus der Tastzelle austritt, benachbarte Zellen schräg durchkreuzt und sich frei unter der Cuticula in dünnere Fädchen spaltet, die sich, wie es scheint, in tangentialer Richtung umbiegen und dort in Folge einer für die Beobachtung ungünstigeren Lage, die sie einnehmen, verschwinden. Ein ganz ähnliches Schicksal erleiden die frei zwischen die Epidermiszellen (oft nachdem sie eine im subepidermalen Bindegewebe, gelegentlich ziemlich tief liegende kleine Ganglienzelle passirt haben) eindringenden Primitivfibrillen (Taf. 29 Fig. 7, 8 u. 13), welche eben-

<sup>1</sup> Bei *Pseudobranchellion* und, wie es scheint, auch bei den übrigen Rüsselegeln bildet die in die Retinazelle eingetretene Primitivfibrille ein etwas anders geformtes Gitterwerk (s. weiter unten und vgl. Taf. 30 Fig. 1 u. 2 und Taf. 31 Fig. 9 nach einem Hämateinpräparat mit Taf. 30 Fig. 3 und Taf. 31 Fig. 5 u. 8 nach einem Goldchloridpräparat):

falls oft schräg über einige Epidermiszellen hinwegziehen, so dass eine Täuschung über ihre extracelluläre Lage gar nicht möglich wäre.

Besonders zu bemerken ist hier noch, dass die Fibrillengitter benachbarter Sinneszellen durch hier und da deutlich nachweisbare Ausläufer mit einander verbunden sind (Taf. 30 Fig. 4, Taf. 31 Fig. 5, 7). Am allerdeutlichsten kann diese Art von leitenden Anastomosen im Auge von *Pseudobranchellion Margói* — dem von mir zuerst beschriebenen Seeschildkrötenegel — gezeigt werden. Ebenfalls hier sah ich einigemal, wie einzelne Balken des intracellulären Fibrillengitters aus der Zelle aus- und in das umgebende Gewebe — z. B. in die Pigmenthülle des Auges — eintraten.

Weiter unten soll mit diesen Verhältnissen auch das Verhalten der Primitivfibrillen in gewissen Drüsenzellen, in der Wand von Capillargefäßen, in Flimmerzellen (im Darm der Teichmuschel) und in Muskelzellen eingehender geschildert werden. Dabei wird es sich herausstellen, dass sie in diesen zu dem Kern in keiner besonders engen topographischen Beziehung stehen und in Flimmerzellen (Taf. 26 Fig. 7, Taf. 32 Fig. 5) und Muskelzellen (Taf. 32 Fig. 3) auch kein Gitterwerk bilden.

Nun drängt sich aber die Frage auf, ob sensorische und motorische Bahnen auch im Nerv morphologisch zu unterscheiden sind. Ich glaube zeigen zu können, dass, obwohl die Elementarfibrillen in allen Bahnen dieselben sind, ihre Gruppierung zu Primitivfibrillen und die Vertheilung und Isolirung der letzteren im Nerv doch gewisse Unterschiede bedingen, die besonders bei Würmern (*Hirudo* Taf. 23 Fig. 7 bis 10, Taf. 24 Fig. 3 bis 6, *Lumbricus* Taf. 24 Fig. 9 u. 10), namentlich in den größeren Stämmen auffällig sind, die man aber wenigstens innerhalb des Centralnervensystems und gelegentlich noch eine Strecke weit nach dem Austritt (resp. vor dem Eintritt) in den Spinalwurzeln auch bei Wirbelthieren (besonders schön bei *Lophius*: Taf. 27 Fig. 5 u. 6) nachweisen kann.

Der motorische Achsencylinderfortsatz erscheint im Nerv bei *Hirudo* und *Lumbricus* als eine sehr starke Primitivfibrille mit einer besonderen, nur wenig Myelin enthaltenden perifibrillären Hülle und einer scharf differenzirten Gliascheide für jede Primitivfibrille (*mpf* und *mnf* auf Taf. 23 Fig. 7 u. 10, Taf. 24 Fig. 5 u. 10, Taf. 25 Fig. 5 und Taf. 28 Fig. 9). Die sensorischen Primitivfibrillen sind bedeutend dünner und sind zum Theil im Lumen von großen starkwandigen Schläuchen ohne besondere isolirende Hülle für jede Fibrille, in einer myelinlosen, wahrscheinlich nicht flüssigen, aber weichen, plastischen

Interfibrillärsubstanz vereinigt (Myelin bloß in der Wand des Schlauches: die großen sensorischen Schläuche in jeder Nervenwurzel von *Hirudo* Taf. 23 Fig. 7, Taf. 24 Fig. 5 u. 6, Taf. 25 Fig. 1 u. 6, Taf. 27 Fig. 1, die Neurochorde von *Lumbricus*, die »colossalen Achsenzylinder« der dorsalen Wurzeln von *Lophius*, Taf. 27 Fig. 6 etc.). Der andere Theil der sensorischen Primitivfibrillen, und zwar in der Regel die dünnsten in Nerven vorkommenden, ist zu viel dünneren Bündeln, welche bei *Hirudo* (Taf. 23 Fig. 7 bis 9, Taf. 24 Fig. 3 bis 5) eine ebenfalls sehr deutliche Gliashülle — an Stelle der anders beschaffenen SCHWANN'schen Scheide — zusammenhält, vereinigt und zwar durch eine bei Wirbellosen reichlich myelinhaltige Interfibrillärsubstanz (REMAK'sche Fasern und Fasern von geringem Durchmesser, mit dünner Markscheide in den dorsalen Wurzeln von Wirbelthieren).

Ebenso wie die motorischen, sind beide Arten von sensorischen Bahnen bei Hirudineen am deutlichsten auch in der centralen Faser-masse zu verfolgen und ihr verschiedenes Verhalten zu constatiren: die Primitivfibrillen der großen Schläuche gehen aus den hirschgeweihartigen Verästelungen an den »centralen Endkolben« der Autoren meistentheils in das diffuse Elementargitter über (Taf. 25 Fig. 1, 2 und 6, Taf. 26 Fig. 2, Taf. 27 Fig. 1 u. 2, Taf. 32 Fig. 6) und bleiben in demselben Ganglion, wo sie eingetreten sind. Die Primitivfibrillen der kleineren sensorischen Bündel (Taf. 25 Fig. 3 u. 4, Taf. 26 Fig. 3 u. 4, Taf. 31 Fig. 1 bis 3) gehen meistentheils direct zu den Ganglienzellen, aber seltener in demselben Ganglion, sondern sie biegen in caudaler oder rostraler Richtung um und gelangen durch die Connective (Längscommissuren der Bauchganglien-kette) zu den Zellen der benachbarten Ganglien oder passiren auch diese Ganglien, um in entfernteren die Ganglienzellen zu erreichen.

Alle Arten von Primitivfibrillen verlaufen bei allen untersuchten Thieren in Spirallinien (Taf. 23 Fig. 3, Taf. 24 Fig. 3, 4, 6, 9 u. 10), in der Projection auf das Sehfeld wellig, nur in maximal gestreckten Nerven gerade, aber hier gelegentlich wie mit dem Lineal gezogen (Taf. 23 Fig. 1, Taf. 24 Fig. 7). In normal, durch natürliche Änderungen der Körperdimensionen gedehnten Nerven verlaufen sie in steilen Spiralen (Taf. 24 Fig. 8); in verkürzten Nerven sind sie dagegen stark gewunden (Taf. 23 Fig. 3, Taf. 24 Fig. 3 u. 4). Dabei bleiben die Contouren der Perifibrillärsubstanz und der Gliascheide stets glatt und folgen nur den Contouren der ganzen Nerven, nie aber den Windungen der Primitivfibrillen, die sie einschließen (s. auch Taf. 24 Fig. 6, 9 u. 10, Taf. 28 Fig. 10 u. 11).

Aus dem Gesagten geht endlich auch hervor, wesshalb der directe Fibrillenübergang von der sensorischen Richtung in die motorische und auch von einer Ganglienzelle (oder Sinneszelle) in die andere bei den älteren Methoden und von den neuen bei der beliebtesten, der GOLGI'schen Schwarzfärbung, unmöglich zu constatiren war. Man war mit jenen Methoden nicht im Stande, die Primitivfibrillen selbst deutlich zu differenziren, noch weniger zu verfolgen, und der Übergang geschieht meist auf dem Wege von einzeln verlaufenden, noch dazu sehr dünnen Primitivfibrillen, die beim GOLGI'schen Verfahren meist auch durchreißen müssen. Verhältnismäßig selten besteht im Centrum die Verbindung im Übergang von auffälligeren Bündeln leitender Primitivfibrillen von einer Bahn in die andere oder von einer Ganglienzelle zur anderen. Dagegen kann ich bei Wirbellosen, besonders an der Peripherie, auch ganz mächtige Anastomosen zwischen Ganglienzellen zeigen (Darmwand von *Pontobdella*, s. Taf. 28 Fig. 10, Ganglienzellen im Verlauf der Nerven der Sinnesorgane von *Clepsine*, *Pseudobranchellion* etc.).

Und nun schreite ich zur eingehenden Schilderung meiner Beobachtungen, das heißt ich beschreibe in erster Linie einige mikroskopische Bilder, welche ich als Beweise von mehreren wichtigen Thesen, dem eigentlichen Gegenstande dieses Aufsatzes, mit einander in Zusammenhang zu bringen versuche. Meine mikroskopischen Präparate stelle ich gern Jedem zur Verfügung, der sie aus eigener Anschauung kennen zu lernen wünscht.

## 2. Eigene Beobachtungen (hauptsächlich an Hirudineen und Lumbriciden).

### A. Die leitenden Primitivfibrillen in den Nerven und in der centralen Fasermasse. Neurofibrillen und Gliafibrillen.

Die erste, noch von Vielen bestrittene These, welche ich aber in diesem Aufsätze endgültig zu beweisen glaube, könnte in der folgenden Weise formulirt werden:

Der wesentlichste specifische Bestandtheil der Nerven und das Nervöse überhaupt sind die Neurofibrillen. Diese verlaufen als sowohl optisch, wie auch mechanisch isolirbare anatomische Einheiten, leitende Primitivfibrillen, in der betreffenden leitenden Bahn überall ununterbrochen bis zum peripherischen Ende der Bahn, in so fern diese nicht auch peripherisch geschlossen ist.

a. Nachweis der leitenden Primitivfibrillen in den Nerven von Wirbellosen und Wirbelthieren.

Leichter als auf Schnitten ist die vorausgeschickte Thatsache zu constatiren in nervenreichen dünnen Membranen, von welchen man große Stücke flach ausbreiten kann. Ganz besonders günstig ist in dieser Beziehung die Wand des Mitteldarmes mit dem großen unpaaren Darmblindsack von *Pontobdella* (Rochenegel). Sie kann, falls man ein größeres Thier mit vollgesogenem Darm dazu nimmt, dieses der Länge nach öffnet und den Darminhalt (das Blut) abspült, in einem großen Stück von mehreren Quadratcentimetern vom Hautmuskelschlauch abgezogen und ausgebreitet werden. So bildet sie nach dem Abpräpariren der Darmepithelschicht, was bei gewisser Behandlung gar nicht schwer ist, eine sehr durchsichtige Membran, deren Dicke (bei gestreckt etwa 18 cm langen Thieren) zwischen 10 und 20  $\mu$  variirt. Sie besteht: a) aus je einer Zellschicht von sehr langen, bandartig abgeplatteten Längsmuskelfasern (innen) und Quermuskelfasern (außen); b) nach innen (gegen das Darmepithel zu) aus einer etwas dickeren und nach außen einer dünneren Bindegewebsschicht. Die Muskelfasern sind in einer zähen, hyalinen Grundsubstanz eingebettet und verlaufen in ziemlich großen Abständen von einander. Die Bindegewebsschichten enthalten unregelmäßig zerstreute spindel- und sternförmige Zellen mit sehr langen Ausläufern und eigenthümliche, sehr dünne bindegewebige Bandzellen, wie ich sie nennen möchte. So beschaffen, gestattet diese Membran die ununterbrochene Verfolgung jeder einzelnen leitenden Primitivfibrille, sogar wenn sie von der dünnsten Sorte ist, auf Strecken von mehreren Millimetern, gelegentlich über das ganze Somite, ja in angrenzende Somite hinein (Strecken von mindestens 10 mm Länge). Und zwar kann man die Primitivfibrillen gleich gut verfolgen: a) im Nerv (inmitten der übrigen Primitivfibrillen eines Stammes oder auch dort, wo sie schon als Endäste einzeln verlaufen); b) auf ihrem Wege durch die Ganglienzellen (Taf. 28 Fig. 10 u. 11) und Nervenzellen, die in diese Membran eingestreut sind; c) innerhalb der Muskelfasern (Taf. 32 Fig. 3), wo sie endigen oder welche sie durchsetzen. Dazu müssen aber die leitenden Primitivfibrillen, wenn auch nicht (optisch, auf färberischem Wege) isolirt, so doch sehr auffällig differenzirt im mikroskopischen Bilde erscheinen. Das ist der Fall bei meinem bereits zehn Jahr alten Goldchloridpräparat — Vergoldung des frischen Objectes,

Vorvergoldung — in Glycerin, nach welchem Fig. 10 und 11 Taf. 28 und Fig. 3 Taf. 32 gezeichnet sind.

In die geschilderte Membran ist nämlich ein hochentwickeltes, glücklicherweise aber nicht sehr dichtes Nervennetz eingewoben. Es entsteht in jedem Somit links und rechts zum größten Theil durch die Ausbreitung je eines Astes von einem Hauptaste des großen, aus dem Bauchganglion heraustretenden Nervenstammes. Dieses Netz ist keine Verflechtung von Nervenfasern, welche sich an den Knotenpunkten kreuzen würden, sondern ein Gitterwerk, wo die Fasern an den (beinahe immer dreischenkelligen) Knotenpunkten stets anastomosiren; nur die dünnsten, bloß aus einigen leitenden Primitivfibrillen bestehenden Zweige können die dicksten oder zweitdicksten Sprossen des Gitters kreuzen. Letzteres geschieht meist rechtwinkelig und in der Richtung der Quermuskelfasern. Die stärksten Nervenfasern, mit deren dichotomischer Verzweigung das Netz überhaupt beginnt, und besonders die zweitstärksten Netzfäsern verlaufen vorwiegend nach der Richtung der Längsmuskelfasern. Wenn man nun in der Verfolgung der leitenden Primitivfibrillen von einer Faser dieser zweiten Ordnung (z. B. in der Partie des Präparates, welche durch Taf. 28 Fig. 11 zum Theil wiedergegeben ist) ausgeht, so kommt man stellenweise, nach verschiedenen langen Strecken, an einen Seitenast, welcher bald nach links, bald nach rechts, beinahe immer unter nahezu rechtem Winkel abgeht<sup>1</sup>. Ist der Seitenast dicker, so biegt er sich immer zur nächsten, mit der Faser, aus welcher er stammt, parallelen Faser und tritt mit der Gesamtheit seiner Primitivfibrillen in diese hinein. Ist er dünner oder besteht er sogar bloß aus einer Primitivfibrille, so kann er zwar auch oft zur Vermittlung ähnlicher Anastomosen dienen, aber ebenso gut bereits an die Muskelfasern herantreten und Primitivfibrillen an diese abgeben

---

<sup>1</sup> Mit dem Präparat ist bei der Demonstration in Leiden ein kleines Unglück passirt, indem Jemand mit dem Objectiv etwas an das Deckglas gedrückt hat, wodurch die mit der Zeit sehr weich gewordene und nicht mehr elastische Membran, in welcher der Verlauf der Primitivfibrillen hat gezeigt werden sollen, gequetscht wurde, Nerven und Muskelfasern zum Theil eine etwas unnatürliche Lage annahmen und manche Nerven durchrissen. Obwohl also dadurch viele im Leben vorhandene Verbindungen unterbrochen wurden, so können die gebliebenen an Beweiskraft nicht verloren haben, da ja künstliche nicht entstehen konnten. Leider habe ich die genauen Zeichnungen vom Präparat erst nach diesem Unfall verfertigt, und desshalb differirt zum Beispiel der Winkel, unter dem die kleinen Seitenäste in Fig. 10 und 11 Taf. 28 abgehen, mehr als normal vom rechten.

(Taf. 32 Fig. 3). (Auch in Fig. 10 und 11 auf Taf. 28 ist *pf I* eine solche Primitivfibrille. In Fig. 10 ist die Muskelfaser bei *m* angedeutet, in Fig. 11 ist die Fibrille nicht bis zur etwas entfernt liegenden Muskelfaser verfolgt.)

In einen und denselben Seitenast können sowohl von diesseits (etwa aus caudaler Richtung kommend), als auch von jenseits der Austrittsstelle (etwa aus rostraler Richtung kommend) Primitivfibrillen einbiegen (wie dies sowohl in Fig. 10 als auch in Fig. 11 bei \* der Fall ist).

Die Primitivfibrillen haben überall einen mehr oder weniger welligen Verlauf, ausgenommen wenn man den Nerv in einem gedehnten Zustand (einerlei ob die Dehnung auf physiologischem Wege oder künstlich hervorgerufen wurde) fixirt hatte, in welchem Falle sie schnurgerade, wie mit dem Lineal gezogen, erscheinen können. Beide Arten des Verlaufes sind normale Anpassungen der nicht dehnbaren und nicht elastischen leitenden Primitivfibrillen an die Formveränderungen des Körpers; ich kann sie in den Nerven sehr verschiedener Thiere (*Hirudineen*, *Lumbricus*, *Helix*, *Astacus*, *Lophius*, *Triton*, *Rana* u. A.) zeigen, und zwar sind die möglichen Unterschiede um so größer, je mehr die Körperform durch Contractionen verändert werden kann.

Der wellige Verlauf der Primitivfibrillen ist in Fig. 10 u. 11 Taf. 28 keineswegs übertrieben, sondern in Fig. 10 meist ganz genau mit dem Zeichenapparat verfolgt; in Fig. 11 erlaubte ich mir im Interesse der Deutlichkeit anderer Verhältnisse einige geringe Änderungen des Verlaufes. Dass dieser Verlauf auch dem natürlichen Zustand entspricht und nicht durch Zusammenschnurren der Fibrillen entstanden sein kann, soll noch weiter unten gezeigt werden.

Die leitenden Primitivfibrillen selbst sind in dem vergoldeten Darmpräparat von *Pontobdella* sehr dunkel schwarzpurpurn (*atropurpureus* SACCARDO) und sind im Nerv in eine sehr helle lilafarbige (*lilacinus* SACCARDO) Interfibrillärsubstanz eingebettet oder, wo sie im Gewebe isolirt verlaufen, von einem solchen perifibrillären Mantel umgeben (*pf II* in Fig. 10 und 11 Taf. 28). An den Rissenden der Nerven stehen sie im Präparat starr, wie die Drahtfäden einer abgerissenen electrischen Leitungsschnur aus den sie einhüllenden Substanzen, hervor. Sie selbst sind in der Regel vollkommen glatt und von homogenem Aussehen.

Varicositäten können auf zwei Wegen entstehen. Entweder bildet sie bloß die Inter-, beziehungsweise Perifibrillärsubstanz,

indem sie bei gewissen Methoden, so u. A. auch bei der Methylenblaumethode (Taf. 26 Fig. 2 u. 3, Taf. 27 Fig. 1, Taf. 25 Fig. 1, 6 u. 7) meist unregelmäßige Quellungen und Schrumpfungen erfährt, oder sie entstehen durch locales Voneinanderweichen der in der Primitivfibrille vereinigten Elementarfibrillen.

Auch bei einer vollkommen gelungenen Methylenblautinction nach mir (s. meine »Erfahrungen in der Behandlung des Nervensystems für histologische Zwecke: I. Methylenblau« in: Zeit. Wiss. Mikr. 9. Bd. 1892. pag. 15—37) kann man die leitenden Primitivfibrillen ganz ohne Varicositäten erhalten, da die Inter- oder Perifibrillärsubstanz vollkommen farblos wird, und bloß die leitenden Primitivfibrillen tingirt erscheinen, und zwar in einer homogenen, dunkel stahlblauen Farbe (etwa *atro-cyaneus* SACCARDO). So stellt sie Fig. 8 auf Taf. 24 im mäßig contrahirten Connectiv von *Hirudo*, in einem optischen Längsschnitt, welcher auch den FAIVRE'schen Mediannerven *nF* traf, dar. Die Zeichnung wurde gleich nach dem Verfertigen des Präparates (bereits vor mehr als vier Jahren) bei 1000-facher Vergrößerung mit dem ABBE'schen Zeichenapparat gemacht, und der Verlauf der einzelnen Primitivfibrillen aufs genaueste verfolgt. Leider ist das Präparat, welches als Beleg für die Genauigkeit der Zeichnung dienen könnte, seither verblichen; je vollkommener man nämlich die leitenden Primitivfibrillen in einem Methylenblaupräparat färberisch isolirt, um so rascher verbleicht dieses (schon nach einigen Monaten), vielleicht in Folge der übermäßigen Einwirkung des Ammoniaks. Es kann sich aber nach meiner Methode ein Jeder solche herstellen, und ich besitze momentan (im Juli 1896) wieder einige ebenso schöne.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass wir hier, ebenso wie in Fig. 10 Taf. 28 (und anderen), Primitivfibrillen, und nicht bloß dünne Nerven, welche zu einem größeren Nervenstamm vereinigt wären, vor uns haben; viele sind ja kaum ein Zehntel, manche, besonders in Fig. 8 Taf. 24, nicht mehr als ein Zwanzigstel Mikron dick, wie aus den Zeichnungen ersichtlich, in welchen die Dicke der Primitivfibrillen genau so, wie sie im mikroskopischen Bild — in Fig. 8 Taf. 24 bei 1000-, in Fig. 10 Taf. 28 bei 500facher Vergrößerung — erschien, wiedergegeben ist<sup>1</sup>. Allerdings zeigen bei jener Methylenblautinction manche dickere Primitivfibrillen (so *mpfI* in Fig. 8

<sup>1</sup> In der Lithographie sind die dünnsten Primitivfibrillen von Fig. 8 Taf. 24 bedeutend dicker herausgekommen, als sie in der Zeichnung angegeben waren.

Taf. 24) eine Andeutung davon, dass sie selbst aus einer Anzahl von noch dünneren Elementen zusammengesetzt sind, was übrigens nur meine Auffassung bestätigt, dass jede Primitivfibrille mit Ausnahme der allerdünnsten aus mehreren eng verkitteten Elementarfibrillen besteht.

So fest sind indessen die Elementarfibrillen mit einander nicht verbunden, dass sie im Verlaufe einer Primitivfibrille, wahrscheinlich auch physiologisch, nicht stellenweise aus einander weichen könnten. In dieser Weise entsteht eben, wie gesagt, die zweite Art von Variositäten. Wenn sich ein Nerv (wie z. B. die Connective von *Hirudo* oder *Aulastoma*, falls sich das Thier zusammenzieht, oder gelegentlich und zum Theil die queren Nervenstämmе, falls sich das Thier sehr streckt) stark contrahirt, so verlaufen die Primitivfibrillen darin nicht nur sehr stark gewunden, sondern sie spalten sich auch stellenweise in zwei oder mehr Schenkel, die sich gleich wieder zur einheitlichen Primitivfibrille vereinigen. Solche Stellen sind z. B. in Fig. 3 Taf. 23 im Connectiv eines *Aulastoma* abgebildet. Das Thier hat sich, besonders seinen Vorderkörper, im Sublimat, womit es in toto fixirt wurde, ziemlich stark contrahirt; dabei contrahirte sich u. A. auch das Connectiv zwischen dem VIII. und IX. Bauchganglion (s. die topographischen Skizzen in Fig. 5 u. 6 Taf. 23). Seine eigene, durch die Muskelfasern und das elastische Bindegewebe seiner Hülle sowohl als auch durch die Elasticität seines Gliagewebes (s. Taf. 23 Fig. 3 u. 4, *com* Muskelfaser, *bg* Bindegewebe der Hülle, *glg* Gliagewebe) und der Inter- und Perifibrillärs substanz bedingte Verkürzung entsprach diesmal der Contraction des Somites nicht, sondern es hat auch passiv, in Folge der Contraction der Körpermuskulatur, einen etwas ungeraden Verlauf angenommen.

Das Präparat, nach welchem Fig. 3 (und auch 4) gemacht wurde, ist ein Theil einer frontalen Schnittreihe des Vorderkörpers, welcher erst nach dem Fixiren in Sublimat und Härten in Alkohol mit sehr scharfem Rasirmesser vom ganzen Thier abgeschnitten und, mechanisch weiter nicht beschädigt, in Paraffin eingebettet wurde. Dadurch ist also die Möglichkeit eines unnatürlichen Zusammenschnurrens der Primitivfibrillen wohl ausgeschlossen. Die beiden in Fig. 3 allein eingezeichneten Primitivfibrillen *pfI* und *pfII* sind außerordentlich scharf differenzirt, beinahe ganz schwarz tingirt, so dass sie in ihrer ziemlich blassen, größtentheils hell weinrothen (vinosus SACCARDO) Umgebung verhältnismäßig leicht bei einer 1500fachen Vergrößerung mit dem ABBE'schen Zeichenapparat aufs genaueste verfolgt werden konnten.

Dieselbe Erscheinung ist in Fig. 3 und 4 auf Taf. 24 an einer motorischen Primitivfibrille (*pfI*) im vorderen rechten queren Nervenstamm eines *Hirudo*-Somits (Mittelkörper) abgebildet. (Die Topographie der betreffenden Stelle *vsr*, *mns*\* ist aus Fig. 2 Taf. 24 ersichtlich.) Solche Stellen liefern auch dafür einen Beweis mehr, dass die Primitivfibrillen präformirt existiren und nicht etwa erst post mortem oder sogar in Folge der Behandlung auftreten. Nie findet man dieses Voneinanderweichen der Elementarfibrillen an Primitivfibrillen, welche weniger gewunden (z. B. die in Fig. 9 u. 10 Taf. 24 von *Lumbricus*, in Fig. 3 u. 4 Taf. 29 und 1 u. 2 Taf. 30 von *Pseudobranchellion*, in Fig. 3 Taf. 30 und Fig. 5 Taf. 31 von *Hirudo*) oder gestreckt verlaufen (Fig. 1 Taf. 23 und Fig. 7 Taf. 24 bei *Hirudo*). Sobald nun die Primitivfibrillen nicht so scharf wie hier differenziert sind, sondern auch die Interfibrillärs substanz mehr oder weniger mitgefärbt ist, wie bei der gewöhnlichen Methylenblautinction, müssen ähnliche Stellen ebenfalls in Form von Varicositäten erscheinen.

Die leitenden Primitivfibrillen bleiben in ihrem ganzen Verlauf gleich dick, falls oder bis sie keine Primitivfibrillen niedrigerer Ordnung als Äste abgeben. Letztere entspringen an der Peripherie und außerhalb der Zellen, die die Primitivfibrille gelegentlich unter Auffassung und Wiedervereinigung, wie noch gezeigt werden soll, durchsetzt, beinahe immer rechtwinkelig<sup>1</sup> (Taf. 28 Fig. 11 *zpf*). Nach wiederholter Verästelung kann endlich (meist schon in der innervirten oder bloß durchsetzten Zelle) die Primitivfibrille niedrigster Ordnung, die Elementarfibrille, übrig bleiben. Indessen ist auch die Stärke der unverästelten Primitivfibrillen unter einander bei demselben Thier, auch wenn sie gleiche physiologische Rollen spielen, wie es z. B. in Taf. 28 Fig. 10 oder in Taf. 24 Fig. 8 (an den Fibrillen, welche im FAIVRE'schen Nerven *nF* eingezeichnet sind und alle den Eindruck von motorischen machen, s. w. u.) deutlich zu sehen ist, sehr verschieden; aber es kann doch ein gewisser Zusammenhang zwischen der Stärke der Primitivfibrille und ihrer physiologischen Rolle nachgewiesen werden.

Ich besitze und demonstirte schon oft auch eine Reihe von anderen Präparaten, welche beweisen, dass die Primitivfibrillen auch bei verschiedenen anderen wirbellosen Thieren und nach verschiedenen anderen Methoden ebenso deutlich und mit denselben Eigen-

<sup>1</sup> T-förmig und Y-förmig scheinen die einzig vorkommenden Arten der Verästelung der leitenden Bahnen überhaupt bei Wirbellosen zu sein.

schaften, wie in der in bestimmter Weise frisch vergoldeten Darmwand von *Pontobdella* und in dem mit Methylenblau tingirten Connectiv von *Hirudo*, darzustellen sind. Außerdem giebt es auch gewisse Macerationsmethoden, welche gestatten, Primitivfibrillen sogar mechanisch zu isoliren, und zwar aus gedehnten Nerven in Form von glasartig homogenen runden Stäbchen. Diese Thatsache habe ich bereits bei einer anderen Gelegenheit genügend aus einander gesetzt (im pag. 510 citirten Artikel »Contractile und leitende Primitivfibrillen« pag. 369 Fig. 8 B, C, D).

Die allerschönsten Präparate liefert die Vergoldung der bereits auf dem Objectträger (am besten durch Capillarattraction) befestigten Schnitte des mit Sublimat in der weiter unten anzugebenden Weise fixirten Objectes (Nachvergoldung). Als letzteres erwies sich neben anderen Hirudineen *Hirudo* und *Aulastoma* und von Oligochäten *Lumbricus* bisher als am günstigsten beschaffen. Für gewisse Verhältnisse gab auch *Anodonta* ausgezeichnete Resultate. Diese Methode ist deshalb unvergleichlich besser als alle bisherigen, weil sie die Beziehungen der sehr scharf differenzirten leitenden Primitivfibrillen auch innerhalb der Zellen, mit welchen sie sich verbinden, aufs deutlichste in Schnitten verfolgen lässt. In dieser Hinsicht stütze ich mich daher in erster Linie auf solche Präparate und ziehe Methylenblaupräparate bloß zur Controlle herbei.

Indessen kann ich schon bei mehreren Objecten (z. B. *Pseudobranchellion*, *Branchellion*, *Clepsine*, *Lumbricus*, *Helix*) auch nach Tinction mit meiner Hämateinlösung I.A einen großen Theil der nach meiner Goldchlorid-Ameisensäuremethode darstellbaren Verhältnisse demonstriren, so besonders die stärkeren (motorischen und gewisse sensorische) leitenden Primitivfibrillen und ihren Verlauf in den Ganglien (Taf. 29 Fig. 3 und 4), den Connectiven, den peripherischen Nerven (Taf. 30 Fig. 1 u. 2 *sb*), ja sogar in den subepidermalen Sinneszellen (Taf. 31 Fig. 9) und im Auge (Taf. 30 Fig. 1 u. 2).

Das Bild der Nervenstämme und der Connective von Hirudineen erinnert in diesen Hämateinpräparaten (Schnittreihen aus dem in toto gefärbten Object, s. weiter unten) oft auffallend an die Methylenblaubilder, falls in diesen die färberische Isolirung der leitenden Primitivfibrillen vollkommen gelungen ist, wie in dem in Fig. 8 Taf. 24 abgebildeten Präparat. Die leitenden Primitivfibrillen erscheinen ebenfalls stahlblau auf einem beinahe farblosen Grunde, welcher indessen natürlich nicht, wie bei der Methylenblau-Ammoniumpikrat-Tinction, gelblich ist, sondern mehr oder weniger grau-

blau angehaucht sein kann. Meist sind aber die Primitivfibrillen, besonders die stärkeren, viel dunkler gefärbt als in diesen Methylenblaupräparaten, nämlich beinahe ganz schwarz. Und ist eine solche der Tinction überhaupt zugänglich gewesen, so ist sie, so weit man sie in der Schnittrreihe nur verfolgen kann, was oft auf überraschend lange Strecken möglich ist, ununterbrochen und ganz gleichmäßig gefärbt, angefangen von der centralen Ganglienzelle, wo sie ein- oder austritt, bis in die Sinneszellen der Peripherie, z. B. in die zerstreuten subepidermalen Sinneszellen (Taf. 31 Fig. 9) oder in die der Augen hinein (Taf. 30 Fig. 1 und 2). Dagegen ist es bei Methylenblaupräparaten, besonders wenn sie nicht nach meiner Methode hergestellt sind, wie Jedermann weiß, sehr oft der Fall, dass die Tinction einer leitenden Bahn streckenweise ganz ausbleibt, oder bloß eine unvollkommene Imprägnirung von ihr in Form von eingelagerten Körnchen stattfindet.

Da es nach den erwähnten Methoden mir zuerst gelungen ist, in der leitenden Substanz von Wirbellosen die leitenden Primitivfibrillen und die Inter-, respective Perifibrillarsubstanz zu differenzieren, so bin ich auch zuerst in die Lage gekommen, nicht nur einen fibrillären Bau der Nerven, sondern auch die Continuirlichkeit der leitenden Primitivfibrillen nachweisen zu können. Bei Wirbelthieren, wo ja der fibrilläre Bau bereits durch KUPFFER sehr schön demonstriert wurde, erschweren, wie Eingangs schon erwähnt, einerseits die Fixirungsmethoden, welche bei ihnen die leitenden Primitivfibrillen am besten erhalten, die Verfolgung derselben in hohem Grade, andererseits sind diese für das detaillirte Studium an und für sich ziemlich ungünstig, da sie um sehr Vieles dünner als die der von mir untersuchten Wirbellosen sind. Um von den GOLGI'schen Präparaten gar nicht zu reden, da ja solche überhaupt keinen Einblick in die feinere histologische Beschaffenheit des Nervensystems zulassen, so erschienen z. B. auch bei Wirbellosen die kleineren Nerven, meist auch die größeren (wie die Fasern, welche in der Darmwand von *Pontobdella* die Quermuskeln kreuzen), sogar in den Goldchloridpräparaten der früheren Forscher als gleichmäßig gefärbte, mehr oder weniger dunkel weinrothe (vinosus SACCARDO) bis schwarze Fasern, wie die Achsencylinder in den Wirbelthiernerven, in denen höchstens eine vage Streifung angedeutet war (s. Taf. 32 Fig. 1 und 2).

Nun kann ich die Individualität und die Continuirlichkeit der leitenden Primitivfibrillen nicht nur an Flächenpräparaten mit Gold-

chlorid und Methylenblau, sondern auch in Schnittserien von verschiedener Richtung bei *Hirudo*, *Pseudobranchellion* und *Lumbricus* nach Goldchlorid- und Hämateinfärbung (Hämateinlösung I.A) ebenso gut demonstrieren. Sie sind einzeln deutlich zu verfolgen in den peripherischen Nerven, in den Nervenstämmen, in den Connectiven, in den Ganglien, in den Ganglienzellen, den Muskelzellen und Sinneszellen etc. Schon in einem  $10\ \mu$  dicken Schnitt sind lange Strecken von ihnen enthalten und nachweisbar, und durch Vergleich der benachbarten Schnitte ist in günstigen Fällen ihr ganzer Verlauf darzustellen. Am vorteilhaftesten sind in dieser Beziehung Frontalserien.

In Fig. 3 u. 4 Taf. 29 ist von der Primitivfibrille *pf I* des Schlundringes in einem allerdings  $20\ \mu$  dicken (sagittalen) Schnitt vom Kopfe von *Pseudobranchellion* noch nicht einmal die ganze Strecke dargestellt, welche in der Schnittdicke enthalten war und mit dem Zeichenapparat genau verfolgt werden konnte. Die Zeichnung der Primitivfibrille *pf I* ist in Fig. 3 wegen Mangel an Raum im Gesichtsfelde (einer 600fachen Vergrößerung) bei \* unterbrochen. In Fig. 4 ist sie bei \* fortgesetzt und bei \*\* aus demselben Grunde wieder unterbrochen. In Fig. 2, wo die betreffenden Punkte mit \* und \*\* ebenfalls bezeichnet sind, sieht man schon bei einer 150fachen Vergrößerung, dass sich die Primitivfibrille *pf I*, welche in Folge der isolirenden Färbung in der centralen Fasermasse nebst mehreren anderen schon sehr gut mit dem Auge, nur mit dem Zeichenapparat weniger genau, zu verfolgen ist, noch um eine Strecke weiter im Schnitte befindet. Sie kommt vom fünften Ganglion des hier ebenso, wie bei allen anderen eigentlichen Hirudineen aus sechs Ganglien<sup>1</sup> entstandenen (demnach 36 Ganglienzellenpackete zählenden) Schlundringes und verlässt diesen durch den rechten ersten Nervenstamm, welcher, parallel der Medianlinie, nach vorn gerichtet ist.

Was die leitenden Primitivfibrillen bei Wirbelthieren anbelangt, so habe ich sie am schönsten dargestellt a) im Ischiadicus von *Rana* nach Osmiumfixirung und Färbung mit Säurefuchsin (nach KUPFFER) und noch besser mit Hämateinlösung I.A; b) in den Spinalnerven von *Triton* nach Fixirung mit ZENKER'scher Flüssigkeit (Durch-

<sup>1</sup> Bei *Pseudobranchellion*, und ebenso auch bei *Branchellion*, ist das VII. Ganglion in Folge von starker Verkürzung (richtiger Ausbleiben des Längenwachstums) der Connective sehr nahe an die Schlundringgruppe gerückt und ist von dieser äußerlich nur durch eine ganz geringe Einschnürung der centralen Fasermasse, welche den verkürzten Connectiven entspricht, getrennt.

spülen des Gefäßsystems des ganzen Thieres mit der Fixirflüssigkeit, weiterer Einwirkung derselben drei Wochen lang nach Zerstückelung des Objectes, und Dreifachfärbung mit meiner Hämateinlösung I, Rubin und Ammoniumpikrat; c) in den Spinalnerven von *Lophius* nach Sublimatfixirung und Goldchlorid- oder Hämateinfärbung; d) in der Rückenmark und auch in den Ganglienzellen der letzteren beiden Objecte.

b. Die Nervenstämme von *Hirudo*. Die Stütz- und Hüllvorrichtungen der Nerven und Ganglien.

Um zu sehen, wie die bekannten Bestandtheile eines Wirbelthier-nerven (Achsencylinder, Myelinscheide, SCHWANN'sche Scheide etc.) denen des Nerven eines Wirbellosen entsprechen, vergleiche man die Fig. 7—10 Taf. 23 und 3—6 Taf. 24 mit Fig. 5 und 6 Taf. 27: man betrachte einerseits Quer- und Längsschnittbilder der Nervenstämme von *Hirudo* nach Goldchlorid-Ameisensäuretinction der Schnittserie und andererseits Quer- und Längsschnitte der motorischen und sensorischen Wurzeln von Spinalnerven bei *Lophius* (unweit vom Rückenmark) nach Fixirung mit Pikrinsublimat und Hämatein- oder Goldtinction, und dann verfolge man in den Schnittserien das Verhalten der verschiedenen Bestandtheile der betreffenden Nerven bei ihrem Eintritt in das Bauchganglion, beziehungsweise in das Rückenmark.

Fig. 5 auf Taf. 24 stellt den Querschnitt eines gemischten Nervenstammes, des vorderen queren Nervenstammes des Mittelkörper-Somits, bei *Hirudo* in einer gewissen Entfernung vom Ganglion, aber noch vor der ersten Verästelung dar; Fig. 7 Taf. 23 ist der Querschnitt desselben Nervenstammes bei einem anderen Thier nach Abgabe von zwei kleinen Zweigen und eines großen, mehr rostrad und dorsolaterad gerichteten Astes. Die Lage dieses Astes ist in der topographischen Skizze Fig. 1 Taf. 29 (*avns*) angegeben; er nimmt von den motorischen Fasern *mnf* des Stammes nur einen kleinen Theil, von den sensorischen Bündeln *sb* dagegen, wie ich diese Art von Nervenfasern nenne, mehr als die Hälfte mit. Dieses Verhältnis wäre, selbst wenn man die Verzweigung des Nerven in der Schnittreihe nicht direct verfolgen könnte, schon durch den Vergleich der Zahl der verschiedenartigen Bestandtheile in den Querschnitten Fig. 7 Taf. 29 und Fig. 5 Taf. 24 zu konstatiren, da, wie noch gezeigt werden soll, entsprechende Nervenstämme in den verschiedenen Somiten des Mittelkörpers bei verschiedenen Individuen in derselben Entfernung vom Ganglion ziemlich dieselbe Anzahl der einzelnen Arten von

Nervenfasern enthalten, und je mehr sie sich vom Ganglion entfernen, eine um so größere Anzahl von durch Gliashüllen deutlich getrennten Nervenfasern ist in ihrem Querschnitte zu unterscheiden.

Beide Nervenstämme sind stark, aber nicht über das Physiologische (da sie ja in natürlicher Lage, sammt dem ganzen Körper fixirt wurden) contrahirt gewesen. Demnach erscheint im Durchschnitte eine und dieselbe Primitivfibrille in dem  $10 \mu$  (Taf. 24 Fig. 5, oder  $5 \mu$  (Taf. 23 Fig. 7) dicken Schnitt je nach der Einstellung bald als ein außerordentlich scharf gezeichneter schwarzer Punkt, bald komma- oder hufeisenförmig, und ihr Bild bewegt sich beim Heben und Senken der Mikroskopröhre in Schraubengewindungen, welche besonders bei den starken (motorischen) Primitivfibrillen sehr deutlich sind. Vergleicht man mit dem Querschnitt das Bild, welches dieselben Primitivfibrillen (in manchen Präparaten von mir kann man dieselben Individuen von Primitivfibrillen aus dem Querschnitt des Nerven in die paratangential, längs getroffene Strecke desselben verfolgen) im Längsschnitt zeigen (Taf. 24 Fig. 3, 4, 6), wo einzelne hier und da sogar schlingenförmige Windungen (Taf. 24 Fig. 6 *mpf I*) zu beschreiben scheinen, so überzeugt man sich noch mehr davon, dass der Verlauf der leitenden Primitivfibrillen eigentlich nicht als wellig, sondern als spiralg zu bezeichnen ist. Je mehr der Nerv im Leben gedehnt wird, um so steiler ist die Spirale, bis sie im stark gedehnten Nerv zu einer schnurgeraden Linie geworden ist. So sind z. B. in der Schnittreihe, nach welcher die Fig. 1 Taf. 23 und 1—7 Taf. 24 gezeichnet sind, die meisten Primitivfibrillen in den Connectiven, da das Thier im gestreckten Zustand fixirt wurde. Besonders das in Fig. 1 Taf. 23 und Fig. 7 Taf. 24 in zwei verschiedenen Schnitten gezeichnete Connectiv von *Hirudo* befand sich in einer der maximalen physiologischen entsprechenden Dehnung; und deshalb ist ein Vergleich namentlich von Fig. 1 mit Fig. 3 auf Taf. 23 besonders lehrreich. Letztere Figur ist nämlich, wie erwähnt, eine Darstellung der leitenden Primitivfibrillen im contrahirten Connectiv eines ziemlich stark zusammengezogenen *Aulastoma*.

In den erwähnten Nervenquerschnitten (Taf. 23 Fig. 7 u. Taf. 24 Fig. 5) unterscheidet man dreierlei Primitivfibrillen: die erste Art ist der Schwärzung beim Nachvergoldnen besonders zugänglich, sie erscheint auch in sonst weniger gut gelungenen Präparaten sehr deutlich differenzirt. Etwas weniger leicht zu differenziren sind die Primitivfibrillen der zweiten Art; aber sehr oft sind auch diese ganz schwarz und außerordentlich deutlich, wo die der dritten Art meist bloß

mehr oder weniger dunkel blaubraun (lividus SACCARDO) geworden sind. Nichtsdestoweniger sind sie aber auch in diesem Fall ganz sicher als Neurofibrillen zu erkennen, besonders im Längsschnitt des Nerven, wie z. B. in der weiter ganglionwärts längs getroffenen Strecke des Nerven, dessen Querschnitt in Fig. 5 Taf. 24 abgebildet ist, zumal da einzelne von ihnen eine ebenso starke Schwärzung, wie die zwei anderen Arten aufzuweisen pflegen. Befindet sich dagegen das Material, aus dem die zu tingierende Schnittreihe gemacht wurde, in einem für das Gelingen der Reaction besonders günstigen Zustande (s. unten bei »Nachvergoldung: Specielles«), und lässt man die Reduction bei directem Sonnenlicht, welches jedoch das Ameisensäurewasser nicht über das Optimum für die Reaction erwärmt, vor sich gehen, so werden auch diese Primitivfibrillen alle ganz schwarz. Dann ist aber ein äußerst feiner stahlblauer Niederschlag hier und da in gewissen Gewebeelementen, also eine partielle Imprägnirung neben der Tinction, schwer zu vermeiden. Doch wird man Körnchen der imprägnirten Stellen nie mit Querschnittsbildern von Neurofibrillen verwechseln können.

Die erste Art der stark differenzirten Primitivfibrillen *mpf* ist sehr (in den abgebildeten Präparaten bis zu  $\frac{1}{2}$ , ja sogar  $\frac{2}{3}$   $\mu$ ) dick und auch desshalb am meisten auffällig. Gewöhnlich ist jede einzelne, gelegentlich 2 oder 3, seltener mehrere in einen besonderen perifibrillären Mantel eingehüllt, der im contrahirten Nerv viel dicker ist, als im gestreckten, wogegen die Primitivfibrille selbst in allen Dehnungszuständen des Nerven gleich dick zu bleiben scheint. Im Querschnittbild ist also die im gestreckten Nerv immer punktförmige, im contrahirten komma-, hufeisen-, ja sogar schlingenförmige starke Primitivfibrille von einem mehr oder weniger rundlichen, farblosen, höchstens hell rosafarbigem Hof umgeben.

Aus der Thatsache indessen, dass im Querschnitt des nicht gestreckten Nerven bei einer gewissen Einstellung zwei oder mehr schwarze Punkte innerhalb eines Hofes sichtbar sind, lässt sich natürlich noch nicht ohne Weiteres folgern, dass dort zwei oder mehr Primitivfibrillen neben einander verlaufen. Die Einstellungsebene kann eine und dieselbe Primitivfibrille, falls sie einen etwas stärker gewundenen Verlauf hat, an mehreren Punkten schneiden. Dass Letzteres der Fall ist, davon kann man sich nur dann einfach durch Heben und Senken des Tubus überzeugen, wenn die ganze Windung oder wenigstens eine Umbiegungsstelle der Fibrille innerhalb der Schnittdicke enthalten ist, sonst muss man die Entscheidung durch

den Vergleich mit dem benachbarten Schnitt suchen. In dem  $5 \mu$  dicken Schnitte, nach welchem Fig. 9 *A* und *B* Taf. 23 gezeichnet sind, war Ersteres möglich. *A* ist das Bild des Querschnittes von einem kleinen, wahrscheinlich aus lauter sensorischen Bündeln (s. w. u.) bestehenden Nerven, *B* dasselbe  $4 \mu$  tiefer als bei *A*. Die Primitivfibrille *pf* in der Nervenfaser *snf*(*sb*) 1 ist in *A* bloß durch einen Punkt, in *B* durch drei Punkte vertreten. (Es handelt sich um eine in sensorischen Bündeln *sb* zwischen den viel dünneren nur vereinzelt und seltener vorkommende starke Primitivfibrille.) Gelegentlich kann aber auch eine solche Strecke der Primitivfibrille in die Schnittdicke fallen, wo sie sich gerade spaltet, entweder um sich, wie gezeigt wurde (s. Fig. 3 Taf. 23 und Fig. 3, 4 Taf. 24), nach kurzer Strecke wieder zu vereinigen, oder um sich ohne Wiedervereinigung dichotomisch zu verzweigen. Eine stärkere Primitivfibrille kann sich nämlich innerhalb der Nervenfaser, auch ohne dass sich letztere selbst verzweigt, sowohl in centripetaler als auch in centrifugaler Richtung wiederholt, meist unter sehr spitzem Winkel, dichotomisch verästeln, und die Äste verlaufen nachher parallel mit einander in der nun mehrere, noch immer starke Primitivfibrillen enthaltenden Nervenfaser. Andererseits kann eine solche (z. B. die noch unverästelte Nervenspindel, s. w. u.) von Hause aus mehrere besitzen, ohne zu dem Typus der sensorischen Bündel zu gehören, welche stets eine größere Anzahl viel dünnerer Primitivfibrillen in sich vereinigen.

Der perifibrilläre Hof um die starken, mit *mpf* bezeichneten Primitivfibrillen ist nach außen von einer je nach der verschiedenen Contraction des Nerven verschieden dicken Linie begrenzt, welche stets eine von der der Substanz des Hofes verschiedene Farbenreaction zeigt. Durch Nachvergoldung wird sie dunkel fleischfarbig (*incarnatus* SACCARDO) und bildet eine sehr deutliche, besondere äußere Scheide für jede Primitivfibrille dieser Art. Im Längsschnitt verlaufen die Durchschnittslinien der Hüllen parallel mit der Richtung des ganzen Nervenstammes, also vollkommen gerade und parallel mit einander, wenn der Nerv gerade liegt, wobei die umhüllten Primitivfibrillen selbst doch noch sehr gewunden sein können. Die Windungen der letzteren finden also immer innerhalb der geraden oder wenigstens nie den Windungen der Primitivfibrille folgenden Scheide Platz (Fig. 6, 10 und 3, 4 Taf. 24), welche sich den Fibrillen im gedehnten Nerv viel enger anlegt, als im contrahirten. Im sehr stark contrahirten Nerv kann übrigens die Scheide quere Einschnürungen zeigen (Fig. 3, 4 Taf. 24), die sich gelegentlich dicht hinter

einander befinden und so neben einer anderen, später zu besprechenden auch eine Art Querstreifung verursachen, aber nie tief gehen.

Die eben geschilderten Primitivfibrillen können in den erwähnten Schnittreihen leicht in das Ganglion zurück verfolgt werden. In der Fasermasse des Ganglions sieht man einen Theil von ihnen caudad oder rostrad umbiegen, die Fasermasse in derselben Hälfte, wo sie eingetreten, oder nachdem sie in die andere hinübergewandert sind, der Länge nach durchsetzen und sich in das betreffende Connectiv hineinbegeben (richtiger von dort kommen). Gelegentlich spaltet sich eine bereits in das Ganglion eingetretene, aber noch einheitliche Primitivfibrille in mehrere Schenkel, die dann verschiedene Richtungen einschlagen. Das heißt, um nach meiner Auffassung physiologisch (wenn nicht auch histogenetisch) ganz richtig zu sprechen: es vereinigen sich von verschiedener Richtung kommende Primitivfibrillen zu einer einheitlichen, dickeren Primitivfibrille, bevor diese aus der centralen Fasermasse des Ganglions in einen queren Nervenstamm eintritt. So vereinigen sich z. B. in Fig. 4 Taf. 25 die Primitivfibrille *pf Ia*, welche aus dem rechten Connectiv vor dem Ganglion kommt, und Primitivfibrille *pf Ib*, welche aus dem Connectiv derselben Seite hinter dem Ganglion her zu verfolgen ist, zur Primitivfibrille *pf I*, welche in den rechten hinteren Nervenstamm *hwr* eintritt. (Keine von ihnen verläuft wellig, da das Thier, wie gesagt, in gestrecktem Zustande fixirt wurde, wesshalb die Primitivfibrillen im Connectiv einen geraden Verlauf besitzen: s. Fig. 1 Taf. 23). Einige wenige von den starken Primitivfibrillen gehen mit einem kleinen Bogen in der Fasermasse, eventuell ganz nahe zu deren Seitenfläche, in den anderen Nervenstamm derselben Seite über. Eine weit größere Anzahl lässt sich direct in je eine Ganglienzelle verfolgen, das heißt sie kommen, in physiologischem Sinne, wenn auch nicht in histogenetischer Beziehung, von einer solchen.

Leicht zu constatiren ist diese Thatsache sowohl bei Hirudineen als auch bei *Lumbricus*. Bei *Hirudo* stellt sie Fig. 5 Taf. 25, bei *Lumbricus* Fig. 8 und 9 Taf. 28 dar.

Die in Fig. 5 Taf. 25 angedeutete Ganglienzelle entspricht der in Fig. 2 Taf. 31 nach einem Methylenblaupräparat, wo die leitenden Primitivfibrillen nicht besonders differenzirt waren, dargestellten Zelle. (Auf diesen Typus von Ganglienzellen kommen wir noch zu sprechen.) Ganz genau ihr Gegenstück befindet sich aber auf der linken Seite des Ganglions in derselben Schnittreihe. Beide sind gleich groß, gehören zu den größeren Ganglienzellen und liegen in der Aus-

buchtung, welche von der entsprechenden Grenzlinie des vorderen und hinteren Nervenstammes und der seitlichen Grenzlinie der centralen Fasermasse des Ganglions gebildet wird. Sie sind näher zum vorderen Nervenstamm und richten ihren Fortsatz gegen diesen und die centrale Fasermasse. Im Fortsatz von beiden sind je zwei sehr starke, eine etwa halb so dicke und eine größere Anzahl mehr peripherisch gelagerter sehr dünner Primitivfibrillen. Eine dicke Primitivfibrille *mpf* biegt, an der Nervenwurzel angelangt, rasch in den Nerven ein und ist darin noch weiter zu verfolgen. Die andere dicke Primitivfibrille *pf* (?) begiebt sich dagegen in die centrale Fasermasse. Die dritte, halb so dicke von der rechten (abgebildeten) Ganglienzelle *mpf* (?) lässt sich ebenso wie *mpf*, mit der sie ziemlich parallel verläuft, in den Nervenstamm hinein verfolgen. Dagegen begiebt sich die ähnliche Primitivfibrille der (nicht abgebildeten) Ganglienzelle auf der linken Seite nicht in den Nervenstamm, sondern in die centrale Fasermasse, wo sie sich einem paralateralen sensorischen Bündel (s. w. u.) hinzugesellt. Offenbar ist hier in beiden Zellen je eine Primitivfibrille, deren Äquivalent auf der anderen Seite sichtbar ist, aus irgend einem Grunde undifferenziert geblieben, denn vorhanden sind sie ganz gewiss. Das Centralnervensystem von *Hirudo* ist nämlich bis auf die geringsten Einzelheiten symmetrisch gebaut, wie z. B. schon aus der mit photographischer Genauigkeit gezeichneten Fig. 1 Taf. 26 ersichtlich ist<sup>1</sup>.

In der Achse des Fortsatzes<sup>2</sup> von solchen birnförmigen Ganglienzellen der Hirudineen befindet sich indessen meist nur je eine starke Primitivfibrille von der in Rede stehenden Sorte, wie es z. B. in Fig. 7 Taf. 28 bei *Hirudo* schön zu sehen ist. Dagegen strebt an der Peripherie des Fortsatzes eine größere Anzahl viel feinerer Primitivfibrillen dem Körper der Ganglienzelle zu. Wie letztere Primitivfibrillen, die nicht leicht zu differenzieren sind, innerhalb des Zellkörpers der Ganglienzelle in die dicke axiale Primitivfibrille übergehen, will ich später zeigen, vorläufig soll bloß auf die Tatsache aufmerksam gemacht werden, dass, wie gesagt, die starken,

<sup>1</sup> Figuren, welche diese Thatsache auch in Betreff der bloß bei stärkeren Vergrößerungen verfolgbaren Einzelheiten beweisen, will ich, um die Herstellungskosten dieses Aufsatzes nicht auch durch jene zu vermehren, diesmal nicht veröffentlichen. Sie werden in meiner seit lange vorbereiteten Hirudineen-Monographie einen geeigneteren Platz finden.

<sup>2</sup> Ich wiederhole, dass ich von Fortsätzen der Ganglienzellen bloß im anatomischen Sinne spreche, aber diese Gebilde nicht ohne Weiteres auch in physiologischem und histogenetischem Sinne als solche bezeichnen will.

sehr auffallend differenzirten Primitivfibrillen, welche im Nerv einzeln für sich (oder zwei bis drei, selten mehr von ihnen gemeinsam) eine besondere Scheide besitzen, direct von je einer Ganglienzelle kommen. Ähnliche Ganglienzellen des Centralnervensystems können — bei Hirudineen viel seltener, bei *Lumbricus* (siehe Fig. 6 Taf. 26, Fig. 7 Taf. 27, Fig. 8 u. 9 Taf. 28) und anderen Wirbellosen oft — auch anders als birnförmig sein und mehrere Fortsätze besitzen. Von diesen Fortsätzen enthält einer (oder zwei: Fig. 9 Taf. 28) bloß jene starke Primitivfibrille, welche man direct in einen Nerv (oder in ein Connectiv, welches übrigens im Wesentlichen auch ein Nerv wie die übrigen ist) verfolgen kann; die anderen Fortsätze führen viel dünnere Primitivfibrillen, welche sich nach Durchsetzung des Körpers der Ganglienzelle eventuell sämmtlich in der starken Primitivfibrille vereinigen und so die Ganglienzelle verlassen.

Nach der gegenwärtig allgemein angenommenen Auffassung des Nervensystems der Wirbelthiere pflegt man bloß jenen Fortsatz einer Ganglienzelle als motorisch zu bezeichnen, welcher als sogenannter Achsencylinderfortsatz (Nervenfortsatz GERLACH, Neuraxōn oder Axōn KÖLLIKER) direct in einen Nerv zu verfolgen ist und zu dessen Achsencylinder wird. Nach dieser Analogie würden die eben besprochenen dicken, schwarz tingirten Primitivfibrillen je einem motorischen Achsencylinder einer Nervenfasers der Wirbelthiere entsprechen. Da ich indessen auf Grund einer Reihe von Befunden (s. zum Theil weiter unten) meinerseits der Ansicht bin, dass nicht nur motorische, oder überhaupt centrifugal leitende, sondern auch sensorische, oder überhaupt centripetal leitende Primitivfibrillen, und zwar ohne Einschaltung des diffusen Elementargitters, direct in centrale Ganglienzellen zu verfolgen sind, so konnte mir diese Analogie noch keineswegs als genügender Beweis für die motorische Natur der in Rede stehenden Primitivfibrillen erscheinen.

Ich habe nach anderen Beweisen gesucht und einen solchen, wie man ihn sich nicht kräftiger wünschen kann, auch gefunden. Kleinere Nerven, die bloß Primitivfibrillen von dieser Sorte führen, wie z. B. der in Fig. 10 Taf. 23 im Querschnitt abgebildete, verlassen die größeren, noch gemischten Stämme und begeben sich zu Bündeln von Muskelfasern, und ich konnte an Schnitten wiederholt mit voller Deutlichkeit sehen, wie sich weiter einzelne Primitivfibrillen mit ihren Hüllen vom kleinen Nerv trennten, und wie die Primitivfibrille, nach wiederholter Verzweigung in eine Muskelfaser eingedrungen, diese in der später zu beschreibenden Weise innervirte. Auch eine

noch so vollkommen gelungene Goldchlorid-Ameisensäurefärbung vorausgesetzt, kann man gelegentlich eine ganze Menge von Schnitten durch den *Hirudo*-Körper durchmustern, ohne ein einziges solches Bild vor Augen zu bekommen, andererseits stößt man aber hier und da auf Schnitte, in welchen gewisse Muskelbündel auf einmal eine überraschend große Anzahl von Nervenendigungen aufweisen. Die Ursache davon ist, dass größere Gruppen der sehr langen Muskelzellen stets in derselben bestimmten Höhe innervirt werden. So zeigt Fig. 1 Taf. 32 in einem  $15\ \mu$  dicken Querschnitt des Vorderkörpers von *Pontobdella*, welche sich in dieser Beziehung ganz so wie *Hirudo* verhält, an einer sehr beschränkten Stelle (600fache Vergrößerung!) 12 Nervenintritte in longitudinale Muskelfasern; in Fig. 2 sind unter denselben Umständen 8 Nervenintritte in diagonale und circulare Muskelfasern zu sehen. Auf beide Bilder kommen wir später noch zurück. Bei *Hirudo* sind frontale Schnittreihen aus dem Vorderkörper zum Verfolgen der motorischen Primitivfibrillen zu den Muskelfasern am günstigsten. Das Thier muss man in gestrecktem Zustand fixirt haben. Dann sind die geradegestreckten dünnen motorischen Nerven in der den Schlund umgebenden Muskelmasse sehr schön zu verfolgen, und es ist leicht zu sehen, wie einzelne Primitivfibrillen quer abbiegen und sich zu den hier besonders starken Muskelfasern begeben.

Der helle Hof um die Primitivfibrille herum, welcher von dem von mir bei den verschiedensten Wirbellosen (Würmern, Crustaceen, Mollusken) bereits vor 7 Jahren nachgewiesenen Myelin allerdings nur wenig enthält, entspricht der Markscheide. Die äußere, den hellen Hof begrenzende Scheide scheint auf den ersten Blick der SCHWANN'schen Scheide zu entsprechen. Sie begleitet die Primitivfibrille mit ihrem blassen Mantel von Perifibrillärsubstanz ebenso wenig in die centrale Fasermasse des Ganglions hinein, wie die SCHWANN'sche Scheide die Nervenfasern eines Wirbelthieres in das Rückenmark. Sie verliert sich in der weiter unten anzugebenden Weise noch vor dem Ganglion oder sie geht in das dichte Geflecht von Gliafasern über, welches die Fasermasse des Ganglions von *Hirudo* begrenzt, und dringt in das Innere der Fasermasse nur in so fern ein, als auch die Gliahülle zahlreiche fadige und bündelförmige Balken, die dort mannigfach aus einander strahlen, in das Innere des Ganglions sendet.

Diese äußere Grenzschicht der centralen Fasermasse der Ganglien, in welche die Scheide der einzelnen Nervenfasern übergeht, setzt sich andererseits auch auf die Oberfläche der einzelnen Ganglien-

zellen fort. Die sie zusammensetzenden, mit einander eng verwobenen Fäserchen gehen zunächst auf den Stiel der hier stets birnförmigen (wenn auch gelegentlich mit mehreren, allerdings stets viel dünneren Fortsätzen, als der Stielfortsatz versehenen) Ganglienzelle über und verbreiten sich von hier auf den Körper derselben. Dort verflechten sie sich mit Gliafasern anderen Ursprungs und versehen so eine jede Ganglienzelle mit einer besonderen, eng anliegenden, dichten Hülle.

Die Hülle kann, falls besagte Fasern gut differenzirt sind, wie in meinen Goldchloridschnitten, wo sie, einzeln betrachtet, etwa bräunlich-kirschroth (nahe zur Farbe *purpureus* SACCARDO, aber nicht identisch damit) und nicht sehr dunkel, nie schwarz, wie die leitenden Primitivfibrillen erscheinen, auf Durchschnitten der Ganglienzelle, wo die Tangentialebene der betreffenden Stelle der Hülle vertical auf das Gesichtsfeld steht, beinahe homogen und ziemlich dunkel (*atropurpureus* SACCARDO mit etwas Braun) aussehen. In solchen Fällen überzeugt man sich davon, dass sie sowohl nach innen, als auch nach außen scharf abgegrenzt ist und besonders nach außen, aber gelegentlich auch nach innen, in die Ganglienzelle Fortsätze schickt. Nur an Schnitten, wo die Ganglienzelle irgendwie tangential getroffen ist, und besonders, wenn bloß ein dünneres oberflächliches Segment von ihr in der Schnittdicke liegt, löst sich diese Membran optisch in ein dichtes Netzwerk von Fibrillen auf, welche indessen, ich muss es betonen, nicht mit den leitenden Primitivfibrillen verwechselt werden können.

Je gelungener eine Goldchloridtionction, um so heller (verdünnter) ist die Farbe jener Fasern, die ich als Gliafasern betrachten will, die Farbe der leitenden Primitivfibrillen dagegen um so dunkler, nicht nur gesättigter, sondern dem Schwarz um so näher stehend. Immer sind die leitenden Primitivfibrillen viel schärfer gezeichnet und auf so kurze Strecken, wie z. B. die Länge der Gliafasern, gleichmäßig dick, ohne Verjüngung und ohne irgendwelche Anschwellungen. Doch darauf kommen wir auch bei der Besprechung der Ganglienzellen selbst noch zurück.

Endlich gehen die Gliafasern der Grenzschicht der centralen Fasermasse des Ganglions auch in jene feste und im Leben, sowie auch in guten Präparaten, prallgefüllte Kapsel über, welche eine jede der 6 charakteristischen Ganglienzellengruppen, die bei sämtlichen Hirudineen in gleicher Anzahl an der Bildung eines Ganglions im Centralnervensystem Theil nehmen, besonders umhüllt. Diese Kapsel ist von den Ganglienzellen und von gewissen großen Stern-

zellen, welche man bis zur Mittheilung von ROHDE über das Nervensystem der Hirudineen allgemein für pluripolare Ganglienzellen gehalten hat (die aber in der That keine solche und auch keine einfachen Stützzellen, wie ROHDE glaubt, sondern ein Mittelding zwischen Gliazellen und Nervenzellen sind), im Leben beinahe vollkommen ausgefüllt.

Nur wenn die Ganglienzellen eine stärkere Volumabnahme als die umgebende Kapsel erlitten haben, was leider nach den meisten Fixirungen nicht zu vermeiden ist und auch bei den für meine Goldtinction nothwendigen Sublimatfixirungen, wenn auch bei gewissen Cautelen nur in geringem Grade, eintritt, entsteht ein größerer Zwischenraum zwischen den Ganglienzellen innerhalb der Gliakapsel. Dieser Zwischenraum enthält dann außer den Gliafibrillen der Sternzellen-Fortsätze ein verworren fädig-körniges Coagulum, welches einerseits aus der im Leben vollkommen homogenen und, dem Gesagten gemäß, nur spärlichen intercellulären Gallerte, andererseits aus dem aus den Ganglienzellen bei ihrer Volumabnahme durch ihre eigene Gliamembran heraustretenden, eiweißhaltigen Zellsafte entsteht. Konnte nun das angewandte mikrotechnische Verfahren, wie es bei, ich getraue mich zu behaupten, sämmtlichen früheren Untersuchungen über die feinere Structur des Centralnervensystems der Hirudineen der Fall war, keine gehörige färberische Differenzirung der verschiedenen histologischen Bestandtheile herbeiführen, so war es auch unmöglich einerseits die Fädchen jenes intercellulären Coagulums, andererseits die Balken des zwar wabig structurirten, aber von der Gliamembran der Ganglienzelle retrahirten und fädige Fortsätze zurücklassenden Somatoplasmas von den Gliafibrillen im mikroskopischen Bild gehörig zu trennen. Von den leitenden Primitivfibrillen will ich gar nicht reden, da sie in solchen Präparaten absolut unsichtbar waren und früheren Autoren auch vollkommen verborgen blieben.

Die eben beschriebene gemeinsame Gliakapsel, welche man die Tunica propria des Ganglienzellenpackets nennen könnte, befindet sich, nach Art der Tunicae albugineae bei den Wirbelthieren, z. B. des Hodens, in einer ziemlichen Spannung und übt auf den Inhalt des Packets einen bedeutenden Druck aus. Die Ganglienzellen werden bei der geringsten Verletzung von ihr durch den Riss herausgepresst, und falls gleichzeitig auch die das ganze Ganglion umgebende weiter unten noch zu besprechende bindegewebige Hülle geöffnet wurde, so ragen sie an der Oberfläche des Ganglions, geschützt durch ihre eigene Gliamembran, frei hervor.

Liegt eine Ganglienzelle nahe bei einer Nervenwurzel und sendet sie eine starke Primitivfibrille, oder auch mehrere, direct in den Nerv, wie in Fig. 5 Taf. 25, so kann es auf den ersten Blick so erscheinen, als ob die Scheide der Primitivfibrille (der eventuell bloß eine Primitivfibrille führenden, sagen wir motorischen Nervenfasern) direct auf den Stiel und somit auf den Körper der Ganglienzelle übergehen würde, und die Nervenfasern sammt allen ihren Hüllen einfach der Fortsatz der Ganglienzelle wäre. Das kommt aber nach dem oben bereits Mitgetheilten bloß daher, dass die äußere Scheide der Nervenfasern, sich auffasernd, in jene begrenzende Gliaschicht der centralen Fasermasse übergeht, und diese sich sofort auf den Stiel und so in die besondere Hülle der Ganglienzelle fortsetzt.

Die äußere Scheide der motorischen Primitivfibrillen ist auch im peripherischen Verlaufe des Nerven aus feinen Fasern zusammengesetzt. Letztere sind in eine homogene Grundsubstanz eingebettet, sehr dünn und weniger leicht als im Centrum zu differenziren. In meinen Goldchloridpräparaten erscheinen sie ziemlich blass und nicht scharf gezeichnet. Sie bilden kein unregelmäßiges Geflecht, sondern sind, in zwei sich kreuzenden Systemen angeordnet, mit einander ziemlich parallel. Im stark contrahirten Nerv sind alle nahezu quer gerichtet, und die zwei Systeme kaum von einander zu unterscheiden. Im gestreckten Nerv verlaufen sie diagonal und bilden mit der Längsachse der Nervenfasern einen um so geringeren Winkel, je stärker der Nerv gedehnt ist. Sie verhalten sich also in dieser Beziehung und in diesem Fall ganz so, wie die zwei Systeme von contractilen Primitivfibrillen in den sogenannten doppelt schräggestreiften Muskelfasern der Mollusken. Ich glaube ihnen eine bedeutende Elasticität zuschreiben zu müssen.

Die Scheide der zwei anderen bei *Hirudo* noch zu beschreibenden Arten von Nervenfasern (der sensorischen Schläuche und der sensorischen Bündel, wie ich sie nenne) ist im Wesentlichen ebenso wie die der besprochenen motorischen Fasern beschaffen.

Auch die Fibrillen der Nervenscheiden sind wohl als Gliasfasern zu bezeichnen, obwohl sie einen anderen Ursprung, als der größte Theil im Centrum, zu haben scheinen. Sie verhalten sich nämlich in den sensorischen Nervenfasern, besonders in den sensorischen Schläuchen, wo sie am stärksten und am leichtesten darstellbar sind, ganz so wie im Centrum.

Ein Übergang der Gliafibrillen der Scheide von einer Nervenfasern auf die benachbarte findet bei den gnathobdelliden Hirudineen

nicht statt. Die Scheide einer jeden Nervenfasern (*gsche*) ist sowohl nach innen, als auch nach außen scharf begrenzt, so wie sie die Fig. 7 Taf. 23 und 5 Taf. 24 zeigen. Damit ist aber nicht gesagt, dass die Nervenfasern, welche in einem gegebenen Querschnitt eines Nervenstammes als anatomische Einheiten durch ihre Gliascheiden von einander getrennt auftreten, auch im proximaleren Verlauf des Nervenstammes so gewesen sind. Je näher man in einer Schnittreihe eines Nervenstammes dem Ganglion, von wo er entspringt, kommt, um so mehr früher getrennt gewesene Nervenfasern sieht man mit ihren Nachbarn verschmelzen. Der Querschnitt beherbergt um so weniger anatomisch getrennte Nervenfasern. Und letztere sind nicht einmal entsprechend dicker, da bei seinem Ursprung der ganze Nerv bedeutend dünner erscheint, als in seinem weiteren Verlauf, ebenso wie auch jeder Nervenstamm dünner ist, als die Äste, in welche er sich spaltet, zusammengenommen. Entsprechend größer in den centralwärts verschmelzenden Nervenfasern ist bloß ihr Gehalt an leitenden Primitivfibrillen, die natürlich um so dichter zusammengepackt sind.

Jeder Nerv, sei es ein größerer Stamm von gemischtem Charakter oder ein kleiner rein motorischer oder sensorischer Nerv, besitzt eine für alle in ihm enthaltenen Nervenfasern gemeinsame bindegewebige Hülle. Sie bildet, wie aus den Querschnitten in Fig. 7—10 Taf. 23 und Fig. 5 Taf. 24 ersichtlich, eine mehr oder weniger breite äußere, ununterbrochene Zone um den Nerv herum (*nsche*). In gestreckten Nerven ist sie relativ schmaler als in contrahirten, und ebenfalls auch relativ schmaler in den rein motorischen als in den rein sensorischen bei gleicher Zahl der darin enthaltenen Nervenfasern. (Vergleiche Fig. 8, einen rein sensorischen Nerven mit Fig. 10, einem rein motorischen.) Diese gemeinsame bindegewebige Umhüllung, welche ich die Neurilemmscheide nennen möchte, besteht aus einer homogenen, in verschiedenen macerirenden Medien (20%iger Salpetersäure, meiner Macerationsflüssigkeit etc.) leicht löslichen Grundgallerte und regellos gelagerten dünnen Fasern darin, nebst spärlichen Bindegewebszellen. Letztere sind sehr klein, in den Nerven vorwiegend spindelförmig, mit sehr dünnen, langgezogenen, der Nervenachse meist parallelen Fortsätzen und einem kleinen, doch relativ eher groß zu nennenden Kern (*bk* in Fig. 5 Taf. 24)<sup>1</sup>. Ein Theil

<sup>1</sup> Bei den Rhynchobdelliden sind die geformten Bestandtheile der Neurilemmscheide anders beschaffen, auch der gesammte feinere Bau der Nerven, natürlich bei vollkommener Übereinstimmung des Leitenden selbst, verschieden. Darauf will ich indessen nicht eingehen, da ich ja nicht die Histologie des Nervensystems der Hirudineen überhaupt zu schildern habe.

der in der Grundgallerte eingebettet erscheinenden feinen Fasern ist offenbar ein Kunstproduct, wie diejenigen, welche innerhalb der Tunica propria der Ganglienzellenpackete erwähnt wurden. Immerhin sind sie in den Präparaten stets vorhanden, und feine Fibrillen dringen auch in das Innere des Nerven, zwischen die einzelnen Nervenfasern ein. Entweder breitet sich demnach die Grundgallerte der Hülle, als interstitielle Grundsubstanz, wahrscheinlich auch zwischen den einzelnen Nervenfasern aus, oder aber (vielleicht sogar nebenbei) füllen sich die in Folge der Behandlung sicher größer gewordenen Interstitien mit aus den Nervenfasern herausgetretenen Säften, und die Fibrillen entstehen durch fädige Coagulierung derselben. Auch hier ist bei einer ungenügenden färberischen Differenzirung die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass Gliafibrillen der Nervenfaserscheiden mit Bindegewebsfibrillen der inneren Neurilemmnscheide confundirt werden. Möglich ist dies besonders in mehr tangentialen Längsschnitten. In diesem Fall kann es den Anschein haben, als ob die Gliafibrillen der Nervenfaserscheide sich mit der Umgebung verflechten und auf benachbarte Nervenfasern übertreten würden. Die Gefahr ist indessen nicht groß, da das Bindegewebe der Neurilemmnscheide überall besonders leicht von dem Gliagewebe mikrotechnisch zu differenziren ist, wie wir es gleich zeigen werden. Hat ja sogar ROHDE die beiden ganz richtig zu trennen gewusst, nur will er von einem Unterschiede zwischen dem Gliagewebe und dem Nervenspongioplasma nichts wissen<sup>1</sup>.

Die Neurilemmnscheide zeigt etwas wie eine Andeutung von concentrischer Schichtung und ist von einer Anzahl Lymphspalten durchsetzt, welche, je nachdem man sie gefüllt oder collabirt antrifft, bald leicht, bald kaum nachzuweisen sind. In Fig. 7 Taf. 23 ist eine sehr auffällige (*isp*) etwas schräg durchschnitten abgebildet. Die Lymphspalten erstrecken sich, wie in Fig. 5 Taf. 24 angedeutet, auch zwischen die einzelnen Nervenfasern.

In die Neurilemmnscheide ist endlich in ganz bestimmter Lage auch der Nervenmuskel eingebettet. Einen solchen besitzen bloß die Nervenstämme, die dünneren, z. B. rein motorischen oder sensorischen Nerven entbehren ihn. Höchstens kann sie ein Fortsatz des Muskels des Stammes, welcher bei der Verzweigung des letzteren sich ebenfalls verästelt, eine Strecke weit begleiten. Größeren

<sup>1</sup> Die näheren Litteraturangaben werden in der zweiten Mittheilung folgen.

Nervenstämmen folgt der Muskel, wenn sie auch rein sensorisch sind, ganz bis in das betreffende Organ hinein: so begleitet der Muskel die Augennerven von *Hirudo* in das Auge, bis an die Retinazellen (*m* in Fig. 3 Taf. 30 und Fig. 6 Taf. 31). Der Nervenmuskel stellt sich im Querschnitt des Nerven stets als der Durchschnitt einer Muskelfaser, einer Muskelzelle, dar. Er schmiegt sich den benachbarten Nervenfasern immer eng an (*nm* in Fig. 7 Taf. 23 und Fig. 5 Taf. 24).

Außerhalb der Neurilemmscheide ist bei Gnathobdelliden stets sehr deutlich noch eine Scheide zu beobachten. Dieselbe besteht aus zwei Blättern (*dsche*), dem inneren und dem äußeren Blatt. Das innere und das äußere Blatt bilden die entsprechenden Wände eines den Nerv rings umgebenden Perineuralsinus. Letzterer ist die directe Fortsetzung des Blutsinus, welcher bei Gnathobdelliden den ganzen Bauchstrang umhüllt. Er ist sowohl um die größten als auch um die kleinsten Nerven nachzuweisen (*psci* in Fig. 7—10 Taf. 23 und Fig. 5, 6 Taf. 24). Blut in ihm mit spärlich zerstreuten Blutkörperchen zeigen meine Präparate nur in den größeren Nervenstämmen, da das Blut beim Abtöden der Thiere, wie es scheint, gegen den großen Bauchstrangsinus zurückströmt. Beide Blätter sind sowohl gegen das Lumen des Perineuralsinus, als auch gegen das Bindegewebe der Neurilemmscheide einerseits und gegen das den Nerven außen umgebende interstitielle Bindegewebe des Körpers scharf abgegrenzt. Sie bestehen aus einer Art Endothel, dessen kleine Kerne, in ganz regelmäßigen Abständen, nach verschiedenen Methoden leicht zu tingiren sind<sup>1</sup>. Dagegen konnte ich bei Hirudineen die Zellgrenzen, welche in der entsprechenden Membran bei *Astacus* sehr gut mit Methylenblau und Silber zu imprägniren, ja sogar gelegentlich auch bei *Lumbricus* darstellbar sind, noch nicht scharf sichtbar machen.

Die Connective sind mit denselben Stütz- und Hüllvorrichtungen, im Wesentlichen in derselben Weise, wie die Nervenstämmen ver-

---

<sup>1</sup> Da die Kerne sehr platt und ziemlich chromatinarm sind, so darf man, wenn man sie sichtbar machen will, die Membran selbst höchstens ganz wenig mitfärben, sonst werden sie verdeckt. Auch Goldechlorid färbt zwar nicht letztere zu stark mit, aber das Bindegewebe der unterliegenden Neurilemmscheide. Im Gegentheil färbt sich die Neurilemmscheide mit Methylenblau in der Regel gar nicht, während die Kerne der Endothelmembran unter Umständen eine ganz lebhaft Tinction erhalten, so dass sie auch in Flächenansichten scharf hervortreten.

sehen. Anders verhält sich in ihnen nur das Gliagewebe, welches ja im Nerv eine ganz besondere, scharf abgegrenzte Scheide für jede Nervenfasern bildet. Auch im Connectiv besitzt jede Nervenfasern eine Gliascheide, somit auch jede motorische Primitivfibrille, welche für sich allein je eine Nervenfasern darstellt; aber die Scheide der Nervenfasern ist hier bloß nach innen schärfer abgegrenzt, also gegen die myelinarme Umhüllung der betreffenden motorischen Primitivfibrille, beziehungsweise gegen das Bündel von sensorischen Primitivfibrillen, welche, wie wir gleich sehen werden, eine viel Myelin enthaltende Interfibrillärschicht zusammenhält. Nach außen sind die Gliafibrillen der Nervenfaserscheiden mit denen von benachbarten vielfach verflochten. Stärkere, vorwiegend radiär verlaufende, seitlich abgeplattete Gliabalken spalten sich an ihren beiden Enden pinselförmig in dünnere Fibrillen, die sich ihrerseits weiter spalten und verästeln. Auch seitlich geben die starken Gliabalken feinere Fibrillen ab. Nun umringen die feinsten Gliafibrillen von verschiedener Seite her die einzelnen Nervenfasern und bilden so deren Scheide. Die Gliabalken aber, von welchen sich solche Fibrillen abspalteten, ziehen weiter, schieben sich zwischen die benachbarten Nervenfasern und geben auch für deren Scheide feinere Fibrillen ab. ROHDE hat dieses Verhalten der Gliafibrillen im Wesentlichen ganz richtig geschildert, nur ist für ihn das Gliagewebe mit manchem Anderen zusammen lauter Spongoplasma.

Um die Anordnung des Gliagewebes im Connectiv richtig beurtheilen zu können, muss man Längsschnitte, sowohl diagonale als auch tangential, mit Querschnitten, beide sowohl vom contrahirten, als auch vom gestreckten Connectiv vergleichen, in welchen die Gliafasern, wie z. B. in meinen vergoldeten Schnitten, deutlich differenzirt sind. Dabei muss man auch darauf achten, dass die verglichenen Schnitte oder Stellen des Schnittes von entsprechenden Regionen des Connectivs seien. Schnitte aus verschiedenen Höhen des Connectivs geben nämlich, besonders bei Hirudineen, verschiedene mikroskopische Bilder. Wesshalb, wird weiter unten gesagt.

Fig. 3 Taf. 23 stellt den seitlichen Theil eines paratangentialen Längsschnittes vom contrahirten Connectiv von *Aulastoma* dar, und zwar jene Partie in der Fig. 5, einer zur Orientirung dienenden topographischen Skizze, welche sich beim Stern zwischen den beiden parallelen, schrägen Linien befindet. Man sieht, dass die Balken des Gliagewebes (*glg*) ziemlich genau unter rechtem Winkel zur Längsachse des Connectivs stehen. Man sieht auch, dass die, wie

gesagt, seitlich abgeplatteten Gliabalken in regelmäßigen Längsreihen, das heißt in radiären Septen angeordnet sind. Diese Septen werden also, falls das Präparat die einzelnen Gliabalken und Fibrillen nicht unterscheiden lässt, im Längsschnitt als scharf gezeichnete Längslinien erscheinen, so oft die Ebene, in welcher sie sich befinden, vertical auf das Gesichtsfeld, oder, bei dickeren Schnitten, wo diese Linien auffallender sind, auf 'die eingestellte Ebene überhaupt, steht; bei schräger oder mit der Einstellungsebene paralleler Lage können die Septen leicht verkannt werden. Es ist auch für die Connective sehr charakteristisch, dass die longitudinalen Durchschnitte der Gliasepten, so wie der Scheiden der einzelnen Nervenfasern (in Fig. 3 rechts unten die Scheide von *pf II*) auch dann gerade Linien bilden, wenn das Connectiv stark contrahirt ist, und die leitenden Primitivfibrillen selbst den gewundensten Verlauf angenommen haben, wie in Fig. 3 Taf. 23 *pf I* und *pf II*. In etwas gestreckten Nerven sehen sie vollkommen wie mit dem Lineal gezogen aus. Andererseits verleihen die Gliabalken und Fibrillen dem tangentialen Längsschnitt des contrahirten Connectivs überhaupt und den Scheiden seiner einzelnen Nervenfasern (s. die in Fig. 3 unten rechts tangential getroffene Scheide der Primitivfibrille *pf II*) eine besonders bei schwächerer Vergrößerung, welche die feinere Verästelung der Gliafasern noch nicht erkennen lässt, ziemlich regelmäßige Querstreifung. Diese Querstreifung geht im gestreckten Connectiv ebenso, wie im gedehnten peripherischen Nerv, in eine doppelte schräge Streifung über (s. Fig. 1 Taf. 23 und Fig. 7 Taf. 24, wo die Gliafasern allerdings bloß stellenweise eingezeichnet und nirgends so genau wie in Fig. 3 Taf. 23 verfolgt sind)<sup>1</sup>.

Im Querschnittsbilde des contrahirten Connectivs, wie es Fig. 4 Taf. 23 darstellt, sind die Scheiden der einzelnen Nervenfasern keineswegs so deutlich zu sehen, wie im Querschnitt des wenn auch noch so contrahirten, peripherischen Nerven. Natürlich sind hier auch die leitenden Primitivfibrillen (schwarz gezeichnet, wie im Präparat), welche bald punkt-, bald komma-, bald schlingenförmig oder auch anderswie erscheinen können, nur dann zu entziffern, wenn sie von den Gliafibrillen färberisch sehr stark differenzirt sind. Solche Bilder machen es verständlich, wie ROHDE durch seine undifferenzirten Präparate zur Annahme seines Nerven-

<sup>1</sup> Außerdem sind sie in der Lithographie viel verschwommener herausgekommen, als sie in die Originalzeichnung eingetragen waren und in den Präparaten sichtbar sind.

spongioplasmas und zur Leugnung der Existenz meiner leitenden Primitivfibrillen geführt wurde. Er konnte ja nichts Anderes als ein Filzwerk von einzelnen Fibrillen, die auch die Gliabalken zusammensetzen, sehen.

Dagegen fallen im Querschnittsbilde des gedehnten Connectivs, wie es Fig. 2 Taf. 23 darstellt, wenigstens die Scheiden der motorischen Nerven, hier am allerhäufigsten mit einer, axialen, Primitivfibrille, sofort auf. Sie erscheinen sogar bei weniger starker Färbung als scharf gezeichnete Kreise. Das Centrum des Kreises bildet das bei starker (wenn auch nicht überphysiologischer) Dehnung und verticaler Schnittrichtung stets punktförmige (in meinen Goldchloridschnitten ebenso wie in meinen Hämateintinctionen natürlich ganz schwarze) Querschnittsbild der motorischen Primitivfibrille, umgeben von ihrem kaum etwas myelinhaltigen, daher sehr blassen perifibrillären Mantel, welcher den ganzen Raum innerhalb des Kreises ausfüllt. Die im gedehnten Connectiv stets sehr scharfe Begrenzung dieses Mantels bedingt übrigens die Sichtbarkeit von kleinen Kreisen mit einem Punkt im Centrum im Querschnittsbild des Connectivs auch dann, wenn einerseits die Gliascheide nicht differenzirt und andererseits die Primitivfibrille auch nur minimal gefärbt ist. NANSEN hat aber das Querschnittsbild der Primitivfibrille dennoch nicht bemerkt, oder, da er es nicht zu deuten vermochte, unberücksichtigt gelassen, und so wurde er wahrscheinlich in erster Linie durch ähnliche Bilder, die sich bei den verschiedensten Wirbellosen finden, zur Annahme seiner Primitivtuben verleitet und darin durch entsprechende Längsschnittbilder, wo er die leitenden Primitivfibrillen erst recht nicht bemerken konnte, nur bestärkt.

In Fig. 2 Taf. 23 ist bloß die Mitte der Zeichnung ausgeführt: ein größeres Bündel von Nervenfasern, welches durch das von der äußeren Umhüllung des Connectivs, von der Neurilemmscheide her eingedrungene Bindegewebe von den anderen, hier bloß angedeuteten Bündeln von Nervenfasern getrennt ist. In diese Partie wurde aufs Genaueste alles mit dem ABBE'schen Zeichenapparat bei einer 1060fachen, durch die besten Linsen erzielten Vergrößerung eingetragen, was nur entziffert werden konnte<sup>1</sup>. Die unregelmäßigen Gruppen von kleineren Punkten sind Querschnitte von sensorischen Bündeln, welche im Connectiv bei Weitem nicht so scharf begrenzt

<sup>1</sup> Mehrere feinere Details der Zeichnung konnte der Lithograph leider nicht wiedergeben.

sind, wie in den peripherischen Nerven, wo wir sie gleich genauer kennen lernen werden. Die Balken, welche sich überall zwischen die Nervenfasern hineinschieben, sind die Gliafasern, deren charakteristische Anordnung im Connectiv besser in einem vom Ganglion weiter entfernten Schnitt zu sehen ist.

Außerordentlich lehrreich ist es, eine bestimmte Stelle des Connectivs, welches nahezu bis zum physiologischen Maximum gedehnt ist, in einer lückenlosen Querschnittreihe in verschiedenen Höhen mit dem Zeichenapparat ganz genau abzubilden und dann die verschiedenen, möglichst zahlreichen Bilder mit einander zu vergleichen. Ich sage nicht, dass es eine leichte und angenehme Arbeit ist, sie lohnt sich aber. Man sieht, dass die in den Goldchloridschnitten blass bräunlich-kirschrothen oder fleischfarbigen (*incarnatus* SACCARDO) Kreise, welche wir für die Grenzlinien der motorischen Nervenfasern erklärt haben, und der schwarze Punkt in ihrem Centrum, welchen wir als das Querschnittbild der starken motorischen Primitivfibrille erkannt hatten, sich in den verschiedenen Schnitten, gelegentlich einer Strecke von mehreren Millimetern entsprechend, in derselben Lage unverändert wiederholen; oder aber man sieht bei sorgfältigem Durchsehen der Schnitte und Vergleichen der benachbarten, dass an der Stelle des einen Punktes auf einmal zwei auftreten; in den folgenden Schnitten entfernen sich diese etwas von einander, und dann schiebt sich bald eine Scheidewand zwischen beide, und es entstehen zwei nunmehr ganz getrennte Kreise, jeder mit dem schwarzen Punkt im Centrum. Diese neuen Kreise können sich allmählich auch weiter von einander entfernen: die Nervenfasern hat sich eben in zwei getheilt. Umgekehrt kann man ebenso auch die Vereinigung von zwei getrennten Nervenfasern verfolgen. Alles das ist natürlich an solchen Bildern, wie Fig. 4 Taf. 23, wenn das Connectiv nicht stark gedehnt, oder gar im Gegentheil stark contrahirt war, nicht möglich.

Der Querschnitt, von dem Fig. 4 Taf. 23 einen Theil darstellt, ist vom Ganglion weiter entfernt, als bei Fig. 2; hier ist das umhüllende Bindegewebe des Connectivs noch nicht zwischen die Bündel von Nervenfasern innerhalb des Connectivs je einer Seite eingedrungen, und hier wäre bei geringerer Contraction auch die für den Querschnitt charakteristische Anordnung der Gliabalken besser zu sehen: radiäre Balken begrenzen keilförmige Felder, welche durch Seitenäste der Balken in kleinere, und diese durch weitere Verästelung der Seitenäste in noch kleinere, hier unregelmäßig geformte Felder getheilt werden. Um jedoch diese Verhältnisse noch

klarer zu sehen, muss man den Querschnitt eines gedehnten Connectivs von einem Mittelkörpersomit, und zwar etwa von der Mitte zwischen dem Ganglion und dem Connectivkern untersuchen<sup>1</sup>. Hier ist der Querschnitt eines jeden Connectivs in der Regel beinahe kreisrund. Die stärksten Gliabalken, die Septen erster Ordnung, reichen bis oder nahezu bis zum Centrum und zerlegen das Connectiv in eine geringere Anzahl vorwiegend keilförmiger Abtheilungen, die mit der Spitze des Keils meist gegen das Centrum gerichtet sind. In der Regel (nicht immer) sind die Septen erster Ordnung auch die dicksten. Die Septen zweiter Ordnung sind Gliabalken, welche ebenfalls an der Peripherie des Connectivs beginnen und sich ebenfalls gegen das Centrum richten, dieses aber nicht mehr erreichen, sondern direct oder indirect, mit den dünneren Fasern, in die sie sich spalten, an die Septen erster Ordnung stoßen. Die Abtheilungen, in welche sie die Keile weiter zerlegen, sind keil- oder keulenförmig, mit dem verjüngten Ende bald gegen das Centrum, bald gegen die Peripherie gerichtet. Noch kürzere Balken, welche indessen noch immer an der Peripherie anfangen und nicht Äste der anderen sind, nenne ich Septen dritter Ordnung. Nun spalten sich sämtliche Septen sowohl an der Peripherie als auch an ihrem centralen Ende in zwei oder mehrere Schenkel und geben dabei auch mehrere Seitenäste ab, durch welche sie mit den benachbarten in mannigfaltiger Weise verbunden sind und mit welchen sie die einzelnen Nervenfasern in der geschilderten Weise umringen.

Nähern wir uns in der Querschnittreihe dem Connectivkern<sup>2</sup>, den ich, als seit jeher bekannten Bestandtheil der Connective, vorläufig nur so nennen will, so ändert sich allmählich das Bild. Die radiären Balken reichen nicht mehr bis zum Centrum des Connectiv-

---

<sup>1</sup> Ich muss zwar, wie gesagt, eine gewisse Kenntniss der Anatomie der in diesem Aufsatz behandelten Objecte, so die der Hirudineen, beim Leser voraussetzen, dennoch will ich hier kurz erwähnen, dass der zwischen zwei Ganglien befindliche Theil des Bauchstranges aus dem linken und rechten Connectiv (*Cor* und *Col* in Fig. 2 und 4 Taf. 23) und dem median, zwischen den beiden gelegenen FAIVRE'schen Nerven (*nF* in Fig. 2 Taf. 23) zusammengesetzt ist, welche eine gemeinsame bindegewebige Hülle zusammenhält. Bei den Gnathobdelliden liegt der FAIVRE'sche Nerv ventral, bei den Rhynchobdelliden dorsal im Medianfelde zwischen den Connectiven. Der ganze Bauchstrang ist bei den Gnathobdelliden in den Bauchsinus eingeschlossen.

<sup>2</sup> Bei den Clepsiniden finden wir in jedem Connectiv zwischen zwei Ganglien nicht nur einen, sondern zwei Connectivkerne, welche meist ungefähr so weit von einander, wie vom betreffenden näheren Ganglion entfernt sind.

querschnittes, sondern bloß bis zum protoplasmatischen Hof, welcher den Connectivkern umgiebt. Dieser protoplasmatische Hof zieht sich nämlich caudad und rostrad vom Connectivkern spindelförmig in die Länge und bildet so die protoplasmatische Achse, die Medullarsubstanz, des Connectivs, welche indessen bloß bis auf eine gewisse (bei verschiedenen Arten der Hirudineen verschieden große und auch bei *Hirudo* selbst nicht immer gleiche) Entfernung vom Connectivkern reicht. Das im mikroskopischen Bild nach den meisten Fixirungen (so Sublimat, Sublimatalkohol, Sublimatessigsäure, Pikrinsäure, Alkohol absolutus, Chromosmiumessigsäure, HERMANN'sche Flüssigkeit etc.) blasig-wabig erscheinende Protoplasma der Medullarsubstanz ist von dem im Querschnitt ebenfalls ein Wabenwerk darstellenden Gliagerüst sehr leicht färberisch zu differenziren. Ist aber eine solche Differenzirung dennoch nicht erfolgt, und demnach das mikroskopische Bild der feinsten Gliafasern von dem der Wabendurchschnitte des Medullarplasmas nur wenig verschieden, so kann es den Anschein haben, als ob das ganze im Connectivquerschnitt in dieser Höhe sichtbare Netzwerk aus einer und derselben Substanz, einem einheitlichen Spongioplasma, dem Nervenspongioplasma ROHDE's, bestünde. Längsschnittbilder des nicht gestreckten Connectivs können natürlich viel weniger leicht zu einem solchen Irrthum führen, da ja in diesen die Gliafasern nicht netzförmig angeordnet sind, wogegen das Medullarplasma ganz dasselbe Aussehen wie im Querschnitt hat. Im Längsschnitt des gestreckten Connectivs, wo sich die feineren Gliafasern kreuzen, ist eine Verwechslung mit den Wabenwänden des Medullarplasmas wieder leichter.

Bis in die Nähe der Ganglien sind die Bündel der im Connectiv zusammengefassten Nervenfasern von einander bloß durch die Gliabalken getrennt. Ein Eindringen des Bindegewebes der Neurilemm-scheide zwischen sie ist auch im Querschnittbilde nicht nachweisbar. Das Connectiv stellt also hier einen noch compacteren Nerv als die queren Nervenstämme, in welchen ja das Bindegewebe zwischen die Nervenfasern hineindringen kann, dar.

Die Neurilemm-scheide der aus dem Bauchganglion (oder aus den Ganglien, die zu dem Schlundringe vereinigt sind) austretenden queren Nervenstämme geht auf das Ganglion ganz unmittelbar, ohne jede Unterbrechung oder Einschnürung, über und bildet einen einheitlichen bindegewebigen Überzug des Ganglions (s. Fig. 1 Taf. 26, *bg* [*nsche*]). Dieser bindegewebigen Schicht ist es zuzuschreiben, dass das Bauchganglion der Hirudiniden ein sich der Kugelform

mehr oder weniger näherndes Ellipsoid mit ganz glatter Oberfläche bildet. Sie zeigt nämlich keine Einschnürungen, die den Ganglienzellenpacketen entsprechen würden. Indessen sendet sie von ihrer inneren Fläche Fortsätze zwischen die Ganglienzellenpackete, welche sich zum Theil auch zwischen die Ganglienzellenpackete und die centrale Fasermasse schieben, ja sogar an bestimmten Stellen auch in letztere eindringen. Sie legt sich überall eng an die Gliamembran, die Tunica propria des Ganglienzellenpackets an, und da die Gliamembran äußerst dünn ist, so bedarf es einer sehr scharfen Differenzirung und einer auf die Tangentialebene der Oberfläche des Ganglienzellenpackets verticalen Schnittebene, um unterscheiden zu können, wo die gemeinsame Neurilemmhülle des Ganglions aufhört und die Tunica propria des Ganglienzellenpackets anfängt. An Schnitten, welche die Ganglienzellenpackete tangential treffen, ist die Unterscheidung schier unmöglich.

Die Neurilemmhülle des Ganglions ist natürlich auch so beschaffen, wie die Neurilemmscheide der Nervenstämmen. In ihr ist indessen die concentrische Schichtung vielleicht etwas deutlicher. Bindegewebszellen befinden sich in ihr in größerer Anzahl und sind auch selbst etwas größer. Meist sind sie pluripolar, sternförmig, mit sehr langen und scharf gezeichneten Fortsätzen. Da liegen in der Medianebene dorsal zwei oft bandartig abgeplattete größere Muskelfasern (gelegentlich in die Längsfurche zwischen den Hälften der centralen Fasermasse eingesenkt) und außerdem die Äste von Muskelfasern eingebettet, welche einerseits die Muskeln der Nervenstämmen, sich beim Übergang der Neurilemmscheide auf das Ganglion verzweigend, andererseits die Muskelfasern der Connective dem Ganglion zusenden. Endlich ist auch die Dicke der Neurilemmhülle der Ganglien und der Nervenstämmen ungefähr dieselbe, und das bleibt sie auch nach dem Übergang auf die Connective, wo sie die gemeinsame bindegewebige Scheide der zwei Connective und des FAIVRE'schen Nerven bildet. Am leichtesten überzeugt man sich davon an den aus dem Perineuralsinus (dem großen Bauchsinus) sammt den Nervenstämmen herauspräparirten Ganglien, welche man mit Methylenblau-Ammoniumpikrat tingirt (den Charakter der Tinction des Präparates soll Fig. 1 Taf. 26 genau wiedergeben) und etwas abgeplattet einschließt. Befinden sich aber Nervenstamm und Connectiv in verschiedenem Dehnungszustande, so können natürlich auch ihre Neurilemmscheiden nicht gleich dick erscheinen.

Die Neurilemmhülle des Ganglions geht auch in die gemeinsame

Neurilemmscheide der Connective ganz unmittelbar, ohne Unterbrechung oder Einschnürung, über. Diese besitzt ebenfalls eine glatte Oberfläche ohne Andeutung der Connective und des FAIVRE'schen Nerven etwa durch zwischen sie eingesenkte Längsfurchen. Dagegen schiebt sie sich nach innen zwischen die beiden Connective und den FAIVRE'schen Nerv und trennt diese von einander. Sie unterscheidet sich von der Neurilemmscheide der Nervenstämme nur darin, dass man in ihr im Querschnitt eine größere Anzahl von Muskelfaserquerschnitten gleichzeitig antrifft. Letztere entsprechen nicht bloß mehreren Ästen einer Muskelzelle, sondern gehören mehreren solchen an. Sie sind, in nicht constanter Lage, um die Connective herum auf allen Seiten vorhanden, also auch zwischen beiden Connectiven, bilden aber stets nur eine Schicht. Mehr oder weniger abgeplattet und, parallel der Längsachse der Connective, sehr lang gezogen, verästeln sie sich an beiden Enden, besonders in der Nähe des Ganglions, auf welches die Äste, wie erwähnt, übergehen. Im Schlundring und im Scheibenganglion, die als eine Gruppe von 6, beziehungsweise 7, den Bauchganglien gleichwerthigen, eng zusammengedrückten Ganglien aufzufassen sind, sind die Connectivmuskeln, da hier die Connective sehr kurz bleiben, oft geradezu sternförmig, so dass auch sie von RETZIUS für Ganglienzellen gehalten wurden (s. w. u. pag. 591).

Auch das haben wir schon erwähnt, dass das Bindegewebe der gemeinsamen Neurilemmscheide in der Regel erst in der Nähe des Ganglions, in wechselnder Entfernung davon, anfängt, sich auch in die Connective selbst hineinzuschieben und diese dadurch allmählich in immer mehrere Äste zu spalten, welche dann gegen das Ganglion zu sogar etwas divergiren. Dieses Verhalten ist besonders für die gnathobdelliden Hirudineen charakteristisch; bei den Rhynehobdelliden unterbleibt das Eindringen des Bindegewebes oder beginnt erst hart am Ganglion, wo die im Connectiv vereinigten Nervenfasern schon in die centrale Fasermasse aus einander strahlen.

Die in Fig. 2 Taf. 23 genau eingezeichnete Gruppe von Nervenfasern, welche wir schon besprochen haben, wurde in dieser Weise von den übrigen getrennt. Auf den folgenden, dem Ganglion näheren Schnitten der Serie sieht man, wie sie durch weitere, von außen her eindringende bindegewebige Septen erst in zwei, dann in drei und in der Höhe, wo zuerst vom Schnitte Ganglienzellen getroffen sind, aber die eigentliche centrale Fasermasse noch nicht anfängt, etwa 100  $\mu$  weit vom Schnitt der Fig. 2, schon in 5 Gruppen von Nervenfasern getheilt erscheint. Die Theilung geht in diesem Falle

noch weiter, und zwar bis alle Nervenfasern der Gruppen von einander getrennt sind. Dann folgt eventuell die centrale Verästelung der einzelnen Nervenfasern selbst; bei ihrer Spaltung spielt aber das Bindegewebe keine Rolle mehr. Manche Fibrillen des Bindegewebes dringen indessen noch weiter, mehr oder weniger tief in die centrale Fasermasse ein und stehen mit den Fibrillen, welche in querer Richtung von der zwischen die centrale Fasermasse und die Ganglienzellenpackete eingeschobenen Bindesubstanz eindringen, in Verbindung.

Hier in der centralen Fasermasse muss man also viererlei Substanzen aus einander zu halten wissen: Bindegewebsfibrillen (Collagenfibrillen), Gliafibrillen, Neurofibrillen, Peri- oder Interfibrillärsbstanz. Zu diesen gesellt sich möglicherweise noch die faserig coagulierte interstitielle Grundgallerte und an zwei Stellen das Wabenwerk des Zellkörpers derjenigen zwei großen Sternzellen (s. weiter unten), die sich von der Bauchfläche her in die centrale Fasermasse eindrücken. Weiter, gegen die Mitte der letzteren, treten die Bindegewebsfibrillen immer mehr zurück und machen einem reinen Glia- und Neurofibrillengespinnste Platz.

Wenn wir dem Mitgetheilten noch hinzusetzen, dass die Endothelmembran, welche die innere Wand des Perineuralsinus bildet, sich der Neurilemmscheide am Connectiv und Ganglion noch fester, als an den Nervenstämmen anschließt, nicht abpräparirbar, aber an genau queren Schnitten sehr deutlich sichtbar ist, in den Goldchloridschnitten einen rosarothten scharf gezeichneten Saum von etwa  $1 \mu$  Dicke, mit hier noch leichter nachweisbaren Kernen, bildet, so haben wir alles Wesentliche in Betreff der Stütz- und Hüllsubstanzen des Nervensystems bei Hirudiniden erwähnt.

c. Die mikrotechnische Differenzirung der Neurofibrillen, der Gliafibrillen und der (bindegewebigen) Collagenfibrillen.

Zwei sich hier aufdrängende Fragen erwarten indessen noch eine Antwort, bevor wir zur Analyse des Leitenden im Nervenstamm, von welchem wir ausgegangen sind, zurückkehren.

Die erste Frage ist: wo befinden sich bei Hirudineen die Zellen und wie sehen sie aus, welche die charakteristische Stützsubstanz des Nervensystems, die Glia produciren? Diese Frage hängt bei Hirudineen eng mit derselben Frage in Betreff der Nervenzellen zusammen, und desshalb will ich sie erst dann beantworten, wenn ich mich mit den Nervenzellen selbst beschäftigen werde. Dazu müssen

wir aber erst mit dem wesentlichsten Producte der Nervenzellen, mit den leitenden Primitivfibrillen ganz ins Reine kommen.

Die zweite Frage ist: wie kann man die verschiedenen geschilderten Bestandtheile des Nervensystems mikrotechnisch differenzieren, damit sie im mikroskopischen Bild bei ihren complicirten Beziehungen zu einander aus einander zu halten seien? Berührt haben wir diese Frage bereits wiederholt.

Am wichtigsten ist natürlich, sie bei jenen drei Tinctionen unterscheiden zu können, welche die leitenden Primitivfibrillen specifisch gefärbt hervorzuheben im Stande sind: also bei der Methylenblaufärbung, bei der Hämateintinction und der Goldchloridbehandlung der Schnitte (Nachvergoldung). Von der letzteren wurde schon mitgetheilt, dass, wenn bei einer vollkommen gelungenen Reaction die leitenden Primitivfibrillen eine sehr dunkle schwarzviolette Färbung (atroviolaceus SACCARDO, sehr gesättigt) angenommen haben oder geradezu tief-schwarz geworden sind, die Gliafasern hell (diluir) bräunlich, kirschroth oder fleischfarbig (incarnatus SACCARDO, aber etwas weniger gelb, als die Farbenprobe bei SACCARDO) erscheinen. Ihnen gegenüber zeichnen sich die Fibrillen des Neurilemms ebenso wie die des übrigen Bindegewebes und die leimgebende Substanz überhaupt durch einen mehr violetten, grelleren Ton aus; starke bindegewebige Fibrillen sind von rein kirschrother Farbe (purpureus SACCARDO, mit etwas mehr violett als die Farbenprobe). Außerdem haben die leimgebenden Substanzen eine große Neigung, das Gold in Form außerordentlich feiner, mehr oder weniger dicht eingelagerter (nicht aufliegender) Körnchen zu binden, wodurch sie eine stahlblaue Farbe erhalten, während die Gliafibrillen und die leitenden Primitivfibrillen noch eine reine Tinction zeigen. Indessen ist die Farbendifferenz der Gliafibrillen und der leimgebenden Fibrillen bei der Goldchlorid-tinction nicht so groß, wie bei mehreren anderen Methoden, so dass man bei der Unterscheidung stets auch das Morphologische berücksichtigen muss.

Viel leichter ist die Unterscheidung in meinen Methylenblau-Ammoniumpikrat-Tinctionen. Vom Methylenblau erhalten die Gliafibrillen gar keine Färbung; nur das Somatoplasma der Gliazellen (s. w. u.) kann davon tingirt werden. (Nicht selten wird es von einem feinen, grünlichblauen Pulver imprägnirt.) Um so schöner tingiren sich sehr oft die Bindegewebszellen der Neurilemmhülle, und zwar sowohl ihr Zellkörper, als auch ihre Fortsätze, welche dann, trotzdem sie außerordentlich dünn sind, sehr scharf gezeichnet und

leicht verfolgbar sind. Dagegen behält das Neurilemma-Bindegewebe von der gelben Färbung des Ammoniumpikrats gar nichts, während die Gliafibrillen intensiv pikringelb werden (wie die gesättigte wässrige Lösung der Pikrinsäure). Leider kann in diesen Präparaten von einer Untersuchung der Anordnung der Gliafibrillen keine Rede sein, da in Folge des körnig geronnenen Myelins die gesammte Inter- und Perifibrillärsubstanz überall ebenfalls intensiv gelb wird und die Gliafibrillen verdeckt<sup>1</sup>.

Auch meine Hämateintinctionen müssen natürlich für unsere Zwecke als um so gelungener bezeichnet werden, je stärker die leitenden Primitivfibrillen, welche, wie gesagt, beinahe ganz schwarz sein können, gefärbt sind, und je weniger Farbe die übrigen Gewebe behalten. In diesen Fällen erscheint das Neurilemmgewebe ganz farblos, höchstens etwas gelblich, mit reiner Kernfärbung, das Gliagewebe dagegen graublau, ziemlich hell, die Inter- und Perifibrillärsubstanz farblos. Mit meiner Hämateinlösung J.A kann aber durch lange Einwirkung und weniger Auswaschen das Gliagewebe auch eine sehr intensive cobaltblaue Färbung annehmen, wobei das Neurilemmgewebe, viel weniger gefärbt, violett oder lila aussieht.

Noch viel auffälliger ist aber der Unterschied zwischen Glia und Neurilemm bei der von mir bereits vor sieben Jahren vorgeschlagenen<sup>2</sup> Doppelfärbung des Nervensystems mit Hämatoxylin-Kalibichromicum (nach mir) und stark verdünnter, mit etwas Alkohol versetzter BÖHMER'scher Hämateinlösung. Die Gliafibrillen werden dadurch je nachdem umbrabraun (umbrinus SACCARDO) oder schiefergrau (ardesiacus SAC.) mit einem Stich ins Stahlblaue, die Bindegewebsfibrillen, wie die leimgebende Substanz überhaupt, lilafarbig oder blaubraun (lividus SAC.), Peri- und Interfibrillärsubstanz aber bleiben, wie die leitenden Primitivfibrillen, ungefärbt.

Nicht weniger auffällig, bei vollkommen gelungener Reaction sogar noch auffälliger, ist der Unterschied in Folge einer dreifachen (eigentlich dem Effecte nach vielfachen, polychromen) Färbung mit meiner Hämateinlösung I, Rubin und Ammoniumpikrat: Gliafibrillen bei *Hirudo* orange bis scharlachfarben, Neurilemm hell fuchsinroth,

<sup>1</sup> Mit der Zeit (in meinen Präparaten, die in Gummisyrup eingeschlossen sind, haben nach 4–5 Jahren erst die Connective und die Nervenstämmе ihre Farbe verändert) geht dieses Pikringelb in eine Farbe über, welche schmutzig braungelb genannt werden könnte und der Farbenprobe bei SACCARDO entspricht, welche melleus heißt, wengleich Honig und Bernstein, die angegebenen Beispiele, wohl anders aussehen.

<sup>2</sup> Mikrotechnische Mittheilungen. in: Zeit. Wiss. Mikr. 6. Bd. 1889. pag. 171.

Inter- und Perifibrillärsubstanz an sich farblos, indessen das Myelin pikringelb, aber auch nicht selten der ganze Inhalt der Nervenfasern dottergelb.

Endlich kann ich hier noch erwähnen, dass die verschiedenen Macerirungsmedien, die die leimgebenden Substanzen lösen, so 20%ige Salpetersäure, die Gliafibrillen nicht angreifen, wogegen sie das Neurilemm vollständig, bis auf seine Zellen, auflösen. Desshalb ist es unmöglich, die im Connectiv vereinigten Nervenfasern von einander loszupräpariren, während dieses bei den peripherischen Nerven der Gnathobdelliden sehr leicht gelingt.

Ich kann nicht umhin, darauf aufmerksam zu machen, dass das vom Connectiv der Hirudineen eben entworfene Bild in manchen Punkten verschieden ist von dem, welches ich von *Pontobdella* früher einmal, im citirten Artikel über contractile und leitende Primitivfibrillen, in Wort und Zeichnung gegeben habe. Die dortige Fig. 10 stellt den Querschnitt des in gewöhnlicher Weise frisch vergoldeten Connectivs von *Pontobdella* in der Höhe des Connectivkernes dar. Die Glia ist in jenen Präparaten ganz ungefärbt, dagegen ist die Inter- und Perifibrillärsubstanz ziemlich stark gefärbt, ebenso die leitenden Primitivfibrillen, jedoch kaum von den ersteren differenzirt. Demnach erscheinen die durch die Gliasepten erster und zweiter Ordnung von einander getrennten Gruppen von Nervenfasern, welche als aus leitender Substanz bestehende radiäre Leisten auftreten und von mir so bezeichnet wurden, in der Weise, als ob sie durch Spalten von einander getrennt wären. Und das ist zum Theil auch in der That der Fall, denn die keil- oder keulenförmigen Gruppen von Nervenfasern nehmen bei der zur Einbettung nothwendigen Härtung nach Vorvergoldung (s. im 3. Abschnitt) etwas mehr an Volum ab als ihre Umgebung. Jene Interseptalspalten werden also bloß zum Theil von Gliabalken eingenommen, welche übrigens bei *Pontobdella* auch sonst spärlicher als bei *Hirudo* und *Aulastoma* entwickelt sind. Ebenso wie Fig. 10 muss ich auch Fig. 11 heute noch als vollkommen genau, das Präparat ganz getreu wiedergebend bezeichnen. Letzteres ist in der erwähnten Weise doppelt gefärbt, mit ungefärbten leitenden Primitivfibrillen, die man indessen in Folge ihrer eigenthümlichen Lichtbrechung doch erkennen kann. Die Gliabalken sind sehr dünn, daher die von ihnen gebildeten Septen so schmal. Es wurden dort bloß virtuelle Interseptalspalten angenommen, da in der That keine sichtbar und auch nicht gezeichnet sind. Es thut mir leid, dass ich entsprechende Connectivquerschnitte von *Hirudo* und

*Aulastoma* wegen der so schon großen Zahl meiner Figuren dieser Arbeit nicht beigegeben kann. Die vorausgegangene Schilderung, unterstützt durch Fig. 1—4 Taf. 23 und Fig. 7 Taf. 24, wird übrigens dem Leser vielleicht genügen, um sich einen Begriff von diesen Verhältnissen zu verschaffen.

Obige eingehende Beschreibung der Stütz- und Hüllgewebe des Nervensystems von *Hirudo* habe ich aber in dieser Arbeit deshalb für nothwendig gehalten, damit der Leser an einem concreten Falle sieht, wie deutlich bei meinen Objecten und in meinen Präparaten das eigentlich Leitende von den verschiedenen anderen Gewebeelementen, mit welchen es sich in den leitenden Bahnen von Peripherie und Centrum vereinigt, zu unterscheiden ist. Wie ganz und gar es unmöglich ist, dass etwas Anderes als das, was ich dafür halte, das Leitende im Organismus sei, wird aus dem Weiteren, glaube ich, noch klarer werden.

Und damit wollen wir den uns entglittenen Faden in Betreff der Vergleichung der Nervenstämmе von *Hirudo* und der Wirbelthiere wieder aufnehmen!

d. Vergleich der Nervenstämmе von *Hirudo* mit denen von *Lophius*. Sensorische Schläuche und Bündel.

Einen solchen Übergang der SCHWANN'schen Scheide in das Stützgewebe, das Geflecht der Gliafasern des Centralnervensystems, wie wir ihn an der Gliascheide der Nervenfasern von *Hirudo* sahen, kann ich bei den von mir untersuchten Wirbelthieren (*Lophius*, *Triton*, *Rana*, *Lepus*, *Bos*) nirgends nachweisen. In den motorischen Wurzeln von *Lophius* tritt die SCHWANN'sche Scheide von verschiedenen Gruppen der Nervenfasern in verschiedener Entfernung vom Rückenmark, aber stets außerhalb der äußeren (bindegewebigen) Hülle derselben auf. Bis dorthin wird der Achsencylinder mit seinem Myelinmantel, wie beim Kalb, von einer äußerst dünnen Umhüllung begleitet, welche aus einem Geflecht derselben Gliafibrillen besteht, die das Grundgewebe der weißen Substanz des Rückenmarks bilden und bloß den Raum für die Nervenfasern (und für die Gliazellen) frei lassen. Sonst ist die Übereinstimmung der einzelnen Bestandtheile des motorischen Nerven bei *Lophius* und *Hirudo*, wie der Vergleich von Fig. 5 Taf. 27 mit Fig. 7 und 10 Taf. 23 und Fig. 5 Taf. 24 lehrt, vollkommen, und würden sich die dicken Primitivfibrillen des gemischten Nervenstammes von *Hirudo* mit ihren Hüllen alle in einem besonderen Nervenstamm, wie etwa der Nerv

in Fig. 10 Taf. 23, aber größer, vereinigen, so würde dieser keinen wesentlichen Unterschied gegenüber der motorischen Wurzel von *Lophius* zeigen.

Sogar das Verhältnis des Durchmessers des Achsencylinders und der myelinhaltigen Hülle stimmt ziemlich überein. Der Achsencylinder von *Lophius* ist in der eingestellten Höhe (in einer größeren Entfernung vom Rückenmark ändern sich die Verhältnisse)  $1\frac{1}{2}$  —  $4\ \mu$ , durchschnittlich  $3\ \mu$  dick, der Durchmesser der Markscheide  $4$ — $16\ \mu$ , durchschnittlich  $12\ \mu$ ; bei *Hirudo* sind diese Werthe, falls der Nerv etwas mehr gestreckt ist, und die Primitivfibrillen beinahe gerade verlaufen, in den herbeigezogenen Präparaten resp.  $\frac{1}{4}$ — $\frac{2}{3}\ \mu$ , durchschnittlich  $\frac{1}{2}\ \mu$ , und  $1$ — $4\ \mu$ , durchschnittlich  $2\ \mu$ . Die Kompaktheit des Achsencylinders, welcher im Präparat, nach dem Fig. 5 Taf. 27 gezeichnet, mit meiner Hämateinlösung II ziemlich dunkel violett tingirt erscheint, ist hier kein Kunstproduct, sondern beruht auf einer sehr engen Lagerung der leitenden Primitivfibrillen, ebenso wie die große Dicke und Homogenität der in Rede stehenden gleichfalls axialen Primitivfibrillen von *Hirudo* auf einer sehr engen Vereinigung einer größeren Anzahl von Elementarfibrillen als in den anderen Arten von Primitivfibrillen enthalten sind.

Diese enge Vereinigung der Primitivfibrillen und die daraus resultirende Schwierigkeit oder (bei den meisten Methoden) Unmöglichkeit, die einzelnen Primitivfibrillen als solche zu erkennen, scheint bei den Wirbelthieren überhaupt charakteristisch für den motorischen Achsencylinderfortsatz der Ganglienzelle zu sein, welcher diese Beschaffenheit eine kürzere oder längere Strecke auch als Achsencylinder des motorischen Nerven behält. Weiter weichen seine Primitivfibrillen mehr aus einander und bilden ein loses Bündel, wie z. B. im Ischiadicus des Frosches nach Behandlung mit Osmiumtetraoxyd oder HERMANN'Scher Flüssigkeit, wo die einzelnen Primitivfibrillen in geeigneten Präparaten, von welchen einige in der zweiten Mittheilung abgebildet werden sollen, besonders nach langer Tinction in Hämateinlösung I.A, als Individuen auf Strecken von mehreren hundert Mikren zu verfolgen sind. Die stärksten von ihnen haben eine Dicke von etwa  $\frac{1}{5}\ \mu$ , die dünnsten noch deutlich sichtbaren dürften kaum dicker als  $\frac{1}{10}\ \mu$  sein. Sie sind also nicht dünner, eher dicker, als die meisten Primitivfibrillen der zweiten und dritten Art bei *Hirudo*; es ist mir aber bis jetzt nicht gelungen, sie in derselben Schärfe (so dunkel in verhältnismäßig so hell gehaltener Umgebung) zu differenziren.

Bevor wir nun zur Besprechung der zweiten und dritten Art von Primitivfibrillen, besser der Primitivfibrillen der zweiten und dritten Art von Nervenfasern in den großen Nervenstämmen von *Hirudo* übergehen, müssen wir noch in Betreff dessen, wie die motorischen Primitivfibrillen in ihren Hüllen befestigt sind, Aufklärung suchen: flottiren sie frei in einer während des Lebens flüssigen Substanz, die uns im Präparat als die die Gliascheide der Nervenfasern ausfüllende Perifibrillärschicht erscheint, oder besitzt diese Substanz schon im Leben eine solche Consistenz, dass in ihr ein Hin- und Herrücken der Primitivfibrille der Länge nach unmöglich, und eine Streckung derselben bloß bei gleichzeitiger Dehnung der gesammten Nervenfasern möglich ist?

Bewegt sich die Primitivfibrille in ihrer Perifibrillärschicht frei, so muss mit einer Streckung der Primitivfibrille nicht unumgänglich auch die Dehnung des perifibrillären Mantels Hand in Hand gehen. Klebt aber der perifibrilläre Mantel der Primitivfibrille fest an, und muss demnach mit der Streckung der letzteren auch eine Dehnung des ersteren erfolgen, so ist damit eine entsprechende Dehnung auch der Gliascheide nur dann nothwendig verbunden, wenn der perifibrilläre Mantel auch mit dieser fest verklebt ist. Die Dehnung der Gliascheide kann endlich nicht unabhängig von der des ganzen Nerven, in welchem die betreffende motorische Nervenfasern verläuft, stattfinden, wenn sie mit dem interstitiellen Bindegewebe, welches von der Neurilemmscheide her zwischen die einzelnen Nervenfasern eindringt, irgend wie fest verbunden ist. Diese Verbindung kann bei *Hirudo* nur darin bestehen, dass die interstitielle Grundgallerte des Neurilemmbindegewebes, welche eine zähe Kittmasse bilden muss, sich der Gliascheide der Nervenfasern von außen fest anklebt, da wir ja weder ein Übertreten der Gliafasern der Scheide in ihre Umgebung, noch ein Eindringen der Bindegewebsfibrillen in die Scheide nachweisen konnten. (Bei den Rhynchobdelliden sind die Verhältnisse, wie erwähnt, etwas anders.)

Woran erkennt man aber, ob der ganze Nerv, die Gliascheide und der perifibrilläre Mantel gedehnt sind oder nicht? An der leitenden Primitivfibrille fällt es auf den ersten Blick auf, ob sie gestreckt ist, oder nicht: ist sie es, so besitzt sie einen schnurgeraden, ist sie es nicht, einen mehr oder weniger gewundenen Verlauf. Die Contourlinien des ganzen Nerven, der Gliascheide und des perifibrillären Mantels sind aber auch dann gerade, wenn sie stark contrahirt sind. Allerdings zeigen die Gliafibrillen in der contrahirten Scheide einen

queren, in der gestreckten dagegen, je nach dem Grade der Dehnung mehr oder weniger schrägen, gekreuzten Verlauf. Indessen ist dieses Verhalten bei der verhältnismäßig schwachen Färbung der Gliafibrillen gerade in den Präparaten, wo die leitenden Primitivfibrillen selbst am stärksten gefärbt sind, nicht so leicht zu constatiren. Es bleibt also nichts weiter übrig, als aus dem Dehnungszustande des ganzen Körpers in der Richtung des Verlaufes des Nerven auf den Dehnungszustand des letzteren zu schließen. Ist der Körper eines Blutegels langgestreckt fixirt, so erscheint es wahrscheinlich, dass ein longitudinal verlaufender Nerv dieses Körpers ebenfalls gedehnt ist. Doch muss man dabei den ganzen Verlauf des Nerven berücksichtigen, ob durch die Streckung des Körpers die Entfernung vom Ursprung des Nerven bis zum Orte seiner Endausbreitung in der That größer geworden ist. Es kann ja die longitudinale Strecke eines Nerven auch im gestreckten Blutegelkörper contrahirt sein, wenn der überwiegende Theil dieses Nerven transversal verläuft, somit in die verkleinerte Dimension des Körpers fällt. Dafür ist bei den Gnathobdelliden durch das Vorhandensein des Perineural sinus, in welchem der Nerv hin- und hergleiten kann, gesorgt. Eine größere Sicherheit gewinnt man, wenn man sich gleich behandelte Schnittreihen von gleicher Richtung aus gestreckten und contrahirten, aber gleich großen Thieren verschafft und entsprechende Nerven in beiden vergleicht.

Je stärker man einen Nerven dehnt, um so dünner wird er natürlich *caeteris paribus* werden; ebenso: je mehr eine einzelne Nervenfasern gedehnt wird, einen um so geringeren Durchmesser erhält sie, die Gliascheide wird um so dünner und die perifibrilläre Zone um die leitende Primitivfibrille herum um so schmaler. Nun erscheinen in einem gedehnten Nerv sämtliche darin vereinigte Nervenfasern in gleichem Grade gedehnt, auch diejenigen, welche sich nachher, entweder allein oder mit anderen zusammen, vom Stamm trennen und als Äste einen anderen Verlauf annehmen, in welchem sie nicht mehr gedehnt sind. Auch umgekehrt sieht man, dass aus einem contrahirten Nerv, in welchem sämtliche Nervenfasern gleich contrahirt sind, einzelne Nervenfasern heraustreten und bei verändertem Verlauf stark gedehnt erscheinen können. Daraus folgt, dass die einzelne Nervenfasern unabhängig vom Nerv, in welchem sie eingeschlossen ist, weder gedehnt werden, noch sich contrahiren kann. Die Grundsubstanz der Neurilemmenscheide kittet also die einzelnen Nervenfasern im Nerven fest.

Aber auch sämtliche motorische Primitivfibrillen eines peripherischen Nerven befinden sich in ungefähr gleichem Zustande der Streckung: sie verlaufen gleich gewunden, wenn der Nerv contrahirt, und gleich gerade, wenn der Nerv gedehnt ist. Trennt sich nun eine motorische Nervenfasern von den übrigen und nimmt sie einen Verlauf an, bei welchem sich ihre Scheide contrahiren kann, so setzt in ihr die Primitivfibrille, welche früher gerade war, ihren Weg geschlängelt fort, um vielleicht nach einer Weile, nachdem die Nervenfasern wieder eine der früheren parallele Richtung angenommen hat, gerade gestreckt weiter zu gehen. Der Perineuralsinus geht nämlich auf die einzelne oder in Gesellschaft von ein, zwei anderen abgezwigte motorische Nervenfasern nicht über, und so ist die Scheide von diesen mit der Grundsubstanz des interstitiellen Bindegewebes des Körpers direct verklebt. Und eine Scheide — ob es nun noch immer die Gliascheide oder, nachdem diese allmählich aufgehört hat, bloß eine erhärtete und differenzirte Grenzschicht der Grundsubstanz des interstitiellen Bindegewebes ist, ist nicht leicht zu entscheiden — begleitet die motorische Primitivfibrille bei *Hirudo* bis zur Muskelfasern; nur in der Mitteldarmwand verliert sich die Scheide auch bei *Hirudo* schon viel eher, und die motorische Primitivfibrille bleibt bloß vom perifibrillären, myelinhaltigen Mantel umhüllt, so wie eine einzelne sensorische Primitivfibrille stets ohne Gliascheide, nur von Perifibrillärschicht umhüllt, ihre betreffende Sinneszelle erreicht oder sich zwischen die Epidermiszellen begiebt (s. w. u.). Allerdings kann die verdichtete Grenzschicht der umgebenden interstitiellen Grundgallerte gelegentlich auch die einzelne sensorische Primitivfibrille in Form einer sehr dünnen Scheide z. B. an die subepidermale Sinneszelle begleiten (s. Taf. 31 Fig. 9 gm).

Die passive Dehnung des Nerven, verursacht durch die größer gewordene Entfernung der Stelle des Körpers, für welche er bestimmt ist, hat also die Dehnung der einzelnen Nervenfasern, welche zum Nerv vereinigt sind, und die Dehnung der Scheide der Nervenfasern die Streckung der motorischen Primitivfibrille zur Folge. Dadurch erfahren wir aber noch immer nicht, wie sich der perifibrilläre Mantel zur Primitivfibrille verhält. Jedenfalls muss er aus einer sehr plastischen, wenn nicht flüssigen Substanz bestehen, denn weder bei der Dehnung, noch bei der Contraction der Nervenfasern ist weder zwischen Gliahülle und perifibrillärem Mantel, noch zwischen letzterem und der Primitivfibrille je irgend ein Hohlraum sichtbar. Eine Flüssigkeit, etwa eine syrupartige Masse, könnte ja diese

Substanz auch sein, und doch könnte, falls die Scheide, die sie enthält, bis zur Muskelfaser, wo die Primitivfibrille eindringt, reicht, der von der gedehnten Scheide auf diese Flüssigkeit ausgeübte seitliche Druck die Streckung der Primitivfibrille bewirken. Aber, wie gesagt, giebt es Fälle, ja bei den Rhynchobdelliden ist das überhaupt, und bei den Gnathobdelliden für die sensorischen Primitivfibrillen sogar die Regel, dass die Primitivfibrille von einem gewissen Punkte an bloß vom perifibrillären Mantel bekleidet wird; um also eine flüssige Beschaffenheit des letzteren annehmen zu können, müssten wir auch annehmen, dass die Grundsubstanz des interstitiellen Bindegewebes, die sich im Körper überall verbreitet und bei dieser Annahme ziemlich fest und elastisch sein muss, für jede Primitivfibrille mit ihrer flüssigen perifibrillären Substanz einen besonderen, schon während des Lebens präformirten Canal bildet. Jedenfalls muss sich die supponirte Perifibrillärflüssigkeit derjenigen Flüssigkeit (offenbar Wasser, vielleicht mit etwas gelöstem Eiweiß) gegenüber, welche die interstitielle Grundgallerte durchtränkt, wie Öl Wasser gegenüber verhalten. Der perifibrilläre Mantel zeigt nämlich nicht nur eine von der Grundgallerte ganz verschiedene Reaction, so u. A. starke Tingirbarkeit mit Methylenblau und in den sensorischen Nerven auch mit Goldchlorid, Unlöslichkeit in 20 %iger Salpetersäure etc., sondern auch stets ganz scharfe Grenzlinien, ohne irgend welche Mischzone.

Ein präformirter Canal in der interstitiellen Grundgallerte für die Perifibrillärflüssigkeit würde auch den Widerspruch zwischen einer großen Plasticität und der damit verbundenen, scheinbaren Elasticität des perifibrillären Mantels aufheben. Letzterer weist nämlich selbst bei der Umhüllung einer ganz gestreckten Primitivfibrille keine geradere äußere Grenzlinie auf, als wenn er eine noch so wellige Primitivfibrille (Taf. 28 Fig. 10 u. 11) umgiebt, nur ist er im ersteren Fall viel dünner, als im letzteren. Dieses Verhalten scheint auf den ersten Blick auf eine gewisse Elasticität des perifibrillären Mantels zu deuten, welcher sich nach einer passiven Dehnung, wobei die nicht elastische Primitivfibrille bloß gerade gelegt wird, beim Aufhören der dehrenden Wirkung aktiv zusammenzieht und die Primitivfibrille spiralig zusammenschiebt. Ein so enges Anschließen der perifibrillären Substanz sowohl an die gerade gezogene als auch an die spiralig zusammengeschobene Primitivfibrille, wie wir es gesehen haben, würde aber eine große Plasticität trotz dieser ebenfalls großen Elasticität voraussetzen. Und darin scheint eben der Widerspruch zu liegen. Indessen genügt zum

Erklären dieser Erscheinung auch die Elasticität der interstitiellen Grundgallerte, und man braucht der perifibrillären Substanz, wenn sie nicht flüssig ist, bloß eine große Plasticität zuzuschreiben. Es ließe sich als Regel erwarten, dass sich die Grundgallerte gegen den perifibrillären Mantel in irgend einer Weise, in wenn auch noch so dünner Lage, zu einer Grenzschicht differenzirt hat, um so mehr, da gerade bei *Hirudo* sogar die allerfeinsten Lymphcapillaren (z. B. in der Subcuticularzone des Epithels der Haut, Taf. 29 Fig. 5 *lc* in *se*) eine scheinbare Wand, gebildet von der verdichteten Grenzschicht der Grundgallerte, aufzuweisen haben. Trotzdem also diese Wand in meinen Präparaten nach verschiedenen Methoden bei den Lymphcapillaren äußerst scharf hervortritt, kann ich eine solche, ausgenommen die bereits erwähnten Fälle bei den motorischen und sensorischen Primitivfibrillen und gewisse noch zu erwähnende specielle Fälle, um den perifibrillären Mantel nicht entdecken.

Alles zusammengefasst, kann ich heute weder für die flüssige, dann öartige, noch für die feste, dann wachsartige, Beschaffenheit der Perifibrillärsubstanz irgend welche entscheidende Beweise bringen. Meine Präparate machen indessen auf mich den Eindruck, als ob an der Peripherie schon die Consistenz der Perifibrillärsubstanz genügen würde, um eine selbständige Streckung der Primitivfibrille ohne gleichzeitige Dehnung der Gliascheide oder der Grundgallerte unmöglich zu machen. Besonders gilt dies für die sensorischen Bahnen, in welchen die Inter- beziehungsweise Perifibrillärsubstanz bedeutend mehr Myelin, als in den motorischen Bahnen enthält.

In den Ganglien und in den Connectiven scheint dagegen die Streckung der Primitivfibrillen viel unabhängiger von der Dehnung der Gliascheide der betreffenden Nervenfasern vor sich zu gehen. Wenn man einen Blutegel narcotisirt, bis auf das physiologische Maximum dehnt, so feststeckt und dann durch einen paramedialen, longitudinalen Schnitt in die Bauchfläche einige quere Nervenstämme der einen Seite durchschneidet, das Thier in toto fixirt und eine frontale oder sagittale Serie aus den Somiten, wo die queren Nervenstämme durchschnitten waren, nach meiner Methode mit Goldchlorid färbt, so wird man im gedehnten Connectiv eine bedeutende Anzahl von ziemlich welligen Primitivfibrillen neben den schnurgeraden antreffen. Schneidet man dagegen bei einem stark vollgesogenen Thier, welches man in mäßiger Streckung feststeckt, die Connective quer durch, so wird man in den angrenzenden Somiten bloß in den großen Nervenstämmen stark wellige Primitivfibrillen neben den

gestreckten finden; je weiter man die peripherischen Verästelungen des Nervenstammes verfolgt, um so seltener findet man in den Nerven neben gestreckten auch wellige, schließlich sieht man in Nerven, die in der Dehnungsrichtung der Körperwand verlaufen, nur gerade Primitivfibrillen. Ähnliche Versuche habe ich bisher nur in ganz geringer Zahl gemacht und will auch aus ihnen noch keine definitiven Schlüsse ziehen. Mir genügt es diesmal, die Probleme aufgeworfen und die Wege zu ihrer Lösung angedeutet zu haben.

Die zweite Art von Primitivfibrillen, welche man im Querschnitt des besprochenen Nervenstammes (Fig. 7 Taf. 23 und Fig. 5 Taf. 24) unterscheidet, befindet sich gleichmäßig vertheilt im Lumen von drei großen Schläuchen (in keinem der vorderen Nervenstämme giebt es bei *Hirudo* und *Aulastoma* mehr als drei solche, *sschl* a, b, c), welche dicht neben einander mehr ventral (in der queren Strecke mehr rostrad) im Nerv gelagert sind<sup>1</sup>. Diese Primitivfibrillen sind dünn, meist  $\frac{1}{10}$ , aber viele auch  $\frac{1}{3}$   $\mu$ , einzelne, aus Verschmelzung mehrerer Primitivfibrillen von der gewöhnlichen Dicke entstandene sogar  $\frac{1}{3}$   $\mu$  dick. Solche kommen aber nicht in jedem Schlauch vor.

Auch die Interfibrillärsubstanz, in welcher sie, ziemlich lose, eingebettet sind, kann während des Lebens flüssig, aber wahrscheinlicher fest, jedoch gewiss nicht gallertig sein. Der Vergleich dieser Schläuche und ihres Inhaltes in physiologisch contrahirtem und gestrecktem Zustand (in jeder Schnittreihe kann man beide Zustände neben einander finden) lässt keine andere Annahme zu, als dass jene Substanz, wenn nicht flüssig, etwa wie Wachs weich und plastisch ist. Im Präparat ist sie (nach Sublimatfixirung) vollkommen homogen und (trotz Goldchlorid-Ameisensäureinjection) beinahe ganz farblos, bloß an weniger gut gelungenen Stellen blass fleischfarben und sehr fein granulirt. Sie enthält gar kein Myelin und färbt sich bei Osmiumfixirung gar nicht. Sie verhält sich in jeder Beziehung

<sup>1</sup> Die Lage des in Fig. 7 Taf. 23 abgebildeten vorderen linken Nervenstammes *vnsl* ist, wie erwähnt, in der topographischen Skizze eines Querschnittes von der Präcistellarregion des *Hirudo*-Körpers in Fig. 1 Taf. 29 sichtbar. Der entsprechende rechte Nervenstamm *vnsr* liegt zu *vnsl* genau symmetrisch, beide etwas ventral und lateral vom Ganglion. Hier hat sich der beim Austreten aus dem Ganglion lateral gerichtete Stamm (vgl. Fig. 1 Taf. 24 *vnsl*) bereits rostrad umgebogen und einen zeitweiligen longitudinalen Verlauf angenommen, deshalb kann er im transversalen Schnitt quer getroffen sein. In den Nervenstämmen liegen hier die sensorischen Schläuche ventral und lateral etwas verschieden, hingegen der Nervenmuskel in beiden ganz genau medial, was in Skizze 1 Taf. 29 nicht eingezeichnet wurde. In Fig. 7 Taf. 23 sind die Richtungen angegeben.

ganz so, wie die Interfibrillärsubstanz des peripherischen Achsen-cylinders der Wirbelthiere, welche, obwohl sie im Ischiadicus des Frosches weicher und wasserreicher als bei *Hirudo* zu sein scheint, den Namen Neuroplasma oder Axoplasma doch nicht verdient.

Der gelegentlich genau kreisförmige Querschnitt der drei Schläuche ist im Präparat von Fig. 5 Taf. 24 an den Flächen, wo sie an einander stoßen, etwas abgeplattet. Sie sind verschieden groß, einer ist immer bedeutend größer, als die zwei anderen<sup>1</sup>; letztere können manchmal mit einander verschmelzen, gelegentlich bloß streckenweise, z. B. kurz vor ihrem Eintritt in das Ganglion. (In der hinteren Wurzel sind die Verhältnisse etwas anders; der dem kleinsten Schlauch in der vorderen Wurzel entsprechende theilt sich noch vor der ersten Theilung des Stammes, gleich beim Heraus-treten aus dem Ganglion in zwei, so dass an der Stelle, welche der eben betrachteten in der vorderen Wurzel entspricht, bereits vier Schläuche vorhanden sind. Die hintere Wurzel theilt sich auch früher als die vordere, und der größte Schlauch geht in den hinteren Ast über. Hier soll im Weiteren bloß die vordere Wurzel Berücksichtigung finden.)

Die Wand der Schläuche besteht aus einer festen und elastischen Membran, welche nicht überall gleich dick, etwa  $1 \mu$ , ist (ungefähr dreimal so dick, wie die Glia-scheide der bereits besprochenen starken motorischen Primitivfibrillen). Nach Fixirung in einem Osmiumgemisch färbt sie sich auffallend dunkel, in den in Fig. 7 Taf. 23 und Fig. 5 Taf. 24 abgebildeten Präparaten ist sie dunkel weinroth. Hier und da erscheint sie (s. Fig. 7 Taf. 23) in 2—3 Lamellen gespalten. Das Myelin, welches durch Osmium so dunkel gefärbt wird, befindet sich, wie es scheint, zum größten Theil zwischen diesen; aber auch innerhalb der Wand bemerkt man eine durch Osmium stärker gebräunte, bei Nachvergoldung hell lilafarbige sehr schmale Zone, welche vielleicht ebenfalls Myelin enthält und sich dadurch vom sonstigen Inhalt des Schlauches unterscheidet.

Ihrem Aussehen nach den großen Schläuchen des *Hirudo*-Nerven entsprechend, befinden sich in den dorsalen Wurzeln von *Lophius* unter anderen Nervenfasern je 15—20 dickere von 10—24  $\mu$  Durchmesser. Es sind ebenfalls Schläuche mit einer noch dickeren (bis zu 2  $\mu$ ) Wand, welche ebenfalls aus mehreren Lamellen — mit

<sup>1</sup> Als Mittelwerth von mehreren Messungen an verschiedenen mittelgroßen Thieren bei verschiedener Contraction ergibt sich resp. 20, 14 und 10  $\mu$  für den Durchmesser der drei Schläuche.

kleinen Kernen *schek* (Taf. 27 Fig. 6) zwischen ihnen — besteht. Im Lumen des Schlauches sind sehr dicht gelagerte, sehr feine Primitivfibrillen (feinere als in den Schläuchen von *Hirudo*) besonders nach Goldchlorid-Ameisensäureinjection gut zu erkennen, obwohl es mir bisher nicht gelungen ist, sie so scharf (schwarz gefärbt) zu differenzieren, wie bei Hirudineen und anderen Wirbellosen. Die Interfibrillärsubstanz reagiert ganz so, wie bei *Hirudo*, sie enthält ebenfalls kein Myelin (vielleicht aber mehr Eiweiß). Obwohl nun die dorsale Wurzel von *Lophius* ein gemischter Nerv ist und neben einer dritten Art Fasern auch zahlreiche motorische, direct von Ganglienzellen herkommende ganz wie in der ventralen Wurzel enthält, so dürften die großen Schläuche doch wohl als sensorisch betrachtet werden. (Sie treten mit Spinalganglienzellen in Verbindung. Ich habe aber einen solchen Schlauch gelegentlich von einer der großen birnförmigen Ganglienzellen, die FRITSCH entdeckt hat, aus der dorsalen Furche des Rückenmarks in die dorsale Wurzel hinein verfolgen können, will jedoch auf diese Beobachtung vorläufig kein Gewicht legen, weil meine Untersuchungen über *Lophius* noch ergänzt werden müssen, wofür ich eben neues, frisches Material nach neueren Erfahrungen zu behandeln im Begriffe bin.)

Das Verhalten der drei großen Nervenschläuche einer jeden vorderen Nervenwurzel von *Hirudo* innerhalb der Fasermasse des Ganglions entspricht vollkommen dem, welches von der heutigen Wirbelthier-Neurologie den sensorischen Nervenfasern zugeschrieben wird. Davon kann man sich leicht vollkommen überzeugen, wenn man die Schläuche erst an transversalen, sagittalen und frontalen Schnittreihen eines Mittelkörperstückes (1—2 Somite) von *Hirudo* verfolgt (wozu auch Fixirungen in Osmiumgemischen mit Vortheil herbeigezogen werden), zeichnet und dann das Resultat mit Methylenblaupräparaten, die die Ganglien und möglichst lange Strecken ihrer Seitennerven in toto und im Zusammenhang enthalten, vergleicht. Die drei Schläuche und ihre centralen Verästelungen gehören mit zu den am leichtesten und vollständigsten der Methylenblautinction zugänglichen leitenden Bahnen. Sie sind es, welche die bereits von Mehreren beschriebenen und abgebildeten hirschgeweihartigen Gebilde liefern, die übereinstimmend als die centralen Endigungen von sensorischen Bahnen beschrieben wurden (Fig. 1 und 6 Taf. 25, Fig. 1, 2 und 4 Taf. 26, Fig. 1, 2 Taf. 27: *sschl a*, beziehungsweise *b* und *c*). Nun verlaufen die zwei Hauptäste des sich T-förmig verzweigenden dicksten Schlauches (*sschl a*) in dem paramedialen Längs-

feld der Fasermasse jenseits der Mittellinie (der eine, stets bedeutend stärkere Ast des Schlauches aus der caudalen Wurzel rostrad, aus der rostralen caudad gerichtet; der andere, schwächere Ast immer in der entgegengesetzten Richtung, aber in derselben Längslinie); die Verzweigungen von diesen zwei Ästen breiten sich weiter lateralwärts in der Fasermasse aus (Fig. 1 Taf. 25, Fig. 1 und 2 Taf. 27). Die Hauptäste der beiden dünneren Schläuche (*sschl b*, *sschl c*) liegen im paralateralen Längsfeld derselben Seite; die des dünnsten Schlauches meist etwas mehr lateral (Fig. 1 u. 6 Taf. 25: *sschl c*). Die Verzweigungen aller drei Schläuche befinden sich in einer mittleren Frontalschicht (Frontomedianebene, s. w. u.) der Fasermasse. (Diese Angaben seien bloß zum Zwecke der Identificirung der drei Schläuche erwähnt.)

Die kleinsten in den gewöhnlichen Methylenblaupräparaten noch sichtbaren Zweige dieses offenbar sensorischen Geästes endigen mit einer kleinen kolbenförmigen Anschwellung, dem centralen, sensorischen Endkolben der Autoren (*ek* in Fig. 1 und 2 Taf. 25). Ich kann aber besser gelungene Methylenblaupräparate vorzeigen, welche darthun, dass jene »Endkolben« noch keineswegs das Ende der sensorischen Leitung bedeuten, sondern bloß die Stellen sind, wo die Primitivfibrillen (welche, durch Spaltung der im noch unverästelten Schlauch sichtbaren, noch nicht so dünnen Primitivfibrillen entstanden, vielleicht bereits Elementarfibrillen entsprechen) nicht mehr in wenn auch kleinen, aber besonders wegen der sie zusammenkittenden und nach der GOLGI'schen Imprägnirung oder einer unvollkommenen Methylenblautinction allein gefärbten Interfibrillärsubstanz doch viel leichter nachweisbaren Bündeln verlaufen, sondern nunmehr ganz isolirt ihren Weg gehen (*spf* in Fig. 1 und 2 Taf. 25).

Zur Darstellung dieser Strecke des Verlaufes der sensorischen Primitivfibrillen scheint sich bis jetzt meine Goldchloridameisensäure-Methode leider weniger zu eignen als meine Methylenblaumethode, trotzdem ich bei dieser keine Schnittreihen herstellen konnte, weil bis jetzt keine(!) Methode bekannt ist, welche durch das Vorbereiten zum Schneiden des mit Methylenblau tingirten Objectes nicht beinahe alle Feinheiten der Tinction auslöschen und bloß das Allergrößte, was in Schnitten auch nach anderen Tinctionen beinahe ebenso gut sichtbar ist, conserviren würde. In dem noch unverästelten Schlauch werden die leitenden Primitivfibrillen durch Goldchlorid-Ameisensäure-Tinction sehr schön differenzirt, wie es Fig. 6 Taf. 24 *sschl* zeigt. Im Präparat treten die leitenden Primitivfibrillen viel schärfer und deutlicher hervor, als es mir gelungen ist, sie in der

Zeichnung wiederzugeben. Und die Deutlichkeit der Lithographie ist noch weiter von der des Präparates entfernt. Auch zu verfolgen sind sie im unverästelten Schlauch und in seinen Hauptästen trotz ihres unregelmäßig welligen, obwohl weniger geschlängelten Verlaufes als der der motorischen Fibrillen, ziemlich leicht. Dagegen entzieht sich die einzelne Primitivfibrille der Beobachtung, sobald sie in die kleineren Zweige des Schlauches übergeht. Hier ist sie auch nach Methylenblautinction wohl angedeutet, jedoch nicht zu verfolgen, um so besser aber von dem vermeintlichen Endkolben an, wo die Primitivfibrillen, nach verschiedenen Richtungen divergirend, in die stark myelinhaltige Grundsubstanz der centralen Fasermasse hinaus-treten, so zu sagen hinausstrahlen (Fig. 2 Taf. 25). Ähnliche Primitivfibrillen treten auch an den Seiten der Äste, sogar der Haupt-äste und des noch unverästelten Stammes aus, aber stets von einem kleineren oder größeren Höcker ihrer Oberfläche, welche als Enden von sehr kurz gebliebenen Seitenästen zu betrachten sind.

Alle diese Primitivfibrillen gehören zu den feinsten, welche man mit meinen Methoden noch sichtbar machen kann. In Fig. 2 Taf. 25 ist der auch in Fig. 1 gezeichnete Endkolben bei 1000facher Vergrößerung möglichst genau wiedergegeben, und die austretenden Primitivfibrillen *spf* genau so stark gezogen, wie sie bei dieser Vergrößerung erschienen (in der Lithographie sind sie meist etwas stärker herausgekommen). Eine andere Methode der Dickenmessung konnte ich bei ihnen nicht ausführen, als dass ich unter dem ABBESchen Zeichenapparat mit einem sehr harten und spitzen Bleistift Linien von derselben Stärke zu ziehen mich bemühte, diese dann im Zeichenfelde parallel nahe zur betreffenden Fibrille legte und die Übereinstimmung bei oft wiederholten Versuchen controllirte. Nun maß ich die Dicke der gezeichneten Linien ebenfalls mit dem Zeichenapparat bei 50—100facher Vergrößerung; daraus berechnete ich die Dicke der Primitivfibrille im mikroskopischen Bild bei 1000facher Vergrößerung und hieraus endlich die thatsächliche Stärke derselben. Letztere schwankt zwischen 0,05 und 0,1  $\mu$ . Sie scheinen also ziemlich verschieden dick zu sein. Dennoch kann man sie, wie erwähnt, vielleicht schon als Elementarfibrillen betrachten. In der That ist keine weitere Verästelung von ihnen wahrnehmbar. Möglich, dass zum Erkennen einer solchen auch die heutigen optischen Hilfsmittel nicht hinreichen würden, zumal da diese Fibrillen nach der Methylenblautinction keineswegs so dunkel und deshalb nicht so außerordentlich scharf gezeichnet erscheinen, wie ähnlich dicke

nach Goldchloridtinctio n z. B. in den Retinazellen von *Hirudo* (z. B. Fig. 3 Taf. 30) oder in den Muskelfasern von *Pontobdella* (Fig. 3 Taf. 32). Scheinbare Verästelungen kommen dadurch zu Stande, dass mehrere Fibrillen ganz nahe zu einander aus dem Endkolben oder aus einem Seitenhöcker austreten, ein kleines Bündel bilden, welches auf den ersten Blick und bei ungenügender Vergrößerung wie eine einheitliche Fibrille aussehen kann, und sich erst nachher von einander entfernen.

Damit ich nichts Charakteristisches unerwähnt lasse, füge ich zur Beschreibung der aus den sensorischen Schläuchen ausgetretenen Primitivfibrillen noch hinzu, dass sie beinahe nie irgend welche Varicositäten zeigen, sondern auch in Methylenblau-Präparaten stets glatt sind, in welchen sonst die Primitivfibrillen der sensorischen Bündel (s. w. u.) auffallend varicös erscheinen, um vom diffusen Elementargitter gar nicht zu reden, da bei diesem im Gegentheil die Neigung zur Bildung von Varicositäten eine charakteristische Eigenschaft ist. Vielleicht hängt das Fehlen von Varicositäten damit zusammen, dass die Interfibrillärmasse in den sensorischen Schläuchen, wie erwähnt, kein Myelin enthält.

Was ist nun das Schicksal dieser dünnsten Primitivfibrillen, welche möglicherweise aus bloß je einer Elementarfibrille bestehen? Ein Theil, und zwar der größte, verliert sich nach einer längeren oder kürzeren Strecke in der centralen Fasermasse und ist wegen Mangel an Differenzirung nicht weiter zu verfolgen. Andere gehen in das differenzierte Elementargitter in der Fasermasse über, weiter giebt es solche, die direct in einen kleinen Zweig des Fortsatzes von irgend einer Ganglienzelle übergehen, und endlich auch welche, die die verschiedenen sensorischen Schläuche an Stellen, wo sie mit ihren Ästen nahe zu einander kommen, unmittelbar verbinden. Um diese Verhältnisse dem Leser im Bild vorführen zu können, hätte ich eine größere Anzahl von bei sehr starken Vergrößerungen gemachten Zeichnungen dieser Arbeit begeben müssen. Ich habe es indessen aus dem oben erwähnten Grunde unterlassen und will mich damit begnügen, auf einige Zeichnungen hinzuweisen, welche, allerdings bloß nebenbei, auch etwas von diesen Verhältnissen veranschaulichen könnten. Meist ist bei ihnen dazu leider auch die Vergrößerung zu gering, so dass die Präparate viel mehr zeigen, als die Zeichnungen wiederzugeben vermögen. Manche Verbindungen, welche im Präparate unzweifelhaft vorhanden und sicher nicht künstlich hervorgerufen worden sind, habe ich nicht eingezeichnet,

weil es unmöglich gewesen ist, sie ohne Änderung des thatsächlichen Verlaufes der Fibrillen zu veranschaulichen.

So ist in Fig. 1 Taf. 27 die 250fache Vergrößerung, bei welcher ich das Bild, um keine abnorm große Zeichnung nach dem Inhalte von mehreren Gesichtsfeldern zusammensetzen zu müssen, entwarf, noch viel zu gering, um die Verbindungen deutlich zu sehen, geschweige denn mit dem Zeichenapparat verfolgen zu können. Deshalb wurden die Stellen, wo solche stattfinden, bei einer 1000fachen Vergrößerung erst besonders gezeichnet und so in die Figur die betreffenden Einzelheiten nachträglich eingetragen. Dabei mussten die dünneren Fibrillen natürlich an mehreren Stellen stärker, als der Vergrößerung entspricht, gezeichnet werden, um sie deutlich zu machen. Es handelt sich hier um die Darstellung des Verlaufes von Gebilden, welche sich in einem von der Bauchfläche gesehenen Bauchganglion in sehr verschiedenen Ebenen befinden. Ich konnte letztere in der Zeichnung nicht anderswie aus einander halten, als dass ich drei Niveaus durch verschiedene Färbung der vorwiegend in ihnen verlaufenden Gebilde bezeichnet habe: braun die höchste, grünlichgrau die mittlere und schwarz die tiefste Lage. Diese Färbung ließ ich ihnen zum Theil auch dort, wo sie bereits in eine andere Höhe übergegangen sind und sich mit Gebilden, die in dieser liegen, verbinden.

Bei den Sternchen in dieser Figur sieht man, wie der braune sensorische Schlauch *sschla* (*hl*), der größte in der hinteren linken Wurzel, durch Übergang von feinsten Primitivfibrillen, die man in der Zeichnung allerdings nicht besonders unterscheiden kann, einerseits mit dem grünlich grauen diffusen Elementargitter, andererseits mit einem charakteristischen und constanten Ast des ebenfalls grünlich grauen Fortsatzes der constant vorhandenen Ganglienzelle *sgz* in directe Verbindung tritt. Der Körper der Ganglienzelle liegt etwas weiter, so dass sie nicht in die Zeichnung hineingebracht werden konnte und deshalb bloß angedeutet wurde. In Fig. 1 Taf. 31 ist die entsprechende Ganglienzelle (*gz*) mit den charakteristischen und constanten Ästen ihres Fortsatzes aus einem anderen von der Rückenfläche gesehenen Ganglion abgebildet. Der sich in den hinteren linken Nervenstamm begebende Theil des Fortsatzes, welcher also im Sinne der Wirbelthier-Neurologie den Achsencylinderfortsatz darstellt, ist in beiden Figuren mit *afo* bezeichnet. Bei den zwei Sternchen in Fig. 1 Taf. 27 ist der vorhin erwähnte Ast des Ganglienzellenfortsatzes mit einem kleineren sensorischen Schlauch aus

dem rechten hinteren Nervenstamm *sschlb* (*hr*) verbunden. Bei den drei Sternchen (ganz oben) ist der große sensorische Schlauch mit den Ästen eines anderen in Verbindung zu sehen.

Von dem wiederholt erwähnten, aber noch nicht eingehender besprochenen Elementargitter ist in verschiedenen Figuren (so außer in der Fig. 1 Taf. 27 in Fig. 1 u. 6 Taf. 25, Fig. 2 u. 3 Taf. 26) etwas eingezeichnet; mehr hätte dieselben zu verwickelt gemacht. Übrigens lässt es sich auch ziemlich schwer in der Zeichnung darstellen, obwohl es die Präparate sehr schön sehen lassen. Eine Unzahl von Drähten, welche die sich in jeder Richtung ausbreitenden Primitivfibrillen mit einander verbinden und die Gesamtheit derselben zu einem Gitterwerk, nicht bloß zu einem Geflecht gestalten, besitzen einen dorsoventralen Verlauf und sind zwar in Methylenblaupräparaten sehr gut zu verfolgen, aber um so schlechter zu zeichnen, da man die mit Methylenblau behandelten Ganglien von *Hirudo* nicht anders, als in dorsaler oder ventraler Lage mit Vortheil einschließen und bis zum nöthigen Grade plattdrücken kann.

Mit dem Namen diffuses Elementargitter will ich die Gesamtheit jener feinsten leitenden Bahnen bezeichnen, welche die centrale Fasermasse der Ganglien in jeder Richtung außerordentlich zahlreich durchziehen, durch Seitenbahnen mit einander in jeder Richtung vielfach anastomosiren und nicht Primitivfibrillen, die direct in eine Ganglienzelle, in ein Connectiv oder in einen peripherischen Nervenstamm zu verfolgen sind, entsprechen. An Stellen, wo es durch Methylenblau vollkommen tingirt ist, hat dieses Gitterwerk eine große Ähnlichkeit mit dem, welches in den Retinazellen von *Hirudo* u. A. in Fig. 3 Taf. 30 und Fig. 8 Taf. 31 dargestellt ist, nur dass sich letzteres in einer peripherischen Zone, obwohl stets ohne Zweifel innerhalb der Zelle, in einer Ellipsoidfläche ausbreitet, wogegen das diffuse Elementargitter die centrale Fasermasse des Ganglions in jeder Richtung durchdringt. Die einzelnen Drähte des diffusen Elementargitters entsprechen stets je einer Primitivfibrille, umhüllt von myelinhaltiger Perifibrillärs substanz; sie können eine ziemlich verschiedene, aber immer nur ganz geringe Dicke besitzen, etwa von  $0,05 \mu$  bis  $0,2 \mu$ . Sie können gelegentlich ganz glatt aussehen, meist sind sie aber mit unregelmäßigen Verdickungen besetzt, welche an den Knotenpunkten des Gitters nur höchst selten fehlen. Die Knotenpunkte sind meist dreischenklig und bestehen aus einer zweifellosen Verschmelzung der dort zusammentreffenden Drähte ebenso wie im leitenden Gitter der erwähnten Retinazellen. Meist

sind alle drei Schenkel gleich dick; die Knotenpunkte sind eben nicht Theilungsstellen von dickeren Neurofibrillen, die sich in zwei dünnere spalten würden. Vierschenkelige Knotenpunkte, bei welchen noch eher an eine bloß sehr enge Aneinanderlagerung sich kreuzender Bahnen gedacht werden könnte, kommen ziemlich selten vor. Die Maschen des Gitterwerkes erscheinen in den meisten Methylenblaupräparaten äußerst verschieden groß, zwischen viel weiteren Grenzen als im leitenden Gitter der Retinazellen. Meist sind die engsten ungefähr so groß, wie die der Retinazellen von *Hirudo*. In einigen Methylenblaupräparaten, welche in dieser Beziehung als besonders gut gelungen aufzufassen sein dürften, habe ich indessen ausgedehnte Stellen der centralen Fasermasse gesehen, wo sich die Dimensionen der Maschen des Elementargitters ungefähr innerhalb derselben Grenzen bewegten, wie die des leitenden Gitters, z. B. in den Retinazellen *c*, *d*, *e* der Fig. 3 Taf. 30. Daraus schließe ich, dass gewöhnlich ein großer Theil der Drähte des diffusen Elementargitters undifferenzirt bleibt, und dass die Verdickungen, welche meist an den Ecken der zickzackförmig verlaufenden Drähte vorkommen, vielfach Knotenpunkten entsprechen, an welchen der dritte Schenkel keine Färbung angenommen hat.

Eine Quelle, aus welcher das leitende Material des diffusen Elementargitters her stammt, haben wir schon in den an den centralen Endkolben und Seitenhöckern der sensorischen Schläuche austretenden Primitivfibrillen kennen gelernt. Der Übergang derselben in das Gitter findet in der Weise statt, dass sie sich nach einem längeren oder kürzeren selbständigen Verlauf einfach zum dritten Schenkel eines dreischenkelligen Knotens im Elementargitter gestalten. Die anderen Quellen davon sollen weiter unten bekannt gemacht werden.

Die Primitivfibrillen der dritten Art von Nervenfasern, denen wir im Querschnitt des Nervenstammes von *Hirudo* begegnen, unterscheiden sich von den Primitivfibrillen der sensorischen Schläuche, wie erwähnt, nur wenig, um so verschiedener ist aber ihr Verhalten in der centralen Fasermasse und die Art und Weise, wie sie im Nerv vereinigt sind. Auch von ihnen besitzt eine größere Anzahl eine gemeinsame Gliascheide. Diese ist bei den Gnathobdelliden sehr scharf differenzirt, sogar etwas dicker und bei Goldchloridtinction stärker gefärbt als die Scheide der motorischen Fasern. Die Interfibrillärmasse, welche die Primitivfibrillen hier verkittet, enthält eine viel größere Menge gleichmäßig vertheilten Myelins, als die Perifibrillärsubstanz der motorischen Primitivfibrillen. Die Myelinforma-

tionen, welche an der Schnittfläche des quer durchschnittenen Hirudineennerven reichlich hervorquellen, stammen, wie man es während des Processes mit dem Mikroskop controlliren kann, aus der Interfibrillärsubstanz dieser Nervenfasern. Letztere erscheinen in Folge ihres großen Myelingehtes nach der Einwirkung von osmiumhaltigen Fixierungsmitteln sehr stark gebräunt, während von den sensorischen Schläuchen, wie gesagt, nur die Scheide und höchstens eine peripherische Zone des Inhaltes eine stärkere Bräunung aufweist, und die motorischen Fasern beinahe ganz ungebräunt bleiben. Auch nach Goldchloridtinction der Schnitte bekommen sie eine besonders auffällige braunpurpurne Färbung (atropurpureus SACCARDO mit braun versetzt und diluirt), welche ebenfalls der Interfibrillärsubstanz zu verdanken ist. Dagegen erreicht man bei ihnen mit Methylenblau besonders leicht eine reine stahlblaue Tinction der leitenden Primitivfibrillen bei ungefärbter Interfibrillärsubstanz. So erscheinen diese Nerven als je ein Bündel von eng zusammengepackten, sehr dünnen und scharf gezeichneten Primitivfibrillen, im Nerv beinahe ohne Varicositäten; ihre Scheide ist nämlich, wie Gliagewebe überhaupt, in Methylenblaupräparaten unsichtbar, bei Rhynehobdelliden auch überhaupt wenig entwickelt und nicht scharf von ihrer Umgebung abgegrenzt. Desshalb, und weil sich ihre Primitivfibrillen deutlich als sensorisch oder überhaupt centripetal leitend erweisen, will ich sie zur Unterscheidung von der anderen Art sensorischer Nervenfasern, den sensorischen Schläuchen, *sensorische Bündel* nennen.

In Fig. 7 Taf. 23, Fig. 5 und 6 Taf. 24 sind die sensorischen Bündel, ihrem Verhalten nach Goldchlorid-Tinction gemäß, dunkler gezeichnet als die übrigen Nervenfasern. Fig. 8 und 9 Taf. 23 sind kleinere Nerven mit nur sensorischen Bündeln. In diesen sieht man die Querschnitte einiger stärkerer Primitivfibrillen als größere Punkte. In ihrem peripherischen Verlaufe können sich nämlich mehrere dünnere Primitivfibrillen der sensorischen Bündel zu einer dickeren vereinigen. Das ist besonders in den Nerven des Auges und der subepithelialen Sinneszellen (s. w. u.) der Fall. Erstere Nerven zeigen in jeder Beziehung den Charakter der sensorischen Bündel, wie sie in den großen Nervenstämmen aussehen; sie können ja in solche hinein verfolgt werden, nur enthalten sie in überwiegender Zahl beinahe so starke Primitivfibrillen, wie die motorischen. Besonders schön kann man diese Thatsache in den Augennerven von *Pseudobranchellion* (Fig. 1 und 2 Taf. 30), aber auch bei *Hirudo* (Fig. 3 Taf. 30 und Fig. 5 Taf. 31) illustriert sehen.

Der Querschnitt der sensorischen Bündel ist in den Nervenstämmen in Folge des Druckes, den die dort vereinigten Nervenfasern auf einander ausüben, sehr verschieden und unregelmäßig; in kleineren peripherischen Nerven, besonders in etwas gedehnten, ist er nicht selten nahezu kreisrund. Auch ihr Durchmesser variiert sehr, wie schon aus den Fig. 7—9 Taf. 23 und Fig. 5 Taf. 24 deutlich hervorgeht: der größte Durchmesser der dünnsten Nervenfasern dieser Art erreicht kaum  $4 \mu$ , der der dicksten geht über  $14 \mu$ . Nicht selten findet man sogar in kleineren peripherischen Nerven sensorische Bündel von noch größerer Dicke (vergleiche z. B. Fig. 8 und 9 mit Fig. 7 Taf. 23 oder mit Fig. 5 Taf. 24). Die Erklärung davon ist die Thatsache, dass gewisse bei ihrem Austritt aus dem Ganglion zwar nicht scharf von einander getrennte, aber in den Stämmen deutlich gesonderte sensorische Bündel sich in ihrem weiteren peripherischen Verlauf wieder zu größeren mit einander vereinigen. Andererseits theilen sich aber dickere Bündel in peripherischer Richtung auch in mehrere dünnere. Bei Fig. 9, wo ein und derselbe Schnitt in *A* und *B* bei zwei verschiedenen Einstellungen von  $4 \mu$  Niveau-Unterschied gezeichnet ist, befand sich die Theilung des Bündels *snf* (*sb*) 2 gerade innerhalb der Schnittdicke: bei *A* sieht man daran bloß eine leise Andeutung von zwei Einschnürungen, bei *B* ist es schon in drei Bündel getheilt. Am *sb* 3 und *sb* 4 sieht man im nächsten  $6 \mu$  dicken Schnitt drei, beziehungsweise zwei schmale Einbuchtungen; um noch einen Schnitt weiter ist *sb* 3 schon in drei, *sb* 4 in zwei Bündel getheilt.

Dank der Bräunung ihres Myelins durch die Osmiumgemische, der verhältnismäßig starken Tinction ihrer Interfibrillärsubstanz durch Goldchlorid und endlich der leichten und vollkommenen Tingirbarkeit ihrer leitenden Primitivfibrillen mit Methylenblau sind die sensorischen Bündel sowohl an Schnittreihen, als auch an den in toto herauspräparirten Ganglien sehr leicht in die centrale Fasermasse hinein und dort in ihren weiteren Ausbreitungen zu verfolgen.

Der bei Weitem größte Theil der Primitivfibrillen der sensorischen Bündel bleibt in der centralen Fasermasse auf der Eintrittseite und biegt zum Theil in rostrader, zum Theil in caudader Richtung um, nimmt einen longitudinalen Verlauf an und bildet rechts und links von der Mittellinie, vereinigt mit den sich ebenso verhaltenden Primitivfibrillen der sensorischen Bündel des anderen Nervenstammes derselben Seite, je drei große Bündel, welche sich caudad und rostrad in das betreffende Connectiv fortsetzen. Diese drei großen Züge von

sensorischen Primitivfibrillen nenne ich laterales, paralaterales und paramediales sensorisches Bündel der centralen Fasermasse. Sie befinden sich zwar nicht genau in einer Frontalebene, doch bilden sie eine subventrale Schicht der Fasermasse, welche indessen von zahlreichen anderen Primitivfibrillen in verschiedener Richtung durchsetzt ist. Demnach liegen sie ventral von den sensorischen Schläuchen, welche sich in der frontomedialen Schicht der Fasermasse ausbreiten<sup>1</sup>.

Anordnung, Form und Verlaufsrichtung der drei sensorischen Bündel in der linken Hälfte eines Mittelkörperganglions von *Hirudo* ist in Fig. 3 Taf. 25 dargestellt. Hier ist gerade ein gelegentlich vorkommender besonderer Fall zu sehen, dass sich nämlich das paramediale Bündel in zwei Stränge theilt, welche sich erst kurz vor dem Eintritt in das Connectiv vereinigen. Es wurden bloß die am schärfsten differenzirten, leicht mit dem Zeichenapparat verfolgbaren Primitivfibrillen gezeichnet; in Wirklichkeit sind an solchen alle drei Bündel viel reicher. Die lateralen und paralateralen Stränge sind auch in Fig. 4 Taf. 25, so weit sie in der Schnittdicke enthalten waren, angedeutet. Auch in diesen beiden sieht man gelegentlich von einander durch auffallendere Zwischenräume gesonderte Züge, andererseits kann aber eine deutliche Grenze auch zwischen dem lateralen und paralateralen Bündel fehlen. In der Regel geschieht zwar die Theilung der in das Ganglion eingetretenen sensorischen Bündel so, dass ein Theil der Primitivfibrillen ungespalten in der einen, der andere in der anderen Richtung umbiegt; doch kommen ziemlich häufig auch solche, stärkere Primitivfibrillen vor, welche sich nach ihrem Eintritt in die centrale Fasermasse spalten, und deren einer Ast caudad, der andere rostrad verläuft. Ebenso wie sie durch Vereinigung mehrerer Bündel der Nervenstämmen entstanden sind,

<sup>1</sup> Diese Schichten bilden keineswegs gesonderte, etwa von einander lospräparirbare Lagen in der centralen Fasermasse. Ich gebe ihnen bloß deshalb besondere Namen, damit ich die topographischen Verhältnisse der einzelnen leitenden Bahnen genauer angeben kann. So will ich in der centralen Fasermasse in dorsoventraler Richtung folgende unter einander befindliche Schichten als Höhenangaben unterscheiden: dorsale, subdorsale, frontomediale — diese zur Unterscheidung von der gewöhnlich median genannten, genauer sagittomedianen Ebene, schlechthin der Mittelebene des Körpers —, subventrale und ventrale Schicht. Zu demselben Zwecke unterscheide ich dort von sagittalen Schichten folgende: laterale, paralaterale, paramediale und sagittomediale. Endlich von transversalen Schichten: rostrale, postrostrale, transverso-mediale, präcaudale und caudale.

theilen sich die sensorischen Stränge der centralen Fasermasse bei ihrem Übergang in die Connective in je mehrere durch Gliascheiden, allerdings nicht so deutlich wie in den Nervenstämmen, gesonderte Bündel. Auch der Querschnitt von diesen ist nicht, wie in den queren Nervenstämmen oder peripherischen Nerven, mehr oder weniger isodiametrisch, sondern stets stark in tangentialer Richtung abgeplattet, eine radial gestellte Keilform.

In manchen Methylenblaupräparaten, wo eine nicht allzu große Anzahl von leitenden Bahnen die Tinction angenommen hatte, konnte ich manche Primitivfibrillen der sensorischen Bündel in beiden Richtungen nicht nur bis in das nächste, sondern auch das zweite, dritte, ja noch entferntere Ganglion verfolgen. Weiter verhalten sich dort diese sensorischen Primitivfibrillen ebenso wie diejenigen, welche sich nicht zu den longitudinalen Bündeln gesellen, sondern in demselben Ganglion, wo sie vom Nervenstamm her eingetreten sind, bleiben. Ein Theil von ihnen geht entweder direct oder nach wiederholten Verzweigungen mit den Endästchen in derselben Weise, wie die Primitivfibrillen der sensorischen Schläuche, in das diffuse Elementargitter über. Ein anderer Theil gestaltet sich ebenfalls entweder unmittelbar oder nach Verzweigungen, aber ohne Vermittelung des diffusen Elementargitters, zu einem feinsten Ästchen des Fortsatzes einer Ganglienzelle. In dieser Weise kann also ein directes Eindringen von centripetal leitenden Primitivfibrillen in die Ganglienzelle stattfinden. Fig. 2 und 3 Taf. 31 stellen zwei solche Ganglienzellen dar, bei denen die feinen Äste *x*, beziehungsweise *x* und *y*, ihres Fortsatzes dadurch zu Stande kommen, dass je eine Primitivfibrille, welche mit einem lateralen sensorischen Bündel aus einem entfernteren Ganglion kommt, sich zu den übrigen im Fortsatz enthaltenen Primitivfibrillen gesellt.

Sucht man nun in den spinalen Wurzeln von *Lophius* die Nervenfasern, welche den sensorischen Bündeln von *Hirudo* entsprechen würden, so findet man, dass in den dorsalen Wurzeln neben den großen Schläuchen (*sschl* in Fig. 6 Taf. 27), die den sensorischen Schläuchen von *Hirudo* entsprechen, und den ziemlich zahlreich vertretenen motorischen Fasern (*mf*) eine überwiegende Anzahl von sehr dünnen Nervenfasern mit Myelinscheide (*snf*) und viele noch dünnere Bündel von Primitivfibrillen ohne Myelinscheide vorkommen, welche zum Vergleich mit den sensorischen Bündeln übrig bleiben. Die dünnsten Bündel ohne besondere Myelinscheide besitzen indessen eine ebenso starke Hülle wie die anderen. Sie zeichnen sich einerseits dadurch,

dass ihnen die Goldchloridtinction eine intensivere braunrothe und die Färbung mit Hämateinlösung I. A. graue Farbe verleiht, andererseits dadurch, dass in jedem Querschnitt des Nervenstammes auffallend viele von ihnen einen Kern in ihrem Lumen enthalten, aus. Dieser Kern ist mitten zwischen den Primitivfibrillen eingebettet, wogegen bei den motorischen Fasern die Kerne die gewöhnliche Lage zwischen SCHWANN'scher Scheide und Myelinscheide besitzen und in den großen Schläuchen größtentheils zwischen den Lamellen der mehrblättrigen, dicken Scheide eingekeilt sind, und zwar auch mehrere in derselben Höhe (*scheke*)<sup>1</sup>.

Größer ist aber die Ähnlichkeit der sensorischen Bündel mit den REMAK'schen Fasern der Peripherie, z. B. im Peritoneum des Frosches, wo die Primitivfibrillen in ihnen schon nach Fixirung mit ZENKER'scher Flüssigkeit und starker Tinction mit Hämateinlösung I. A. ziemlich deutlich sind. Der Unterschied, welcher darin besteht, dass die sensorischen Bündel bei den Gnathobdelliden eine stark entwickelte Glia-scheide besitzen, die REMAK'schen Fasern des Froschperitoneums dagegen nicht, fällt bei den Rhynehobdelliden, wo sie keine gesonderte Glia-scheide besitzen, weg.

Und somit haben wir die drei Arten von Nervenfasern bei *Hirudo* an der Peripherie und im Centrum kennen gelernt. Von einer Constanz der Zahl der Nervenfasern in den Nervenstämmen kann nur in Betreff der sensorischen Schläuche, von denen, wie wir wissen, z. B. im vorderen Nervenstamme stets drei vorhanden sind, die Rede sein. Die motorischen Fasern und die sensorischen Bündel weisen sowohl in distaler, als auch in proximaler Richtung inconstante Verzweigungen und Anastomosen auf, so dass die Zahl der gesondert angetroffenen Faserquerschnitte in den auf einander folgenden Querschnitten des noch einheitlichen Nervenstammes, wie gesagt, rasch wechselt, indessen in derselben Höhe in verschiedenen Somiten und Individuen ziemlich gleich ist. Man kann aber von einer gewissen Constanz der Menge der leitenden Primitivfibrillen von centripetaler und centrifugaler Function in den Nervenstämmen reden. Es wäre zu erwarten, dass damit auch eine Constanz der Zahl der Nervenzellen, welche diese Menge von leitender Substanz für den Nervenstamm produciren, verbunden sei (s. w. u.).

Die motorischen Fasern und die sensorischen Bündel haben wir

---

<sup>1</sup> Auf die Frage, ob alle diese Kerne die gleiche Bedeutung haben, will ich jetzt nicht eingehen.

bei *Hirudo* auch in die Connective verfolgt. So auffallende sensorische Schläuche, wie in den peripherischen Nervenstämmen, existiren bei *Hirudo* und *Aulastoma* in den Connectiven nicht. Dagegen findet sich dort bei *Pontobdella* je ein großer sensorischer Schlauch in dorsaler und meist mehr medialer Lage: es sind das jene seit langer Zeit bekannte große Röhren, deren gleiche Bedeutung mit den Neurochorden von *Lumbricus*, der Capitelliden etc. ich zuerst nachgewiesen, und die ich als colossale Nervenfasern gedeutet habe. In der centralen Fasermasse verästeln sie sich bei *Pontobdella* im Wesentlichen in derselben Weise, wie die sensorischen Schläuche der Nervenstämmen von *Hirudo*.

Alle Autoren, welche nach neueren Methoden (besonders an Methylenblaupräparaten) das Nervensystem von Hirudineen untersucht haben, waren über die Natur der Bahnen in der centralen Fasermasse, welche ich jetzt als sensorisch erkannt habe und sensorische Bündel nenne, unsicher oder hielten sie für motorisch. Auch ich bin früher, als ich meine Methode der Vergoldung der Schnittrihen für diese Zwecke noch nicht ausgebeutet hatte, in diesen Irrthum verfallen. Nun sehe ich, dass die durchgehenden motorischen Primitivfibrillen in der centralen Fasermasse, in der dorsalen und ventralen Fibrillenlage verlaufen und hier nicht zu besonderen Zügen gruppirt, sondern mehr gleichmäßig vertheilt sind (s. Taf. 27 Fig. 4 Taf. 25 Fig. 1 u. 6 *dglfod*).

Bei *Lumbricus* sind motorische Fasern und sensorische Bündel von derselben Beschaffenheit, wie bei *Hirudo*, vorhanden. In Fig. 10 Taf. 24 sind motorische Fasern, in Fig. 9 motorische Fasern und sensorische Bündel (*sb a* und *sb b*) in queren Nervenstämmen von *Lumbricus* gezeichnet. Auch hier enthält die motorische Nervenfasern in der Regel je eine starke Primitivfibrille (*mpf*), wie es besonders in Fig. 10 schön sichtbar ist, wo die Primitivfibrillen *a*, *b*, *c* und *d* sehr lange innerhalb der Schnittdicke zu verfolgen waren, viel länger, als die gezeichnete Strecke. Ebenso sind auch hier sehr dünne sensorische Primitivfibrillen von größerer Anzahl zu einem sensorischen Bündel durch Interfibrillärschubstanz, welche sich mit Goldchlorid (aber auch mit Hämateinlösung I.A) ziemlich intensiv tingiren lässt, vereinigt. Dagegen besitzen bei *Lumbricus* die Nervenfasern keine so ausgeprägte, gesonderte Scheiden, wie bei *Hirudo*, obwohl bei geeigneter Schnittrichtung und Einstellung auch hier eine deutliche Scheidenmembran sichtbar sein kann, namentlich an den motorischen Fasern (*gsche* in Fig. 10 Taf. 24).

Die sensorischen Schläuche sind bei *Lumbricus*, wie gesagt, hauptsächlich durch die drei Neurochorde des Bauchstranges vertreten. In diesen befinden sich ebenso gelagerte und verlaufende, durch Goldchlorid in Schnittreihen ebenso gut darstellbare Primitivfibrillen wie in den sensorischen Schläuchen von *Hirudo* (s. z. B. Taf. 24 Fig. 6 *sschl*). Inmitten der ganz dünnen befindet sich in ihnen stets eine geringe Anzahl von Primitivfibrillen (1—3), welche viel stärker und sehr auffällig sind. Besonders an diesen sieht man in frontalen nachvergoldeten Schnittreihen, wie sie in der centralen Fasermasse aus den Neurochorden heraustreten. Dort können sie sich verschieden verhalten und sind gelegentlich lange verfolgbar, doch will ich auf diese Verhältnisse jetzt nicht näher eingehen.

Von anderen Wirbellosen habe ich die drei Arten von Nervenfasern noch bei Krebsen (*Astacus*, *Palaemon* etc.) nachweisen können, genauer habe ich sie aber bei diesen noch nicht verfolgt.

#### B. Die Nervenzellen und die Gliazellen der Hirudineen.

Da wir nun die leitenden Primitivfibrillen, ihren peripherischen und centralen Verlauf bis auf ihr Verhalten in den Zellen, in welche sie secundär eindringen, wenigstens bei Hirudineen genau kennen gelernt haben, müssen wir die Zellen, welche sie produciren, die Nervenzellen an der Peripherie und im Centrum aufsuchen.

Man ist in morphologischen Arbeiten gewöhnt, beim Suchen von bestimmten Zellen die Aufmerksamkeit zunächst auf das Vorhandensein von entsprechenden Kernen zu richten, und wenn man erst Kerne von besonderer Lage, etwa besonderen morphologischen Eigenschaften oder besonderer Reaction auf die angewandten mikro-technischen Mittel gefunden hat, so sucht man, falls sich der betreffende Forscher nicht schon mit dem Constatiren der Kerne allein, was oft vorkommt, begnügt, nach dem Zellkörper und eventuellen besonderen Bestandtheilen. Auch wir sollen also vor Allem sehen, ob wir nicht Kerne finden, die den postulirten Nervenzellen entsprechen. Wir müssen uns dabei indessen vor Augen halten, dass, wenn wir auch keine Kerne fänden, die wir als Kerne der Nervenzellen deuten müssten, wir doch nicht berechtigt wären, die Existenz von besonderen Nervenzellen schon deshalb in Abrede zu stellen. Wir können uns sehr gut noch functionirende Zellen auf einer solchen Lebensstufe vorstellen, wo ihr Kern nicht nur stark verändert ist, sondern sogar aufgehört hat, als Organ, morphologisch nachweisbar

zu existiren. Solche Zellen können noch ganz gut etwa trophisch functioniren, vielleicht auch gewisse Zellproducte weiter liefern. Natürlich kann bei solchen Zellen auch der Nachweis eines gesonderten Zelleibes auf Schwierigkeiten stoßen, eventuell unmöglich sein, da ja auch ein protoplasmatischer Zelleib unnöthig werden konnte, weil die Zelle durch die Herstellung eines specifischen Productes, welches fort besteht und in gewisser Weise für sich weiter functionirt, überflüssig geworden ist. Dann handelt es sich darum, jenes Stadium der Histogenese aufzufinden, wo die betreffende Zelle noch sämmtliche Zellfunctionen verrichtet, schon das specifische Zellproduct herzustellen beginnt und sich dadurch differenzirt hat, aber noch einen deutlichen Kern und einen mehr oder weniger scharf umgrenzten protoplasmatischen Zelleib hat. Wo dieses Stadium in der Ontogenese liegt und wie lange es dauert, davon kann man a priori nichts wissen, und desshalb wird die Histogenese der leitenden Substanz in Fällen, wo im erwachsenen Thier keine besonderen Nervenzellen nachweisbar sein sollten oder ein Theil von ihnen verschwunden ist, ein besonders schwieriges Problem sein. Lassen wir aber vorläufig diese Möglichkeiten, da ja in unseren gegenwärtigen Objecten auch im entwickelten Zustande, wie wir sehen werden, Nervenzellen mit großer Wahrscheinlichkeit neben den Ganglienzellen nachweisbar sind. Ich will nicht sagen, mit vollkommener Sicherheit, weil es mir, wie gesagt, bis jetzt nicht gelungen ist, die leitenden Primitivfibrillen gleich von ihrer Entstehung an mikrotechnisch zu differenziren.

#### a. Die verschiedenen Arten von Zellkernen im Nervensystem.

In meinen Schnittreihen durch *Hirudo*, in welchen neben einer charakteristischen Färbung der Gliafasern und der leitenden Primitivfibrillen auch eine möglichst contrastirende, reine Kernfärbung (z. B. durch Nachfärbung mit Hämateinlösung I.A) erzielt wurde, finde ich im Nervensystem außer den Kernen der Bindegewebszellen der Neurilemmscheide und ihrer Fortsetzungen, denen des Endothels des Perineuralsinus und den Kernen der Muskelfasern, die man alle leicht erkennen kann, noch drei Arten von Zellkernen, die mit den ersteren dreien nicht zu verwechseln sind.

Die erste Art sind die Kerne der Ganglienzellen; mit diesen haben wir uns vorläufig nicht zu beschäftigen. Die zweite Art sind sehr kleine, ziemlich chromatinarme Kerne von kugelig oder ellip-

soidischer Gestalt. Ihr größter Durchmesser ist höchstens  $4 \mu$  und meistens nicht mehr als  $2 \mu$ . Sie können im ganzen Nervensystem überall vorkommen: in den Nervenfasern, zwischen den Fasern der Gliabalken im Connectiv und in der centralen Fasermasse, in der Gliahülle der Ganglienzellen und zwischen den Ganglienzellen innerhalb der Tunica propria des Ganglienzellenpackets. Besonders häufig sind sie in den sensorischen Bündeln (Taf. 24 Fig. 5 *bk wz*) und in der Gliahülle der Ganglienzellen (Taf. 28 Fig. 4 und 6 *bk*). In den ersteren befinden sie sich bald in der Mitte des Faserquerschnittes, bald seitlich, hart an der Gliascheide; in den sensorischen Schläuchen gelegentlich zwischen den Lamellen der Scheide. Der zu ihnen gehörige Zelleib, höchstens ein ganz unscheinbarer Protoplasmahof, ist nicht leicht nachzuweisen. Die Kerne in den Nervenfasern sehen ganz so aus, wie die der Blutkörperchen in den Blutgefäßen; indessen ist der Zellkörper der Blutzellen bedeutend mächtiger und leichter zu sehen. Die Kerne in der Gliahülle der Ganglienzellen sehen etwas mehr den kleinen Bindegewebskernen, wie sie in dem bei *Hirudo* reichlich entwickelten faserigen Bindegewebe im ganzen Organismus vorkommen, ähnlich. Ich glaube sie als Kerne von mehr oder weniger umgewandelten Leukocyten, Wanderzellen betrachten zu müssen, um so mehr, als ähnliche Kerne auch in verschiedenen anderen Organen, sogar in deren Zellen, häufig sind.

Die dritte Art von Kernen gehört zu einem ganz anderen Typus, zu dem der Kerne der Ganglienzellen, der Muskelzellen und noch anderer Zellarten, die nicht in die Gruppe der Bindegewebszellen gehören. Am meisten sehen sie den Kernen der Muskelfasern ähnlich, nur ist vielleicht ihre Membran stärker und ihr Inhalt ärmer an Chromatin. Nach den meisten Fixirungen findet man in ihnen bloß einige Balken als Kerngerüst, sonst erscheinen sie ziemlich leer, wogegen in den Muskelkernen ein feineres und dichteres Maschenwerk sichtbar ist. Auch ihre Form ist gleich, bald mehr rundlich, bald mehr ellipsoidisch. In den Nerven und Connectiven scheint sie mit dem Dehnungszustand derselben zu wechseln: in contrahirten Connectiven und Nerven (Taf. 24 Fig. 3, 4 *zkn*) sind sie mehr rundlich, in gedehnten mehr länglich (in einem gedehnten Connectiv zeigt den Kern Taf. 23 Fig. 1). Im letzteren Fall ist ihre Längsachse natürlich mit der Dehnungsrichtung parallel. Ihr achromatischer Nucleolus, und zwar stets nur einer, nie zwei, wie oft in den Muskelkernen, schmiegt sich hart an die Kernmembran und liegt nie frei in der Mitte der Kernhöhle. Dasselbe Verhalten

trifft man übrigens nicht selten auch in Muskelkernen; ganz typisch ist es dagegen für die Ganglienzellenkerne, welche diesen Kernen, wie gesagt, auch sonst sehr ähnlich sind. Während aber die stets kugeligen Kerne der Ganglienzellen in einem gegebenen Individuum je nach der Größe der Zelle ziemlich proportional verschieden groß sind und die kleinsten kaum mehr als  $6 \mu$ , die größten bis nahe an  $18 \mu$  erreichen, ändert sich die Größe der fraglichen Nervenkerne verhältnismäßig wenig. Am größten sind sie in der centralen Fasermasse, am kleinsten in den Nervenstämmen und peripherischen Nerven (bei *Aulastoma* in den Connectiven). So habe ich bei ihnen — in der Schnittreihe eines Mittelkörpersomits, nach welcher Fig. 1 Taf. 23 und Fig. 1—7 Taf. 24 gezeichnet sind — in der centralen Fasermasse, wo sie stets kugelig sind, einen Durchmesser von  $16 \mu$ , in den peripherischen Nerven an der in Fig. 3 und 4 Taf. 24 gezeichneten Stelle, wo der Kern kugelig, von  $10 \mu$  gefunden. An anderen Stellen, wo sie ein Rotationsellipsoid bilden mit der ungleichen Achse, als der größten, parallel zur Nervenlängsachse, sind die Dimensionen 8 zu 12, 6 zu  $13 \mu$  etc. In dem dem Ganglion der besagten Schnittreihe vorhergehenden linken Connectiv ist der Kern (Taf. 23 Fig. 1)  $6\frac{1}{2} \mu$  zu  $14 \mu$ . In den beiden LEYDIG'schen Zellen dieses Somits ist er, wie immer, kugelig,  $12 \mu$  groß. In den Ganglienzellenpacketen bildet er dagegen wieder ein Rotationsellipsoid, aber mit der kleinsten Achse als der ungleichen, welche radial gegen die centrale Fasermasse gerichtet ist. Die kleine Achse ist  $12 \mu$ , die großen Achsen  $15 \mu$ .

Und damit habe ich auch sämtliche Stellen, wo die in Rede stehenden Kerne vorkommen, aufgezählt. In den peripherischen Nerven wollen wir sie vorläufig schlechthin Nervenkerne, in den Connectiven, wie wir es bereits gethan haben (bei *Aulastoma* bloß die eine Art der dort vorkommenden), Connectivkerne, in der centralen Fasermasse Mediankerne, in den Ganglienpacketen Packetkerne, endlich in den LEYDIG'schen Zellen, weil diese, bei *Hirudo* noch innerhalb der gemeinsamen Bindegewebsseide, zwischen den beiden Nervenwurzeln rechts und links vom Ganglion liegen, Seitenkerne nennen und die zu ihnen gehörigen Zellen suchen und näher betrachten.

Nervenkerne in dem eben festgestellten Sinn kommen in allen peripherischen Nerven, sogar in ganz dünnen, welche der Dicke einer Nervenspindel entsprechen, vor. (Bei *Aulastoma* finde ich eine kleine Art von ihnen neben den specifischen Connectivkernen in

mehr peripherischer Lage auch in den Connectiven.) Sie sind in nicht großer Anzahl vorhanden. In einer Reihe von Präparaten<sup>1</sup> traf ich sogar an den Stellen, wo sich die längs getroffenen großen Nervenstämme gerade verästeln, in einem Gesichtsfeld bei 500facher Vergrößerung (apochrom. Objectiv 4, comp. Ocular 8 von ZEISS) selten mehr als drei bis vier Nervenkerne in der ganzen Schnittdicke von 10  $\mu$ .

Dass nicht jeder Nervenfasern, welche man z. B. in dem Querschnitt eines Nerven gesondert antrifft, ein besonderer Nervenkerne entspricht, kann ich bestimmt behaupten. Dies folgt schon daraus, dass, wie wir sahen, nicht jede Nervenfasern in ihrem ganzen Verlauf ein anatomisch von ihren Nachbarn getrenntes Individuum ist. Ob aber die ganze Strecke der leitenden Bahnen vom Centrum bis zur Peripherie bei *Hirudo* durch Ausdehnung von einer Nerven-spindel, als deren Zellkern wir eben den Nervenkerne betrachten wollen, entstanden ist, darauf kann ich gegenwärtig noch nicht bestimmt antworten, selbst wenn ich von der bei Hirudineen wahrscheinlichsten Annahme ausgehe, dass jede Nerven-spindel als Nerven-zelle nur einen Kern enthält. Die Entscheidung dieser Frage stößt zunächst auf große technische Schwierigkeiten: man muss in einem mehrere Somite langen Körperstück die Nervenfasern eines jeden Nervenstammes vom Ganglion bis zur peripherischen Endausbreitung in einer lückenlosen, am besten frontalen Schnittreihe besonders verfolgen. Mit Geduld und Zeit — letztere von beiden fehlte mir bis jetzt — ließe sich dies zwar ausführen, aber dann stellt sich eine andere Schwierigkeit in den Weg, welche, auf gewissen früheren Entwicklungsstufen unseres Objectes vielleicht nicht vorhanden, im fertigen Organismus jedoch in der anatomischen Beschaffenheit der Nerven-spindeln selbst begründet ist, wie wir gleich des Weiteren sehen werden.

#### b. Die Zellen, zu denen obige Kerne gehören.

Die Nervenkerne befinden sich immer im Lumen der Nerven-fasern, inmitten der leitenden Primitivfibrillen, von diesen durch einen sich spindelförmig ausziehenden protoplasmatischen Hof getrennt. Nur in den sensorischen Schläuchen liegen sie seitlich, an die Wand gedrückt, zwischen dieser und dem weichen Inhalt des Schlauches,

<sup>1</sup> Der ganze Hautmuskelschlauch sammt Darmschlauch wurde durch einen bis in das Darmlumen dringenden Längsschnitt geöffnet, die ganze Körper- und Darmwand in möglichst unversehrtém Zusammenhang der Schichten flachgelegt, befestigt und, so fixirt, in eine frontale Serie von 10  $\mu$  dicken Schnitten zerlegt.

in welchem die leitenden Primitivfibrillen eingebettet sind. Die motorischen Fasern und die sensorischen Bündel weisen an der Stelle, wo sich in ihnen der Kern befindet, immer eine mehr oder weniger starke spindelförmige Verdickung auf. Die Verdickung entspricht gleichzeitig auch dem Stamme der Nervenspindel, die, gleich an dieser Stelle oder unweit davon, sich distad und proximad in Äste spaltet, die weiter selbst Nervenfasern darstellen und mit einander parallel verlaufen, bis der eine oder der andere von ihnen mit einem Zweig des Nerven aus diesem austritt.

Eine solche Stelle ist eben in Fig. 3 und 4 Taf. 24 abgebildet. Die Spindel, zu welcher wir den Nervenkerne hier nicht nur in Betreff der Lage, sondern auch in histogenetischer Hinsicht zugehörig betrachten müssen, wenn wir diese Nervenkerne wirklich als Kerne von Nervenzellen auffassen dürfen, theilt sich innerhalb der Schnittdicke ( $10 \mu$ ) in proximaler Richtung in die Äste *a*, *b*, *c*, in distaler Richtung in *d*, *e*, *f*, *g*.

Derselbe Nervenstamm ist in der Schnittreihe unweit von dieser Stelle, distad davon, quer getroffen und in Fig. 5 Taf. 24 gezeichnet. In diesem Querschnitt entsprechen also mindestens vier motorische Nervenfasern der einen Nervenspindel und dem einen Kern von Fig. 3 und 4. Im Ganzen sind darin 48 Nervenfasern, nämlich drei große sensorische Schläuche, 22 motorische Fasern und 23 sensorische Bündel getroffen.

Allerdings sind im ganzen peripherischen Verlauf eines vorderen Nervenstammes, wie der hier betrachtete einer ist, ungefähr so viel Nervenkerne vorhanden. Genaue Zählungen, um bestimmte Zahlen angeben zu können, habe ich zwar nicht gemacht, aber schon nach meinen bisherigen orientirenden Zählungen glaube ich mich nicht sehr zu irren, wenn ich die Gesamtzahl der Nervenkerne im vorderen Nervenstamme und seinem Geäste in einem Mittelkörpersomit von *Hirudo* auf ungefähr 50 schätze. Wir sahen aber, dass mehrere Nervenfasern auf eine Nervenspindel kommen, und so scheint es auf den ersten Blick am einfachsten, anzunehmen, dass wenigstens gewisse Bahnen nicht durch die Ausdehnung einer Spindel von der Peripherie bis zum Centrum, sondern durch mehrere hinter einander liegende hergestellt worden sind. Besonders scheint dies für die sensorischen Bündel wahrscheinlich zu sein, da man in ihnen häufiger als in den motorischen Bahnen und in den sensorischen Schläuchen Nervenkerne zu Gesicht bekommt, denn dass sie auch in den zwei ersteren vorkommen, muss ich hier nochmals betonen, dass also auch

die motorischen Bahnen durch Nervenspindeln vom Centrum zur Peripherie fortgesetzt werden und nicht einfach aus dem Centrum herauswachsen. Nun stellt sich aber die Eingangs erwähnte Schwierigkeit der Entscheidung in den Weg.

Die neben einander verlaufenden Äste einer Nervenspindel können sich mit Nervenfasern, die Äste von anderen Nervenspindeln sind, dadurch vereinigen, dass sie eine gemeinsame Gliascheide erhalten. Aber auch wirkliche Anastomosen zwischen den Nervenspindeln kommen häufig vor. Es sind seltener quere Anastomosen oder schräge unter großem Winkel auf die Längsachsen der parallelen Spindeln. Meist sind die Brücken sehr in die Länge gezogen und bilden einen sehr geringen Winkel mit den Spindelachsen so, dass sie mit den übrigen beinahe parallele Nervenfasern darstellen. Nun kann diese Art und Weise der Verbindung dadurch entstanden sein, dass ursprünglich neben einander liegende Spindeln, die durch eine Queranastomose bereits verbunden waren, in der Längsachse des Nerven weit von einander verschoben wurden; sie können aber ebenso gut auch von Hause aus hinter einander gelegen haben. Einerlei, denn man kann im fertigen Organismus nicht nur das nicht entscheiden, zu welcher Nervenspindel von beiden die die Anastomose bildende Nervenfasern gehört, sondern noch weniger das, in welchem Grade sie an der Herstellung des leitenden Inhaltes, der Primitivfibrillen, der betreffenden Nervenfasern Theil genommen haben. Alle kann sie die eine Spindel producirt haben, und dann wurden sie erst secundär in den Zelleib der anderen eingeschlossen, oder es kann ein Theil von ihnen das Product von der einen, der andere von der anderen sein. Vielleicht ist aber jede einzelne Primitivfibrille, welche im fertigen Zustand wie ein ununterbrochener Draht vom Centrum zur Peripherie zu verfolgen ist, eine Strecke lang von der einen und weiter von der anderen Spindel differenzirt worden. Und dabei braucht man gar nicht an ein nachträgliches Zusammenlöthen der bereits fertigen Drahtstücke zu denken; in der einzig wahrscheinlichen Weise geht die Differenzirung der betreffenden Strecken einer Primitivfibrille in den hinter einander liegenden und protoplasmatisch bereits vereinigten Spindeln Hand in Hand mit der Vereinigung dieser Strecken zur einheitlichen Primitivfibrille vor sich. Endlich kann jene Anastomosenfasern Primitivfibrillen von allen drei Entstehungsweisen neben einander enthalten. Mir scheint sogar diese letzte Möglichkeit in vielen Fällen die wahrscheinlichste zu sein. Entscheiden werden dies auch entwicklungsgeschichtliche

Untersuchungen nur dann, wenn es uns gelungen ist, die leitenden Primitivfibrillen von ihrem ersten Erscheinen an in den Nervenzellen färberisch zu differenziren; das wäre aber die Lösung des im ersten Abschnitt schon betonten großen mikrotechnischen Problems, wovon wir leider noch weit entfernt sind.

Indessen müssen wir eine Beobachtung von gewisser Wichtigkeit für diese Frage schon jetzt erwähnen. Wenn wir die weitere peripherische Verästelung eines kleinen Nerven von der Stelle an, wo er nur aus einer Nervenfaser, aber aus dem Stamm von einer Nervenspindel besteht und dort eben noch einen Kern enthält, verfolgen, so finden wir in den sich allmählich sondernden weiteren Nervenfasern, die alle Äste jener einen Nervenspindel sind, keinen Nervenkern mehr. Dieser distale kernlose Theil der Nervenspindel kann eine eventuell ebenso lange oder noch längere leitende Bahn darstellen, als die Entfernung vom Kern, das heißt vom noch unverästelten Stamm der Spindel, bis zum Centrum. Daraus folgt natürlich noch keineswegs, dass auch die proximale Ergänzung der distal vom Kern ausgebreiteten Bahnen ebenfalls das Product von jener einen Nervenspindel sein müsse. Immerhin dürfte aber die Annahme a priori eine gewisse Wahrscheinlichkeit besitzen, dass der vom Kern oder Stamm gerechnete distale und proximale Theil der Nervenspindel sich gewissermaßen das Gleichgewicht halten. Wenn also eine Nervenspindel genügt, um in distaler Richtung eine so lange Bahn, so lange Primitivfibrillen zu produciren, so kann sie im Stande gewesen sein, dieselben Längen von Primitivfibrillen auch in proximaler Richtung für sich allein herzustellen. Dann könnte man auch die That- sache, dass Nervenkerne in einem Nervenstamme und in seinem Verästelungsgebiete in sehr verschiedenen Höhen vorkommen, dadurch erklären, dass der Nervenkern eben in der Mitte zwischen den Endpunkten liegt, bis wohin die von der Spindel producirten Primitivfibrillen in beiden Richtungen reichen. Je näher z. B. ein solcher Endpunkt in distaler Richtung, oder je entfernter er in proximaler Richtung, etwa über das Ganglion hinaus, auf der anderen Seite des Somits oder in einem vorhergehenden, beziehungsweise folgenden Somite, liegt, um so höher im Nervenstamm, d. h. um so näher zum Ganglion, würde der betreffende Kern liegen, und umgekehrt. Dafür, dass der Kern in der That eine solche Mittellage besitzen könnte, spricht außer der Analogie von anderen Objecten — z. B. der Lage der SCHWANN'schen Kerne, die ich auch als Nervenkerne in dem hier besprochenen Sinne betrachten möchte, in der

Mitte zwischen zwei RANVIER'schen Einschnürungen — bei Hirudineen der Umstand, dass auch die Connectivkerne ungefähr in der Mitte zwischen zwei Ganglien des Bauchstranges liegen. Wo in jedem Connectiv zwei vorhanden sind, wie bei *Clepsine*, sind beide gleich weit von der Mitte des Connectivs entfernt, der eine caudad, der andere rostrad dem benachbarten Ganglion genähert.

Wie bekannt, schalten sich auch bei den Hirudineen an verschiedenen Stellen Ganglienzellen in den Verlauf der peripherischen Nerven ein. Diese sind bei *Hirudo* mit in die Neurilemmscheide des Nerven eingeschlossen und verursachen nur an einigen Stellen, namentlich an Gabelungspunkten des Stammes, eine geringe Verdickung. Sie sind nicht in die Richtung der Nervenfasern eingeschaltet, also spindelförmig bipolar, sondern, beinahe immer birnförmig und unipolar, ihnen seitlich angehängt. Eine oder mehr Primitivfibrillen der Nervenfasern lenken in den Stielfortsatz der Ganglienzelle ein, umspinnen oder umgittern in der weiter unten näher zu schildernden Weise ihren Körper, treten dann wieder in den Stielfortsatz ein und ziehen nach diesem Umweg in der Nervenfasern weiter. Im Wesentlichen geschieht hier mit diesen Primitivfibrillen dasselbe, wie in den Bauchganglien: eigentlich könnte man den ganzen Bauchstrang anatomisch als einen sehr dicken Nervenstamm auffassen, an welchem innerhalb der Neurilemmscheide angehäufte Ganglienzellen in regelmäßigen Abständen Verdickungen hervorrufen.

Könnten dann aber nicht auch unsere sogenannten Nervenkerne Kerne von Ganglienzellen sein, welche, bloß anstatt birnförmig und seitlich angehängt zu sein, spindelförmig und in die Verlaufsrichtung der Fasern eingeschaltet sind? Wäre dem nun auch so, so wären dies auch in sonstiger, histologischer Hinsicht anders beschaffene Ganglienzellen als die übrigen; a priori würde es mir ja gar nicht befremdend erscheinen, auf der phylogenetischen Stufe, wo sich die Hirudineen befinden, noch Zwischenformen zwischen den eigentlichen Ganglienzellen und den Nervenzellen anzutreffen.

Dem ist aber nicht so, denn wir haben im Verhalten der Primitivfibrillen den zwei Zellarten gegenüber einen fundamentalen Unterschied vor uns. Der Körper einer Ganglienzelle wird von den Primitivfibrillen, die in sie eintreten, in verschiedener Weise, aber stets umspinnen, durchwoben oder durchgittert. Am protoplasmatischen Hof der Nervenkerne dagegen ziehen die Primitivfibrillen immer einfach vorbei und wenn sie auch den Hof durchsetzen, so bilden sie dort nie irgend ein Geflecht oder Gitter. Im weiteren peripherischen

Verlauf der Nerven, sowohl der motorischen, als auch der sensorischen, treten, wie wir sehen werden, auch nicht birnförmige Ganglienzellen in den Weg der einzelnen Primitivfibrille. Eine solche Primitivfibrille tritt in die kleine, meist kugelige Ganglienzelle in meist radiärer Richtung ein, dringt bis mehr oder weniger nahe zum Kern vor, spaltet sich hier, die Äste spalten sich wieder, anastomosiren seitlich mit einander und hinter dem Kern vereinigen sie sich wieder sämmtlich zu einer einheitlichen Primitivfibrille, welche die Ganglienzelle an dem der Eintrittsstelle meist genau entgegengesetzten Pole in radiärer Richtung verlässt. So wird der Verlauf der Primitivfibrille von einer Gitterkugel unterbrochen, welche im Zellkörper der Ganglienzelle liegt und ihren Kern umgiebt, etwa wie in Fig. 7 und 13 Taf. 29, wo indessen der radiäre Ein- und Austritt der Primitivfibrille etwas modificirt ist. Zu dem Nervenkerne habe ich sie nie in ähnlicher Beziehung gesehen.

Der protoplasmatische Hof der Nervenkerne ist auch bedeutend wasserreicher, viel loser als der Leib der Ganglienzelle, welcher sich demgemäß viel stärker tingirt. Deutlich differenzirte Gliafäden sind darin nicht wahrzunehmen, wie in den Zellen der Central-, Packet- und Seitenkerne. Und dennoch müssen wir annehmen, dass auch die Gliascheide der peripherischen Nervenfasern von diesen Nervenzellen producirt wird. Natürlich ist die wesentlichste Aufgabe der letzteren die Production von leitenden Primitivfibrillen; dadurch ist aber nicht ausgeschlossen, dass sie nebenbei auch Gliasubstanz in Form von feinen Fädchen bilden. Ganglienzelle, Nervenzelle und Gliazelle sind drei Zellarten, welche phylogenetisch wohl auf eine und dieselbe ursprüngliche Zellform zurückzuführen sind, aus welcher sie sich in drei verschiedenen Richtungen differenzirt haben. Die Gliazellen könnten als Nervenzellen aufgefasst werden, welche die Fähigkeit, leitende Primitivfibrillen herzustellen, verloren, aber ihre andere ursprüngliche Fähigkeit, Stützsubstanz, Gliafädchen, zu bilden, um so mehr entwickelt haben. Dagegen dürften die Nervenzellen die Fähigkeit, Gliasubstanz zu bilden, in der Regel eingebüßt und die andere, die Production von leitenden Primitivfibrillen zu ihrer speciellen Aufgabe gemacht haben. Dass nun die Nervenzellen der Hirudineen in einem gewissen Stadium ihres Lebens auch Hüllsubstanz für die Fasern, die sie bilden, bereiten können, erscheint mir nicht merkwürdiger, als wenn eine Zelle neben einem specifischen Zellproduct auch eine deutlich ausgeprägte Zellmembran, d. h. noch ein anderes Protoplasmaproduct, zu liefern im Stande ist.

Nach dem oben Auseinandergesetzten bleibt uns auch nichts Anderes übrig, als die Zellen, welche wir, nachdem unsere Aufmerksamkeit durch die Anwesenheit von besonderen Kernen auf sie gerichtet wurde, aufgefunden und für Nervenzellen, Nervenspindeln, erklärt haben, gleichzeitig für die Bildner der Gliascheide der Nervenfasern zu halten. Die Gliafibrillen, welche, wie wir sahen, in eine homogene Grundsubstanz, vielleicht eine der Zellmembran entsprechende Grundmembran eingebettet, diese Scheide zusammensetzen, sind von den Bindegewebsfibrillen und überhaupt von der leimgebenden Substanz so verschieden, dass es unmöglich ist, ihre Production irgend welchen Bindegewebszellen zuzuschreiben, und außer den Ganglienzellen, deren Betheiligung an der Gliaproduction ebenfalls auszuschließen ist, kommen nur noch die beschriebenen Bindegewebs-, Lymph- und Muskelzellen und eben die Nervenzellen in den Nerven sammt ihrer Hülle überhaupt vor.

Aber ebenso gezwungen sind wir, dieselben Zellen in erster Linie für die Bildner der leitenden Primitivfibrillen zu halten, wenn wir die Production der letzteren nicht den Ganglienzellen oder Zellen, deren Kern und Somatoplasma im entwickelten Thier bereits verschwunden ist, zuschreiben wollen. Die principielle Unwahrscheinlichkeit der ersten Annahme, ich könnte sagen, ihre biologische Incompatibilität mit der Aufgabe der Ganglienzellen bei so hoch organisirten Thieren, wie schon den Hirudineen, habe ich bereits wiederholt aus einander gesetzt, und die embryologischen Befunde, welche ich zur Stütze meiner Auffassung anführen könnte, mitzutheilen, würde uns zu weit führen. Es ist mir ja, wie gesagt, vorläufig ganz gleichgültig, wenn man sie auch bloß als Hilfhypothese zur besseren Übersicht der histologischen Thatsachen, die ich schildere, betrachten will. Für die Annahme des Schwundes der Zellen, die die leitende Substanz producirt haben, finde ich bei Hirudineen keine Anhaltspunkte, wohl aber dafür, dass gewisse Zellen, die früher lediglich leitende Primitivfibrillen lieferten, im erwachsenen Thier nur noch Gliafibrillen bilden und so zu Gliazellen geworden sind.

Für Gliazellen in diesem Sinne halte ich die Zellen der provisorisch so genannten Central- und Packetkerne; dagegen dürften die Zellen der Seitenkerne gleichzeitig Bildner von Gliafibrillen und Neurofibrillen, und die der Connectivkerne vorwiegend Bildner von Neurofibrillen geblieben sein, obwohl letztere auch Gliafibrillen in größerer Menge als die Nervenzellen der Peripherie produciren. Alle

diese Zellen wurden bisher so falsch beschrieben und besonders so irrthümlich gedeutet, dass ich nicht umhin kann, zu versuchen, sie in ein richtigeres Licht zu stellen, zumal da ihre Kenntniss auch zum Verständnis unseres eigentlichen Gegenstandes unvermeidlich erscheint<sup>1</sup>).

Die Zellen der Connectivkerne können wir noch als Nervenzellen, als colossale Nervenspindeln, Connectivspindeln, welche mit ihren Ästen von einem Ganglion in das andere reichen, betrachten. Sie zerfallen rostrad und caudad vom Kerne in eine große Anzahl von Nervenfasern. Auch in der Höhe des Kernes bilden sie keine einfache Faser von mehr oder weniger rundem Querschnitt, wie die peripherischen Nervenspindeln, sondern sind durch radiäre Längsfurchen mehrfach eingekerbt, durch radiäre Gliasepten, die wir schon genau beschrieben haben, facetirt. In die Längsfurchen legen sich Gruppen von Nervenfasern (bei *Aulastoma* mit den oben erwähnten kleinen Nervenkernen) ein, die nicht von der betreffenden Connectivspindel erzeugt wurden, sondern, über die Ganglien hinausgewachsen, sich erst nachträglich der Connectivspindel des vorhergehenden oder folgenden Somits hinzugesellt haben und von der gemeinsamen Neurilemmscheide mit den Nervenfasern, in die die Connectivspindel

<sup>1</sup> ROHDE allein hat alle vier Zellarten, die wir hier besprechen wollen, nämlich unsere Connectivzellen, die LEYDIG'schen Seitenzellen, die Sternzellen der Ganglienzellenpackete und die medianen Sternzellen bereits gesehen und bei *Aulastoma* beschrieben. Die Connectivzellen (seine Commissurenzellen) hält ROHDE am ehesten für Ganglienzellen, die beiderlei Sternzellen (seine Stützzellen und Medianzellen) für Bildner der Stützfasern, welche aber im Wesentlichen identisch mit dem Spongioplasma von Nerv und Ganglienzelle sein sollen; über die Natur der LEYDIG'schen Zellen äußert er sich nicht. Die LEYDIG'sche Zelle von *Pontobdella* hält er für eine Ganglienzelle und homologisirt sie mit dem ersten accessorischen Ganglion des vorderen Nervenstammes von *Aulastoma*. Da er indessen absolut nichts von den leitenden Primitivfibrillen, überhaupt von Neurofibrillen wahrzunehmen im Stande war, so konnte er auch über die Natur besagter Zellen nicht mit Recht urtheilen. Deshalb kann ich mich nicht damit begnügen, auf seine in manchen Punkten ganz richtige Schilderung zu verweisen: an und für sich unbestreitbare Thatsachen erfahren bei ihm in Folge von mehreren Beobachtungsfehlern, insbesondere aber Beobachtungslücken, eine ganz falsche Deutung und eine unberechtigte Verwerthung für seine vorgefasste Idee vom Hyaloplasma, als dem eigentlich Nervösen. Übrigens werde ich mich mit seiner Arbeit (Histologische Untersuchungen über das Nervensystem der Hirudineen. Zoologische Beiträge von A. SCHNEIDER, fortges. von E. ROHDE. 3. Bd. 1890. Heft 1), welche ja die ausführlichste, obwohl im Grunde verkehrteste, Beschreibung des feineren Baues vom Hirudineen-Nervensystem ist, eingehender in der zweiten Mittheilung beschäftigen: erst dort will ich, wie gesagt, auch die Angaben von Anderen in Betreff meines Gegenstandes berücksichtigen.

selbst zerfallen ist, zu einem großen Nervenstamm zusammengefasst worden sind. Darin kann man im fertigen Zustande nicht mehr unterscheiden, was histogenetisch der Connectivspindel angehört und was von anderswo herkommt. Die Connectivspindel producirt nicht nur an ihrer Oberfläche peripherisch gelegene Gliafibrillen, wie die sonstigen Nervenspindeln, sondern auch der protoplasmatische Hof der Connectivkerne ist von einem Netzwerk von Gliafibrillen durchwoben, die in der näheren Umgebung des Kerns gelegentlich sehr fein, kaum wahrnehmbar sind oder ganz fehlen, gegen die beiden Enden und die Peripherie des Hofes indessen an Stärke und Zahl immer mehr zunehmen und schließlich in die die starken, radiären Balken der Septen zusammensetzenden Gliafibrillen auslaufen. Hier hebe ich es nochmals hervor, dass eine Verwechslung dieses Glianetzes mit dem leitenden Netz- oder Gitterwerk, wie es im Körper der Ganglienzellen charakteristisch vorkommt, in meinen Goldchloridserien ausgeschlossen ist. Je besser die Erhaltung der Gewebeelemente in den Schnitten im Allgemeinen, um so weniger Färbung nehmen die Gliafibrillen und um so mehr die Neurofibrillen nach der Goldchlorid-tinction an. Letztere erscheinen, wie dünn sie auch sind, intensiv schwarz, wogegen erstere unter einer gewissen Dicke äußerst blass röthlich und schließlich kaum mehr wahrnehmbar sind bei einer Stärke, wo man Neurofibrillen noch mit Leichtigkeit verfolgen kann. Nach sorgfältiger Celloidineinbettung mag zwar ein dickerer Gliabalken auch ziemlich dunkel erscheinen, aber man ist dann stets im Stande, darin die einzelnen ihn zusammensetzenden feinen Fibrillen, die an und für sich hell sind, zu unterscheiden. Nach Paraffineinbettung werden sie zu einer einheitlich und daher viel dunkler aussehenden Faser zusammengepresst, in welchem Falle der Unterschied zwischen einer dicken Neurofibrille und einer dicken Gliafaser eventuell nicht auf den ersten Blick auffallen wird. Aber das Glianetz in den Zellen ist von dem leitenden Geflecht oder Gitter in den Ganglienzellen selbst dann sehr verschieden.

In den Zellen der Seitenkerne, den sogenannten LEYDIG'schen Zellen, treten die leitenden Primitivfibrillen noch mehr zurück, und das Glianetz gewinnt auch in der unmittelbaren Umgebung des Kernes die Oberhand. Die LEYDIG'schen Zellen befinden sich bei *Hirudo*, wie erwähnt und übrigens auch bekannt, je eine rechts und links dicht neben dem Ganglion innerhalb der gemeinsamen Neurilemmscheide desselben, zwischen den zwei Nervenstämmen, in der Regel etwas näher zum hinteren, ausgenommen die Anal- und

die hintersten Mittelkörpersomite, wo sie sich im Gegentheil meist dem vorderen Nervenstamm nähern. Die LEYDIG'sche Zelle etwa eines mittleren Mittelkörpersomits von *Hirudo* bildet in einem frontalen Schnitt durch ihren stets kugeligen Kern ein rechtwinkeliges Dreieck mit ungefähr gleichen, höchstens  $40 \mu$  langen Katheten, deren eine mit dem hinteren Nervenstamm parallel, die andere hart an der Neurilemm-scheide rostrad gerichtet ist. Im Ganzen besitzt sie eine unregelmäßige Kegelform, deren Basis sich dem hinteren Nervenstamm mehr oder weniger eng anschmiegt. Die Spitze des Kegels ist in einen Fortsatz ausgezogen, in welchem ein Bündel von Gliafibrillen zum vorderen Nervenstamm zieht, zwischen den Nervenfasern desselben aus einander strahlt und mit den Fibrillen der Gliascheiden der letzteren in Verbindung tritt. Von der Basis des Kegels entspringen zwei solche Bündel von Gliafibrillen, welche in divergirender Richtung in den hinteren Nervenstamm eindringen. Das mehr laterale von beiden ist meist bedeutend stärker und gelegentlich allein vorhanden. Die Form der LEYDIG'schen Zellen kann übrigens je nach dem Contractionszustand des Thieres ziemlich verschieden sein.

Die Gliafibrillen in den Fortsätzen der LEYDIG'schen Zellen entspringen aus dem dichten Netzwerk, welches den ganzen Zellkörper durchdringt. Die Fäden dieses Netzes sind größtentheils sehr fein, nur in der oberflächlichen Zone des Zellkörpers ziehen in verschiedener Richtung einige sich verästelnde stärkere Gliafibrillen, die sich in das innere, feinere Netzwerk auflösen. Die LEYDIG'sche Zelle wird auch von einer geringeren Anzahl leitender Primitivfibrillen durchsetzt, die sich dort kreuzen, aber nie verästeln und nie zu einem Gitter, wie in den Ganglienzellen, werden können. Sie treten aus dem Ganglion in den einen Nervenstamm ein und dann von diesem durch die LEYDIG'sche Zelle in den anderen, wo sie weiter gegen die Peripherie ziehen; übrigens ist es auch möglich, dass sie sich auf diesem Weg von der Peripherie in die Ganglienzelle begeben. In beiden Fällen dringen sie erst secundär in die LEYDIG'sche Zelle ein; oder aber sie werden zum Theil, vielleicht auch alle, von der LEYDIG'schen Zelle als Nervenzelle producirt und wachsen aus dieser in beiden Richtungen heraus, was im entwickelten Zustande natürlich nicht zu entscheiden ist.

Desshalb ist es auch nicht zu entscheiden, ob der LEYDIG'schen Zelle des entwickelten Thieres neben der Gliaproduction auch die Rolle der Nervenzelle zuzuschreiben sei. Eine Ganglienzelle ist sie aber sicher nicht, ebenso wenig, wie die Connectivspindeln und

die noch zu beschreibenden Zellen in den Ganglien. Ihr Protoplasma ist viel wasserreicher, viel weniger compact, als das der Ganglienzellen; nie ist in ihr, wie gesagt, auch nur eine Spur jenes für die Ganglienzellen so charakteristischen leitenden Gitters oder Geflechtes wahrzunehmen, dagegen ist sie von dem beschriebenen Glianetze durchwoben, wovon man wieder im Somatoplasma der Ganglienzelle, ausgenommen höchstens eine peripherische Zone davon, nichts findet. Diese ist nur äußerlich von einem Gliageflechte umgeben, welches sich allerdings, wie namentlich bei *Aulastoma*, mehr oder weniger tief in die peripherische Zellkörperzone einsenken kann. Außerdem sind auch im mikrotechnischen Verhalten große Unterschiede vorhanden. Vom Methylenblau behalten die LEYDIG'schen Zellen, ebenso wie die Connectivspindeln und die peripherischen Nervenspindeln gerade in den Präparaten nichts, welche in Betreff der Tinction der Ganglienzellen und der leitenden Primitivfibrillen am besten gelungen sind. In den in dieser Beziehung weniger gelungenen Präparaten ist die LEYDIG'sche Zelle meist durch eingelagertes, grünlich blaues oder violetttes Methylenblaupräcipitat angedeutet, und gleichzeitig bekommt man in derselben Weise auch die Connectivspindeln und die peripherischen Nervenspindeln (in der Regel mit nicht tingirten Zellkernen) zu Gesicht. Wenn endlich unter gewissen Bedingungen die von mir so genannte inverse Methylenblautinction erfolgt, und das Präparat zum Studium der leitenden Bahnen gar nicht zu brauchen ist, dann treten diese drei Zellarten mit gefärbtem Kern und Protoplasma am schönsten hervor. Die Gliafibrillen bleiben aber auch dann ungefärbt.

Die noch zu beschreibenden zweierlei Zellen verhalten sich dem Methylenblau gegenüber genau so, wie die bereits beschriebenen, da sie ja im entwickelten Zustande als ausschließliche Gliazellen zu betrachten sind. Die Zellen der Packetkerne wollen wir Sternzellen der Ganglienzellenpackete, die der Mediankerne mediane Sternzellen nennen, weil sie einen ungefähr kugeligen, beziehungsweise halbkugeligen Zelleib besitzen, von welchem in verschiedener Richtung sich weiter verästelnde Bündel von Gliafibrillen oder dickere Gliafasern ausstrahlen.

Jedes Ganglienzellenpacket enthält eine Sternzelle, und demnach sind in jedem Bauchganglion im Ganzen sechs solche vorhanden. Sie liegen ungefähr im Mittelpunkt der betreffenden Gruppe von Ganglienzellen, etwas näher zur centralen Fasermasse als zum Scheitelpunkt des gewölbten Packets. Ihr Zellkörper ist verhältnis-

mäßig klein, in der Regel abgerundet, ziemlich scharf begrenzt, von höchstens 25  $\mu$  Durchmesser. Das Somatoplasma ist viel compacter als das der LEYDIG'schen Zellen und färbt sich deshalb in den Schnitten mit Goldchlorid viel intensiver. Das Glianetz im Zelleib ist sehr wenig auffällig, aber der eigentliche, wie gesagt, meist scharf contourirte protoplasmatische Zellkörper ist von einer nach außen nicht scharf begrenzten Zone umgeben, welche aus einem Geflecht von feinen Gliafibrillen besteht. Aus dieser Zone entspringen mit nicht breiter Basis schlanke und lange radiäre Fortsätze. Bei frontaler Ansicht des Ganglienzellenpackets, die man von den zwei medianen Packeten in frontalen, von den vier seitlichen in sagittalen Schnitten bekommt, sieht man in einer den Kern diametral treffenden Schnittebene 6 bis 8 solche Radiärfortsätze, bei sagittaler Ansicht des Ganglienpackets 3 bis 4. Jeder Fortsatz besteht aus einem Bündel von größtentheils sehr feinen und einigen etwas stärkeren Gliafibrillen. Sie haben einen geraden oder gebogenen, bloß in Folge von Schrumpfung geschlängelt erscheinenden Verlauf; sie verästeln sich dichotomisch wiederholt und gelangen so, zum Theil aber auch direct, entweder zu den Ganglienzellen oder zur Membrana propria des Packets. Die Ganglienzelle umgeben sie mit einer äußeren Zone von sich verflechtenden Gliafibrillen. Den Ursprung der inneren, dem Zellkörper eng anliegenden Gliahülle der Ganglienzellen, nämlich dass sie vom Gliagewebe der centralen Faser-masse stammt, aus dem eine Anzahl von Gliafibrillen den Stielfortsatz der Ganglienzelle begleiten, umweben und sich in Form eines mehr oder weniger dichten Geflechtes auch auf deren Körper ausbreiten, haben wir schon aus einander gesetzt. Die Gliafibrillen, welche von der Sternzelle zur Membrana propria des Packets gelangen, gehen in das Gefüge derselben ein. Von den Fortsätzen der Sternzelle werden, wie gesagt, direct oder indirect, sämmtliche in dem betreffenden Packet befindliche Ganglienzellen, so wie auch deren Stielfortsätze erreicht und umspinnen, und es giebt innerhalb der Membrana propria zwischen den Ganglienzellen außer diesen Gliafibrillen der Sternzelle (und den Leukocyten) überhaupt keine präformirten Structurelemente, abgesehen von einigen leitenden Primitivfibrillen, die besagten Zwischenraum durchsetzen. Selbe sind meist sehr dünn und schwer zu verfolgen. Die auffälligsten von ihnen durchsetzen gelegentlich die Sternzelle, meist tangiren oder umgehen sie aber bloß deren Körper. Sie kommen seitlich aus dem Körper oder dem Stielfortsatze gewisser Ganglienzellen, bevor der Fortsatz

die centrale Fasermasse erreicht hat, treten in den Körper oder Stielfortsatz einer anderen Ganglienzelle ein und gerathen in jene nicht sehr innige Verbindung mit der Sternzelle wahrscheinlich bloß dadurch, dass letztere ihnen in den Weg wächst.

Morphologisch etwas verschieden, aber von derselben Bedeutung, wie die Sternzellen der Ganglienzellenpackete, sind die medianen Sternzellen. So wie erstere für die Ganglienzellenpackete, liefern letztere lediglich für die centrale Fasermasse Glia-substanz, die sie mit ihren verästelten Fortsätzen in jeder Richtung durchziehen. Sie liegen aber nicht in der centralen Fasermasse, sondern in deren ventralen medianen Längsfurche, zwischen ihr und dem vorderen, beziehungsweise hinteren Ganglienzellenpacket. Es giebt nämlich in jedem Bauchganglion bloß zwei: die eine liegt unter der rostralen, die andere unter der caudalen Quercommissur der centralen Fasermasse, welche die vordere und hintere Begrenzung einer trichterförmigen Einsenkung in der Fasermasse bilden<sup>1</sup>. Dicht unter dem Fibrillenbündel des FAIVRE'schen Nerven, also ventrad davon, schmiegen sie sich der centralen Fasermasse eng an und dringen mit ihren Fortsätzen in sie ein.

Die medianen Sternzellen wurden wiederholt als Ganglienzellen, »große mediane multipolare Ganglienzellen« beschrieben, gelegentlich aber auch ganz übersehen, und dann wurden an ihrer Stelle als die großen medianen Ganglienzellen früherer Autoren wirklich Ganglienzellen, die zwei colossalen Ganglienzellen im vorderen Medianpacket, behandelt. Dass sie in der That keine Ganglienzellen, sondern, wenigstens im entwickelten Zustand des Thieres, Gliazellen sind, beweisen dieselben Gründe, die wir schon bei der Besprechung der LEYDIG'schen Zellen geltend gemacht haben. Morphologisch stehen sie diesen auch näher, als den Sternzellen der Packete. Natürlich sind sie auch keine Muskelzellen. Dies halte ich desshalb

<sup>1</sup> Diese Einsenkung geht von der ventralen Fläche der Fasermasse, von der erwähnten medianen Längsfurche aus und durchbohrt die Fasermasse, sich in dorsaler Richtung bis auf eine kleine Öffnung verengend, in der Mitte. Sie ist von den dorsad gerichteten Fortsätzen von Ganglienzellen des vorderen und hinteren Medianpackets gefüllt und longitudinal überbrückt von den durchgehenden Neurofibrillen des FAIVRE'schen Nerven, welcher die Ganglienzellenfortsätze, die noch nicht in die centrale Fasermasse eingelenkt haben, rechts und links bei Seite schiebt. Zuletzt bleiben im Trichter nur die Fortsätze der zwei größten Ganglienzellen des vorderen Medianpackets, und schließlich wird die enge, dorsale Öffnung des Trichters von dem Fortsatz der vorderen der beiden großen Ganglienzellen eingenommen und versperrt.

für nothwendig hervorzuheben, weil gerade über den Ganglien in der gemeinsamen Neurilemmscheide auch mehr oder weniger sternförmige Muskelzellen vorkommen. So sind sie besonders in der Neurilemmhülle der Unterschlundgruppe; in der der Bauchganglien sind sie mehr bandartig, aber schon unweit vom Kern verästelt und mit einander anastomosirend. Sie liegen, wie erwähnt, im Medianfelde, in und über der dorsalen Längsfurche, die die rechte und linke Hälfte der centralen Fasermasse von einander trennt. Im ventralen Medianfelde, unter der centralen Fasermasse, wo die Sternzellen liegen, giebt es keine. RETZIUS beschreibt sie in seinen Methylenblaupräparaten, da sie sehr oft Methylenblautinction annehmen, als eigenthümliche Medianzellen oder Medianfasern und ist geneigt, sie für Ganglienzellen (in seiner Terminologie Nervenzellen), beziehungsweise Nervenfasern zu halten. Von unseren medianen Sternzellen sind sie himmelweit verschieden; ihre Fortsätze dringen nie in die centrale Fasermasse ein, und überhaupt ist ihr Ausbreitungsbezirk auf die Dicke der Neurilemmscheide begrenzt, wogegen die Sternzellen nicht in der Neurilemmscheide, sondern innerhalb dieser liegen, in jene ventrale Längsfurche der centralen Fasermasse eingesenkt sind und ihre reich verzweigten Fortsätze lediglich in dieser ausbreiten, diese mit ihnen ganz durchdringen.

Die medianen Sternzellen besitzen eine ziemlich symmetrische Form, und ihr Kern liegt meist ganz genau in der Medianlinie selbst. In der Frontalansicht ist ihr Körper oft mehr viereckig, als eigentlich sternförmig; ihr diagonaler Durchmesser ist bei dieser Ansicht 60—80  $\mu$ , sie sind also viel größer, als die Sternzellen der Packete und auch größer als die LEYDIG'schen Zellen. Fortsätze gehen nicht nur von den Ecken, sondern auch von den Seiten des Vierecks mehrere ab. Sie sind dicker als die der Sternzellen der Ganglienzellenpackete und entspringen mit breiterer Basis. Sie verästeln sich bald wiederholt dichotomisch oder auch seitlich, und die Zweige, welche in jeder Richtung die ganze centrale Fasermasse durchdringen, spalten sich schließlich in einzelne Gliafibrillen, die aus einander strahlen, auf die Oberfläche der Fasermasse umbiegen und dort zur Bildung der oberflächlichen Gliazone beitragen. Andererseits erreichen aber einzelne Fortsätze die Membrana propria der Ganglienpackete, und ihre Fibrillen dringen von außen in das Gewebe derselben ein. An der Bildung der Membrana propria nehmen also neben den Sternzellen der Packete auch die medianen Sternzellen Theil.

Das Protoplasma der medianen Sternzellen ist ebenso wasser-

reich und wenig tingirbar, wie das der LEYDIG'schen Zellen, und eben so bis zum Kern ganz von einem schönen Glianetz durchwoben, dessen einzelne Fäden stärker und auffälliger sind. Die in den Fortsätzen vereinigten Gliafibrillen entspringen auch hier aus diesem Netz. Einzelne leitende Primitivfibrillen durchsetzen sie in verschiedener Richtung, sind aber möglicherweise ebenfalls bloß secundär in diese Verbindung mit ihnen getreten.

c. Die Nerven- und Gliazellen bei anderen Hirudineen und Wirbellosen.

Wir wollen nun die im Obigen bei *Hirudo*, als Typus der Gnathobdelliden, eingehend beschriebenen Nerven- und Gliazellen bei der anderen Hirudineenordnung kurz besprechen. Zum Repräsentanten der Rhynchobdelliden wählen wir als besonders günstiges Untersuchungsobject *Pontobdella*.

Die Connectivspindeln, die LEYDIG'schen Zellen, die Sternzellen der Ganglienzellenpackete und die medianen Sternzellen treffen wir bei *Pontobdella* in derselben Anzahl und, mit Ausnahme der LEYDIG'schen Zellen, auch in derselben Lage an, wie bei *Hirudo*. Peripherische Nervenspindeln, durch Nervenkerne angedeutet, sind in geringerer Anzahl und anders angeordnet vorhanden. Die LEYDIG'schen Zellen liegen, wie bekannt, bei *Pontobdella* entfernt vom Ganglion, in einem mittelgroßen, vollgesogenen Thier (von 13—15 mm Länge in mäßig gedehntem Zustand) bis zu 1 mm weit davon, ebenfalls seitlich, aber etwas nach hinten, natürlich schon außerhalb der gemeinsamen Neurilemmhülle der Ganglienzellenpackete, zwischen den divergirenden Haupt-Nervenstämmen, welche meist mit einer gemeinsamen Wurzel vom Ganglion entspringen.

Alle diese Zellen sind bei *Pontobdella* absolut, und ihre Kerne auch relativ zum Volum der Zelle, viel größer als bei *Hirudo*. Ich will, um mich kurz zu fassen, bloß bei der LEYDIG'schen Zelle die Dimensionen angeben. Sie ist mehr oder weniger kugelig, oft aber dreiaxig ellipsoidisch, im ersteren Fall von etwa 200  $\mu$  Durchmesser im Mittelkörper des mittelgroßen Thieres, ihr Kern ebenfalls kugelig, von nahezu 150  $\mu$  Durchmesser. In ähnlichem Grade überwiegen an Größe auch die anderen Zellen und ihre Kerne die von *Hirudo*. Der Zellkörper ist nur bei den LEYDIG'schen Zellen scharf umschrieben, bei den übrigen ist die Grenze des protoplasmatischen Zellleibs gegenüber der Gliazone, in welche er übergeht, in meinen Präparaten nicht genau zu bestimmen, und die Gliazone strahlt allseitig

Gliafibrillen aus. Die Form des Zellkerns ist wie bei den entsprechenden Zellen von *Hirudo*: also in den LEYDIG'schen Zellen und in beiderlei Sternzellen ungefähr kugelig, in den Connectivspindeln und in den peripherischen Nervenspindeln zweiachsig ellipsoidisch, mit mehr oder weniger großem Unterschied zwischen den Achsen.

Die natürliche Form dieser Kerne ist aber an fixirten Präparaten unmöglich ganz genau zu bestimmen. Durch die meisten gebräuchlichen Fixirungsmittel wird sie sehr stark verändert, und diese Verunstaltung durch die weiteren Procedures der Einbettung oder der Färbung noch vermehrt. Ich habe bis jetzt keine Fixirungsmethode gefunden, welche diese Kerne ganz so, wie sie während des Lebens sind, erhalten würde. Schon das beginnende Absterben der Zelle verursacht Veränderungen der Form. Man muss sie deshalb zu diesem Zwecke ganz lebensfrisch untersuchen, wofür ja die Verhältnisse gerade bei *Pontobdella*, namentlich bei vollgesogenen größeren Individuen außerordentlich günstig sind. Wir sehen diese Kerne bei verschiedenen Autoren in den abenteuerlichsten Formen abgebildet und diese Formen als der Natur entsprechend behandelt. Dasselbe gilt übrigens in etwas geringerem Grade auch von den Kernen der Ganglienzellen, ja gewissermaßen sogar von denen der Muskelzellen von *Pontobdella*. Die Ursache davon liegt in der eigenthümlichen Beschaffenheit jener Kerne. Sie stellen sehr große und sehr dünnwandige prallgefüllte Blasen dar, mit sehr wenig präformirter innerer Structur, deren genaue Natur während des Lebens eigentlich gar nicht zu bestimmen ist. Ein stark brechendes, loses Balkenwerk und eine gewisse Quantität von Körnchen tritt im Inneren des Kernes erst dann auf, wenn auch die äußere Form sich zu verändern anfängt. Einen deutlich ausgeprägten, einheitlichen achromatischen Nucleolus, welcher bei *Hirudo* stets so auffallend ist, vermissen wir bei ihnen.

Verhältnisse, die denen bei *Hirudo* gegenüber besonders erwähnenswerth sind, finden wir bloß bei den LEYDIG'schen Zellen von *Pontobdella*, welche engere Beziehungen zu den leitenden Primitivfibrillen als bei *Hirudo* aufweisen. Diese Verhältnisse sind etwas complicirt, ich will auf ihre Beschreibung auch nicht eingehen, da sie zu kennen für das Verständnis der in diesem Artikel erörterten Fragen nicht unumgänglich nothwendig ist.

Auch bei anderen Wirbellosen, von welchen ich in dieser Hinsicht besonders *Lumbricus* eingehender bearbeitet habe, finden wir ähnlich wie bei *Hirudo* beschaffene Nervenzellen und eine im Wesent-

lichen ebenso angeordnete Glia. Da principielle Unterschiede nicht vorhanden sind, so will ich dem Leser nähere Angaben über sie ersparen und bloß von den Nervenzellen von *Lumbricus* so viel erwähnen, dass sie etwas zahlreicher als bei *Hirudo* vorhanden, aber mehr auf gewisse Stellen der Nerven localisirt sind. Sie sind auch auffälliger, da ihr Zellkörper compacter und stärker tingirbar und auch ihr Kern chromatinreicher ist. Letzterer ist nicht überall gleich groß; manche sind etwas größer, manche kleiner als bei *Hirudo* und sie sind meist länglicher. Die Gliazellen im Centralnervensystem sind ebenfalls zahlreicher, aber viel kleiner. Nervenzellen bei *Lumbricus* sind in Fig. 9 Taf. 24 angedeutet, ihr Kern ist mit *knz* bezeichnet.

### C. Die Ganglienzellen: ihre anatomischen Beziehungen zu den leitenden Primitivfibrillen und zu einander.

Wir haben im Obigen bereits sämtliche Structurelemente des peripherischen und centralen Nervensystems besprochen, ausgenommen die Ganglienzellen selbst. Diese müssen der Gegenstand einer besonderen, eingehenden Besprechung sein, da meine Untersuchungen bisher gar nicht geahnte, ganz überraschende Thatsachen an ihnen aufgedeckt haben.

Die grundlegende These, welche bewiesen werden soll, ist kurz gefasst die folgende: leitende Primitivfibrillen dringen in das Somatoplasma der Ganglienzelle ein, und ebenso viele Elementarfibrillen, wie in den eintretenden Primitivfibrillen enthalten sind, verlassen wieder, meist anders gruppiert, die Ganglienzelle in den Primitivfibrillen, die aus ihr heraustreten, nachdem sie sich im Zellkörper zu einem leitenden Geflechte oder Gitter ausgebreitet haben, in welchem ihre Umgruppierung erfolgt. Eine Endigung oder ein Anfang, etwa eine Auflösung der Neurofibrillen im Somatoplasma, findet in der Ganglienzelle nicht statt, irgend welche Verbindung der Neurofibrillen mit dem Zellkern ist auch nicht vorhanden.

Diese Thatsache könnte man als allgemeines Gesetz noch kürzer auch so formuliren: der ununterbrochene Verlauf der zu mehr oder weniger starken Primitivfibrillen vereinigten leitenden Elementarfibrillen geht stets durch ein oder mehrere Ganglienzellen, in denen sie zeitweilig aus einander

weichen und in deren Somatoplasma sie ein leitendes Geflecht oder Gitter bilden.

a. Zahl, Größe und anatomische Beschaffenheit der Ganglienzellen von *Hirudo*.

Auch bei der Demonstrirung dieser Thatsache wollen wir von den Verhältnissen bei *Hirudo* ausgehen. Wir schicken einige Angaben über Zahl, Größe und anatomische Beschaffenheit der Ganglienzellen von *Hirudo* voraus.

Die Ganglienzellen des Bauchstranges der Hirudineen überhaupt sind, wie ich es zuerst als allgemeinen Charakter der Classe festgestellt habe, in jedem Bauchganglion auf sechs Gruppen, sechs Ganglienzellenpakete, wie ich sie nenne, vertheilt. Dass jede Gruppe eine gemeinsame Membrana propria aus Gliafibrillen besitzt, habe ich im Obigen schon dargethan. Die einzelnen Pakete bezeichne ich mit Angabe ihrer Lage im Bauchganglion folgendermaßen: vorderes und hinteres Seitenpaket links (*gklbro* und *gkllca*), vorderes und hinteres Medianpaket (*gkmro* und *gkmca*), vorderes und hinteres Seitenpaket rechts (*gklrro* und *gklrca*: vgl. Fig. 1 Taf. 24, einen frontalen Schnitt. Bei ventraler Ansicht sind die vorderen Seitenpakete etwas von dem vorderen, die hinteren Seitenpakete zum größten Theil vom hinteren Medianpaket verdeckt). Die linken Pakete sind in Betreff der Zahl, Anordnung und Beschaffenheit des größten Theiles der Ganglienzellen, die sie enthalten, und zwar sämmtlicher Ganglienzellen, die constant in jedem Ganglion eines jeden Individuums vorkommen, das genaue Gegenbild der entsprechenden rechten. Sie sind es, wenn keine störenden Einflüsse die gleiche Tinction verhindern, sogar in ihrem Verhalten gegen Methylenblau: wenn eine constante Ganglienzelle des vorderen linken Seitenpackets Färbung angenommen hat, so nimmt auch die entsprechende Ganglienzelle des vorderen rechten Seitenpackets sammt allen ihren Fortsätzen dieselbe Färbung an. Diese Erscheinung ist in dem in Fig. 1 Taf. 26 abgebildeten Präparat, einem vorsichtig etwas plattgedrückten Mittelkörperganglion, wo vorherrschend die Ganglienzellen der Seitenpakete Tinction angenommen haben, sehr schön zu sehen. Die correspondirenden Ganglienzellen besonders zu bezeichnen habe ich unterlassen, um das Bild nicht sehr vollschreiben zu müssen; aber die Gleichheit der rechten und linken Hälfte des Bildes fällt auch so genug auf. Von den Zellen der Medianpakete, *gkmro* und *gkmca*, ist hier bloß ein kleiner Theil tingirt. Mit dem vorderen

Medianpacket ist ursprünglich das hintere Medianpacket symmetrisch; beide werden secundär in das Mittelfeld verschoben. Aber unabhängig von der im Großen und Ganzen dauernd verbleibenden ursprünglichen Symmetrie ist sowohl im vorderen als auch im hinteren Medianpacket eine secundäre Symmetrie entstanden zwischen den Ganglienzellen, die in ihnen rechts und links von der Medianlinie liegen, obwohl Verschiebungen gewisser Ganglienzellen während ihres Wachstums diese secundäre Symmetrie zu verbergen suchen. So befinden sich die zwei colossalen Ganglienzellen des vorderen Medianpackets, welche in Fig. 1 Taf. 26 in Folge ihrer unvollkommenen Tinction, die ihnen diese Farbe verliehen hat, grünlichblau und ohne Fortsatz gezeichnet sind, nie in derselben Höhe neben einander, sondern stets hinter einander, die vordere beinahe immer genau in der Medianlinie, die hintere meist etwas rechts davon. (Im Präparat von Fig. 1 Taf. 26 wurden sie beim Plattdrücken des Ganglions aus ihrer natürlichen Lage verschoben.)

Im hinteren Medianpacket sieht man constant (aber vom Methylenblau nicht inmer, bloß häufig tingirt) in der Mittellinie eine mittelgroße unpaare Ganglienzelle, statt deren im vorderen Medianpacket zwei etwas kleinere symmetrisch gelagerte vorkommen. Diese auch in anderer Hinsicht sehr interessante unpaare Ganglienzelle ist in den Fig. 7 Taf. 25, 2 Taf. 26 und 3 Taf. 27 abgebildet, in Fig. 4 Taf. 26 nur angedeutet. Die Thatsache, dass gewisse Ganglienzellen durch zwei kleinere vertreten sein können, so die unpaare Medianzelle des hinteren Medianpackets durch zwei im vorderen, ist die hauptsächliche Ursache, wesshalb man in den correspondirenden Packeten der rechten und linken Seite nur selten die gleiche Anzahl von Ganglienzellen findet. Daneben fällt das Vorhandensein von inconstanten Ganglienzellen, die stets zur kleinsten Sorte gehören, nur ganz wenig ins Gewicht. Immer auffallend ist dieser Unterschied zwischen dem vorderen und hinteren Medianpacket: ersteres enthält größere Ganglienzellen in geringerer, letzteres kleinere in größerer Anzahl. Ein ebenso großer Unterschied kann aber gelegentlich auch zwischen entsprechenden Seitenpacketen vorkommen.

Ich habe Zählungen in mehreren Ganglien desselben Thieres und von verschiedenen, zum Theil gleich, zum Theil verschieden alten Individuen von *Hirudo* gemacht. Hier will ich bloß von zwei Zählungen die Resultate erwähnen. Das eine Thier war etwas unter, das andere etwas über mittelgroß. Die Zahlen beziehen sich auf ein Mittelkörperganglion.

## Beim größeren Thier:

Im vorderen Medianpacket . . . .	42	Ganglienzellen.
» hinteren » . . . .	54	»
» vorderen Seitenpacket links . .	76	»
» » » rechts . . .	67	»
» hinteren » links . . .	68	»
» » » rechts . . .	71	»

Im ganzen Ganglion 378 Ganglienzellen.

## Beim kleineren Thier:

Im vorderen Medianpacket . . . .	52	Ganglienzellen.
» hinteren » . . . .	58	»
» vorderen Seitenpacket links . .	54	»
» » » rechts . . .	67	»
» hinteren » links . . .	76	»
» » » rechts . . .	76	»

Im ganzen Ganglion 383 Ganglienzellen.

Wie wir sehen, ist die Zahl der Ganglienzellen ziemlich gleich, etwas größer gerade beim kleineren Thier. Beide Zählungen wurden an Serien von genau frontalen Schnitten von  $10 \mu$  Dicke ausgeführt; andere Schnittrichtungen und andere Schnittdicken erwiesen sich als weniger günstig. Mir kam die Thatsache zur Hilfe, dass die Kerne der Ganglienzellen stets einen und zwar sehr intensiv färbbaren, seitlich an die Kernmembran gedrückten Nucleolus enthalten. Da ich jede Ganglienzelle erst in dem Schnitt zählte, wo ihr Nucleolus erschien, und das Bild jeder Ganglienzelle in den benachbarten Schnitten noch besonders verglich, damit auch die an und für sich zwar unwahrscheinliche Möglichkeit, dass der in den kleinen, allein Schwierigkeit verursachenden Ganglienzellen nie über  $1 \mu$  große Nucleolus, vom Messer gerade getroffen, auf zwei neben einander liegende Schnitte vertheilt sei, keinen Irrthum verursache, so glaube ich meine Zählungen als genau betrachten zu dürfen.

Ich kann sagen, dass die Zahl der Ganglienzellen eines Mittelkörperganglions nicht unter 350 bleibt und nicht über 400 steigt, einerlei, ob man kleine, gestreckt vielleicht 5 cm lange, oder große, etwa 15 cm lange Thiere nimmt. Außerdem finde ich in meinen ziemlich zahlreichen Präparaten von verschiedenen alten Individuen im Centralnervensystem weder in Theilung begriffene Ganglienzellen, noch Zellen, welche als noch unentwickelte, noch nicht functionirende Reserveganglienzellen angesehen werden könnten

Aus Alledem geht wohl deutlich hervor, dass bei *Hirudo*, und dasselbe glaube ich für die Hirudineen überhaupt annehmen zu dürfen, eine postembryonale Vermehrung oder ein solcher Ersatz von Ganglienzellen, wenn sie überhaupt vorkommen, keine Rolle spielt. Von einer regen Vermehrung der Ganglienzellen während des postembryonalen Lebens, welche nach RONDE bei verschiedenen Wirbellosen stattfinden soll, mir aber höchst unwahrscheinlich vorkommt, kann bei Hirudineen gar keine Rede sein.

Was nun die Größe der Ganglienzellen betrifft, so können diese im Bauchstrang in vier Kategorien getheilt werden, nämlich die der colossalen, großen, mittelgroßen und kleinen Ganglienzellen. Von colossalen giebt es bloß zwei in jedem Packet; unter ihnen zeichnen sich die des vorderen Medianpackets durch besondere Größe aus. Der Durchmesser ihres stets rundlichen Zellkörpers ist bei mittelgroßen Thieren 80—90  $\mu$ . Sie sind die eigentlichen colossalen Ganglienzellen mancher Autoren und wurden, wie gesagt, gelegentlich mit den medianen Sternzellen verwechselt. Die Ganglienzellen von dieser Kategorie stehen in den anderen Packeten in Betreff ihrer Größe nicht so unvermittelt zwischen den übrigen Ganglienzellen des Packets da: ihr Durchmesser ist in allen Packeten 50—60  $\mu$ . Da bei den Hirudineen sämtliche Ganglienzellen birnförmig sind, obwohl sie auch außer dem Stielfortsatze Fortsätze besitzen können, und ihr Körper ziemlich kugelig ist, so kann ihre Größe durch Angabe eines Durchmessers bestimmt werden. Dieser ist bei den großen Ganglienzellen in allen 6 Packeten 40—50, bei den mittelgroßen 30—40, bei den kleinen 15—30  $\mu$ .

Um das Verhältniß der Größe der Ganglienzellen zu der Körpergröße des Thieres festzustellen, habe ich bis jetzt zwar keine genauen Vergleiche vorgenommen, so viel kann ich indessen jetzt schon behaupten, dass die Ganglienzellen nicht in Proportion mit dem Gesamtkörper wachsen und dass sie in kleinen Thieren verhältnismäßig größer sind, als in großen Thieren. Demnach kann man nicht sagen, dass die mangelnde Zunahme der Zahl der Ganglienzellen durch die Vergrößerung der letzteren irgendwie compensirt wäre.

Sämmtliche Ganglienzellen des Bauchstranges von *Hirudo*, sowie der Hirudineen überhaupt, sind birnförmig, obwohl gewisse Zellen außer dem Stielfortsatze auch direct vom Körper an verschiedenen Stellen ausgehende Nebenfortsätze besitzen können. Letztere gehen aber so unvermittelt mit so dünner Basis vom Zellkörper ab, dass

sie nie eine Spindel- oder Sternform desselben verursachen können. Sogar der Stielfortsatz geht ziemlich unvermittelt ab, so dass eine stärkere Verjüngung des meist kugeligen Zellkörpers gegen den Fortsatz zu nur seltener vorkommt. Übrigens trennt auch in Betreff der feineren Structur eine meist scharfe Grenze den Zellkörper, welcher in histologischem und physiologischem Sinne allein die Ganglienzelle repräsentirt, vom Stielfortsatz, welcher bloß in grob anatomischem Sinne ein Bestandtheil der Ganglienzelle selbst ist. Die embryonale Ganglienzelle mag, als sie noch wie eine jede lebenskräftige Zelle von nicht beschränktem Functionskreis wirkte, zwar einen protoplasmatischen Fortsatz gehabt haben, dieser ist aber im fertigen Zustande bis auf geringe, kaum nachzuweisende Reste geschwunden, und an seine Stelle mag der bloß anatomisch so bezeichnbare Stielfortsatz getreten sein.

Von der Ganglienzelle ausgehend und im Interesse der einfacheren Beschreibung in rein anatomischem Sinne sprechend, so entspringen die Nebenfortsätze meist erst vom Stielfortsatz und zwar in größerer oder geringerer Entfernung vom Zellkörper, gelegentlich ganz unmittelbar nach dem Austritte des Stielfortsatzes. Diese Nebenfortsätze können selbst Collateralen genannt werden, falls sie nach kürzerem Verlauf und wiederholter Verästelung (wenn sie nicht von Anfang an sehr dünn gewesen sind) in dem betreffenden Ganglion selbst in das diffuse Elementargitter übergehen; man muss sie aber wohl nach der Terminologie der Wirbelthier-Nervenlehre Axone nennen, wenn sie direct in einen Nervenstamm, oder in ein Connectiv hinein zu verfolgen sind. Solcher Axone entspringen aus dem Stielfortsatze einer großen Anzahl von Ganglienzellen mehrere, entweder als Seitenäste oder durch dichotomische oder mehrfache Verzweigung des Stielfortsatzes. Gewisse Ganglienzellen entsenden in dieser Weise bis zu 10 Axone; die in Fig. 2 Taf. 31 abgebildete Ganglienzelle hat 7 Axone. Mehrere können in denselben Nervenstamm gehen und entweder je eine, und dann motorische, Primitivfibrille oder eine oder mehrere solche enthalten, die sich im Nerv zu einem sensorischen Bündel zu gesellen scheinen. In Fig. 2 Taf. 31 gehen drei Axone in den vorderen rechten Nervenstamm, ein Axon geht in den hinteren rechten, einer rostrad in das rechte, zwei caudad in das rechte Connectiv; die letzteren drei gesellen sich zu dem lateralen sensorischen Bündel *sbl.* Jeder Axon kann Collaterale, die dann in das diffuse Elementargitter übergehen, abgeben, sogar diejenigen, welche sich zu den sensorischen Bündeln gesellen, so z. B. die Axone *x* und *y* in Fig. 3 Taf. 31.

In gewissem Gegensatz zu den mehraxonigen, wie die in Fig. 2 und 3 Taf. 31, stehen jene Ganglienzellen, von welchen gar kein Axon von der obigen Beschaffenheit entspringt, sondern deren Stielfortsatz, ohne seitliche Nebenfortsätze abzugeben, noch innerhalb desselben Ganglions meist gleichzeitig in eine Anzahl von dünneren Zweigen zerfällt, die nach weiteren Verästelungen sämmtlich innerhalb desselben Ganglions in das diffuse Elementargitter übergehen, wenn sie nicht direct in feine Ästchen von anderen Bahnen zu verfolgen sind. Eine Ganglienzelle von dieser Art auch mit solcher Anastomose von feinsten Ästchen des Stielfortsatzes ist in Fig. 3 Taf. 26 abgebildet. Sie gehören immer in die Kategorie der kleinsten Ganglienzellen. Sie entsprechen bei Hirudineen dem Typus, welcher bei den Wirbelthieren als die sensorische Ganglienzelle bezeichnet wird; demselben entsprechen aber auch diejenigen, welche bloß in die Connective Axone senden, die im nächsten oder in einem entfernteren Ganglion ganz im diffusen Elementargitter aufgehen. Die erstere Form ist sehr spärlich, die letztere auch nicht zahlreich vorgehanden.

Die zwei mit einem Sternchen bezeichneten sehr kleinen Ganglienzellen in Fig. 1 Taf. 26, symmetrisch gelegen im rechten und linken vorderen Seitenpaket, senden bloß je ein Axon ohne Collateralen in das vordere Connectiv der anderen Seite. Die mit zwei Sternchen bezeichneten etwas größeren beiden Ganglienzellen, ebenfalls symmetrisch gelagert im rechten und linken hinteren Seitenpaket, senden je einen dickeren Axon, die directe Fortsetzung des Stieles, in das Connectiv derselben Seite und einen viel dünneren in den FAIVRE'schen Mediannerven, beide nach hinten. Vom Stielfortsatz gehen mediad gerichtete zahlreiche Collateralen ab, welche zum Theil nach wiederholter Verzweigung mit denen der correspondirenden Ganglienzelle anastomosiren, zum größeren Theil aber in das diffuse Elementargitter übergehen.

Die meisten Ganglienzellen der Hirudineen besitzen indessen wenigstens einen Axon, welcher in einen peripherischen Nervenstamm hineingeht. Von dieser Art ist eine in Fig. 1 Taf. 31 abgebildet. Die Collateralen sind hier sehr zahlreich; ein Axon, die directe Fortsetzung des Stieles, biegt sich auf die andere Seite, in die rechte hintere Wurzel; auch die Nebenfortsätze entspringen alle aus dem Stielfortsatz, nachdem letzterer die Medianlinie passirt hat; diessseits der Medianlinie entspringen davon bloß Collateralen. Ein Theil der Nebenfortsätze geht in demselben Ganglion in das diffuse Elementar-

gitter über; zwei,  $x$  und  $y$ , sind in das rechte Connectiv nach vorn in ein sensorisches Bündel zu verfolgen.

Der größte Theil der Ganglienzellen ist nicht nur constant vorhanden, sondern auch stets in derselben Lage, mit meist bis auf die kleinsten Zweige identischer Verästelung des Stielfortsatzes. Alle bis jetzt erwähnten sind solche auf Grund der Größe, Lage und Verästelungsweise des Fortsatzes leicht erkennbare und in den Methylblaupräparaten besonders oft gut tingirte, typische Formen. Variationen kommen bloß in der Ursprungsstelle der Nebenfortsätze häufiger vor. Letztere können, wie schon erwähnt, anstatt erst vom Stielfortsatze, bereits vom Körper der Ganglienzelle an beliebigen Punkten entspringen. Diese Variationen sind für gewisse Ganglienzellen sogar charakteristisch. Eine solche ist die unpaare mediane Ganglienzelle des hinteren Medianpackets *mugz*, welche in Fig. 7 Taf. 25, 2 Taf. 26 und 7 Taf. 27 abgebildet ist. Allerdings entspringen von den hier abgebildeten bloß bei der in Fig. 3 Taf. 27 Nebenfortsätze direct vom Zellkörper. Die directe Fortsetzung des Stielfortsatzes dieser Ganglienzelle bildet einen Axon, welcher rostrad in den FAIVRE'schen Nerv geht; außerdem giebt es auch einen Nebenfortsatz, welcher einen in caudaler Richtung in den FAIVRE'schen Nerv verfolgbaren Axon bildet. Letzterer entspringt entweder vom Stielfortsatz, wie in Fig. 3 Taf. 26, und biegt sich dann nach hinten um, oder vom caudalen Pol des Zellkörpers, gelegentlich zwei anstatt des einen dickeren, wie in Fig. 3 Taf. 27 die Nebenfortsätze 3 und 4. Außer diesen sind hier noch zwei vom Zellkörper entspringende Nebenfortsätze sichtbar, nämlich 1 und 2. 1 theilt sich in zwei Axone:  $1a$  gesellt sich zum paralateralen,  $1b$  zum lateralen sensorischen Bündel der linken Seite;  $2a$  mischt sich unter die Fibrillen eines von hinten aus dem FAIVRE'schen Nerv kommenden sensorischen Bündels und geht mit diesen in das diffuse Elementargitter über,  $2b$  und  $2c$  begeben sich beide in das paramediane sensorische Bündel der rechten Seite.

Diese Formen, bei welchen die Nervenfortsätze direct vom Zellkörper an verschiedenen Punkten entspringen, bilden den Übergang zu den Formen von Ganglienzellen, bei denen der meist polygonale Zellkörper an allen Ecken, oder, falls er spindelförmig ist, an beiden Enden in Fortsätze übergeht. Obwohl nun die sogenannte pluripolare Ganglienzelle gerade für das Centralnervensystem der Wirbelthiere, die birnförmige, unipolare aber für um so Vieles niedriger stehende Thiere, u. A. die Hirudineen charakteristisch ist,

so glaube ich doch die erstere Form für die ursprünglichere halten zu müssen. Ihre Birnform verdanken die Ganglienzellen der Hirudineen ihrer eigenthümlichen Lage gegenüber dem centralen Complex der leitenden Bahnen, in welchen die Fortsätze ihren weiteren Weg zu nehmen haben. Erstens sind die Ganglienzellen der Hirudineen verhältnismäßig weit von der centralen Fasermasse gerückt, und zweitens ist nur ein Pol von ihnen gegen centrale Fasermasse gerichtet. Deshalb mussten auch Fortsätze, die ursprünglich an anderen, verschiedenen Punkten des Zellkörpers entsprangen, mit dem Fortsatze oder zu einem Fortsatze vereinigt werden, welcher an dem der Fasermasse zugekehrten Pol der Zelle entspringt, um nicht auf einem Umweg zwischen den Ganglienzellen in die centrale Fasermasse gelangen zu müssen. Auch unter den Ganglienzellen von *Hirudo* entspringen Fortsätze an verschiedenen Punkten des Zellkörpers meist bei denen, welche in der longitudinalen Furche zwischen der rechten und linken Hälfte der Fasermasse, beziehungsweise zwischen den Wurzeln der zwei Connective liegen, also nicht bloß mit dem Stielfortsatzpole, sondern auch lateralwärts und dorsalwärts nach leitenden Bahnen schauen, die gewisse Fortsätze von ihnen in dieser Richtung noch eher, als mit dem Stielfortsatze vereint, erreichen können. Diese Lage besitzen u. A. auch die oben besprochenen medianen unpaaren Ganglienzellen des hinteren Medianpackets. Ebenso finden wir im Bauchstrang von *Lumbricus* eine große Anzahl von Ganglienzellen in longitudinale Furchen der centralen Fasermasse eingesenkt und deshalb nicht birnförmig, sondern bi- oder pluripolar, so dass bei *Lumbricus* die Birnform vielleicht gar nicht als die dominirende Form von Ganglienzellen bezeichnet werden kann. Andererseits sehen wir z. B. im Rückenmark von niederen Wirbelthieren auch viele Ganglienzellen, wahrscheinlich ebenfalls in Folge ihrer Lage, birnförmig gestaltet. Sehr häufig sind sie es u. A. bei *Lophius* dort, wo sie hart an dem sich gegen die Medulla oblongata zu allmählich erweiternden Centralcanal liegen. Noch auffälliger ist der Einfluss der Lage bei *Lophius* in Betreff der Birnform der FRITSCH'schen colossalen Ganglienzellen. An den Zellen der Spinalganglien vermag man es ja auch in der Ontogenese deutlich zu verfolgen, wie die ursprünglich spindelförmigen Nervenzellen der Spinalganglien, in Folge der Lageveränderung des Zellkörpers gegenüber der bereits fixirten Richtung der beiderseitigen Fortsätze, birnförmig werden mit T-förmig verästeltem Stielfortsatze.

Im Wesentlichen sind, wie wir sehen werden, sämtliche Fortsätze einer Ganglienzelle gleich, alle enthalten nämlich leitende Primitivfibrillen, welche sie der Ganglienzelle zum Theil zu-, zum Theil entführen. In anderer Hinsicht ist aber ein gewisser histologischer Unterschied zwischen dem Stielfortsatze und den direct vom Zellkörper entspringenden Nebenfortsätzen auch bei *Hirudo* vorhanden, welcher gewissermaßen an den histologischen Unterschied zwischen den Dendriten und dem Achsen-cylinderfortsatze der Ganglienzellen von höheren Wirbelthieren erinnert. Indessen wäre es falsch, den Stielfortsatz der Ganglienzelle von Hirudineen mit dem Achsen-cylinderfortsatz der Wirbelthierganglienzelle homologisiren zu wollen: der Stielfortsatz ist die anatomische Vereinigung eines Achsen-cylinderfortsatzes oder von mehreren solchen mit den Dendriten. Andererseits ist auch unter den Wirbelthieren der z. B. beim Kalb so scharf ausgeprägte Unterschied bei den niederen Classen viel weniger auffällig oder gar nicht vorhanden: bei *Lophius* und *Triton* finde ich ihn z. B. vielfach gar nicht.

#### b. Histologische Beschaffenheit der Ganglienzelle von *Hirudo*.

Und damit sind wir zur Besprechung der histologischen Beschaffenheit der Ganglienzelle von *Hirudo* gelangt. An einer colossalen oder großen Ganglienzelle kann ich folgende Zonen unterscheiden. Von außen nach innen vorschreitend, so ist die erste die äußere Gliazone, hergestellt durch Gliafibrillen, die mit den Fortsätzen der Sternzelle des Ganglienzellenpackets an die Ganglienzelle herantreten. Darauf folgt gewissermaßen als *Membrana propria* der einer eigentlichen Zellmembran stets entbehrenden Ganglienzelle die innere, sehr dünne Gliazone, welche aus den Zelleib eng und dicht umspinnenden Gliafibrillen besteht, die aus der oberflächlichen Gliaschicht der centralen Fasermasse stammen, erst den Stielfortsatz umspinnen und von dort sich auf den Zellkörper ausbreiten. Nach innen kann diese innere Gliazone bei *Aulastoma* besonders entwickelte radiäre Balken in das Somatoplasma der Ganglienzelle senden, welche sich dort in feinste Fibrillen auflösen und verschwinden. Selten reichen aber diese Gliafortsätze bei *Hirudo* viel weiter, als bis zur inneren Grenze der nun folgenden Schrumpfungszone oder äußeren Alveolarzone.

Mit dieser Alveolarzone beginnt der eigentliche Zelleib, da die schon früher eingehend besprochene äußere und innere Gliazone

sich secundär ihm anlegen. Bei etwas stärker geschrumpften Ganglienzellen, deren Vorkommen bei Paraffineinbettung bloß durch die größte Vorsicht, bei Celloidineinbettung dagegen leicht zu vermeiden ist, scheint diese Zone einen pericellulären Hohlraum innerhalb der Gliahülle zu bilden, welcher von radiären Fortsätzen des Zelleibes nach allen Richtungen durchsetzt ist. Besonders bei *Aulastoma* kann je ein Fortsatz der inneren Gliazone die Achse dieser bei der Contraction des Zellkörpers mit der Gliazone in Verbindung bleibenden Somatoplasmatheile einnehmen. Falls die färberische Differenzirung des mikroskopischen Bildes ungenügend ist, kann es dabei so aussehen, als ob der Zellkörper, welcher aus einem Spongio-plasmageflecht bestünde, in Form der Fortsätze unmittelbar in das die Ganglienzelle umgebende Gliageflecht überginge. In weniger geschrumpften Ganglienzellen erscheinen diese Fortsätze als Scheidewände von kleinen Alveolen, die, in einer Lage angeordnet, die äußere Alveolarzone bilden. Ist gar keine Schrumpfung eingetreten, so ist die äußere Alveolarzone sehr unscheinbar, ein schmaler Saum von hellerem, fein alveolärem Protoplasma. Sehr oft ist aber die Existenz einer besonderen äußeren Alveolarzone ganz verdeckt dadurch, dass die innere Gliahülle im Schrumpfen dem Zellkörper folgt, und die künstlichen radiären Fortsätze des Somatoplasmas durch die Maschen der inneren Gliahülle dringen und den entstandenen Hohlraum zwischen der äußeren und der inneren Gliahülle durchsetzen.

Viel constanter und auffälliger ist die auf die äußere Alveolarzone folgende äußere Chromatinzone<sup>1</sup>. Sie ist mehr oder weniger breit, meist ununterbrochen, die Wurzel des Stielfortsatzes über-

<sup>1</sup> Mit dem Namen »Chromatinzone« will ich keineswegs gesagt haben, dass die Substanz, welche in Form von feinen Körnchen oft morphologisch nachweisbar, sich in diesen Zonen so auffällig mit den meisten Farbstoffen, die besonders das Chromatin des Zellkernes tingiren, färben lässt, identisch sei mit dem Kernchromatin. Übrigens darf man ja auch unter Kernchromatin keine chemisch definirbare, besondere Substanz verstehen, sondern eine Gruppe von Substanzen, bei welchen wir mit dem Namen »Chromatin« bloß ein gewisses gleiches tincti-elles Verhalten bezeichnen. Aus diesem Verhalten können wir heute noch keine sicheren Schlüsse auf ihre chemische Natur machen und nicht entscheiden, ob wir sie mit L. HEINE stets für Eiweißverbindungen der Nucleinsäure, oder mit LILIENFELD bloß im ruhenden Kern für solche, im mitotischen dagegen für frei gewordene Nucleinsäure halten sollen. Jedenfalls sind die chromophilen Körnchen in den Chromatinzonen der Hirudineganglienzelle identisch mit den stark färbbaren Körnchen, die den FLEMMING-NISSEL'schen Schollen, Spindeln und anderen Formationen in der Wirbelthierganglienzelle die Chromophilie verleihen.

brückend und so den Zelleib von der Substanz des Stielfortsatzes trennend. Sie färbt sich bei chromatinfärbenden Tinctionen des Kernes ebenfalls stark, und zwar sind es dicht gelagerte feine Körnchen, welche sich in ihr so färben. Meist ist sie ziemlich scharf gegen die weiter folgende innere Alveolarzone abgegrenzt. Auch nach meiner Goldchloridtinction ist sie dunkler als der übrige Zelleib gefärbt, dicht und fein gekörnt, doch ist ihre Existenz dabei nicht so sehr auffällig, wie z. B. nach Tinction mit meiner Hämateinlösung I. A.

Die innere Alveolarzone ist die breiteste von allen und macht den größten Theil des Zellkörpers aus. Sie ist sowohl nach Goldechlorid- als auch nach Hämateintinction die hellste, gebildet von mehreren Lagen kleinerer und größerer Alveolen, deren Inhalt der Zellsaft (*Hyaloplasma autorum*), und deren Wand das eigentliche Somatoplasma (*Spongioplasma autorum*) ist. Die Größe der Alveolen ist verschieden je nach der Zelle und wahrscheinlich je nach dem physiologischen Zustand derselben. Es giebt in der Gruppe der colossalen und großen Ganglienzellen solche, die stets viel größere Alveolen besitzen als alle anderen. Im Allgemeinen hängt aber die Größe der Alveolen auch von der Fixirung und namentlich davon ab, in welchem Grade Schrumpfung eingetreten ist. Je mehr man letztere vermeiden konnte, um so kleiner erscheinen sie *caeteris paribus*. Und je kleiner sie erscheinen, um so näher dürfte der betreffende Zustand dem natürlichen kommen. Sie vergrößern sich offenbar während der Behandlung dadurch, dass die Scheidewände innerhalb kleinerer oder größerer Gruppen von natürlichen Alveolen durchreißen, sich retrahiren, und so die ganze Gruppe einen mehr oder weniger regelmäßigen, größeren Alveolus bildet.

Auf die innere Alveolarzone folgt die innere Chromatinzone, welche dieselbe feinere Structur, wie die äußere Chromatinzone besitzt und sich auch tinctoriell ganz so verhält. Meist ist sie noch breiter und oft auch ebenso allseitig geschlossen, wie die äußere, oft ist sie aber hier oder dort unterbrochen, nicht selten auf zwei stark färbare Flecken an den Seiten des Zellkernes beschränkt. Sehr häufig fließen die beiden Chromatinzonen in dem Sector, wo der Stielfortsatz entspringt, ganz zusammen, aber auch außerdem können sie durch radiäre chromatische Brücken mit einander verbunden sein.

Innerhalb der inneren Chromatinzone befindet sich die Perinuclearzone, welche ganz achromatisch ist und aus feinwabigem, dichtem Somatoplasma besteht. Ihre Breite ist sehr verschieden;

stets bildet sie die unmittelbare Umhüllung des Zellkernes. In ihr befindet sich oft ein kleiner, rundlicher, nach meiner Goldchloridmethode deutlich, obwohl ziemlich blass tingirbarer, homogener Körper, von einem hellen Contractionshof umgeben, welcher das Centrosoma der Ganglienzelle sein dürfte. Weiter habe ich dieses Gebilde bis jetzt noch nicht verfolgt.

Der Zellkern ist, wie schon erwähnt, dem der Nerven- und Gliazelle ähnlich beschaffen, nur ist er stets kugelrund und besitzt eine stärkere, dickere Kernmembran, welche in meinen Goldchloridserien sehr stark tingirt ist. Das Kerninnere erscheint nach Sublimat- und Sublimatalkoholfixirungen ziemlich leer, mit sehr wenig chromatischem feinem Kerngerüst. Stets ist ein sehr auffälliges, sowohl in Hämateinlösung I.A als auch mit Goldchlorid stark gefärbtes Kernkörperchen da, welches immer linsenförmig und innen an die Kernmembran gepresst ist. Hier und da, aber ziemlich selten, kommen zwei Nucleolen vor.

Im Gegensatz zu den Rhynehobdelliden sind die Kerne der Ganglienzellen von *Hirudo* klein zu nennen. Ihr Durchmesser ist in den colossalen Ganglienzellen des vorderen Medianpackets höchstens  $18 \mu$ , in denen der übrigen Packete  $14-16 \mu$ , in den großen Ganglienzellen  $10-12 \mu$ . Ihre Größe vermindert sich in den kleineren Ganglienzellen ziemlich proportional mit der der letzteren, so dass ihr Durchmesser in den mittelgroßen  $8-10 \mu$ , in den kleinen  $6-8 \mu$  ist: meist ein Viertel des Durchmessers der ganzen Zelle, in den allergrößten etwas weniger, in den allerkleinsten mehr, bis über ein Drittel.

Die Beschaffenheit des Stielfortsatzes der größeren Ganglienzellen ist von der des Zelleibes wesentlich verschieden. So lange sich der Fortsatz nicht stärker verästelt, besteht er, abgesehen von den darin befindlichen Neurofibrillen, aus einer im mikroskopischen Bild ziemlich dicht erscheinenden Substanz, welche beinahe homogen, höchstens sehr fein und dicht gekörnt ist. Tinctoriell zeichnet sich diese Substanz, trotz ihrer Dichtigkeit, durch eine auffallend geringe Färbbarkeit aus. In meiner Hämateinlösung I.A färbt sie sich bläulich grau und behält beim Waschen des Präparates in etwas alkalischem Wasser (Quellwasser mit einer Spur von Kalk) viel länger einen violetten Ton als der Zelleib, welcher bald blass azurblau (der chromatische Theil intensiver azurblau) wird und später sogar einen etwas grünlichen Ton bekommen kann. Osmium verleiht ihr (z. B. nach Fixirung in Sublimat-Osmiumtetraoxyd-Essig-

säure) eine sehr blasse, rein aschgraue Farbe (cinereus, griseus SAC.), wogegen die einzelnen Zonen des Zelleibes zwar verschieden, aber stets ziemlich dunkel und mehr bräunlich werden. Nach meiner Goldchloridbehandlung bekommt sie eine ähnliche, nur etwas intensivere Färbung, als die Grundsubstanz im Inhalt der sensorischen Schläuche. Ich glaube sie auch für etwas dichtere Interfibrillärsubstanz (in welcher die Primitivfibrillen zu und von der Zelle verlaufen) halten zu müssen; sicher ist sie nicht das Somatoplasma der Ganglienzelle, dieses setzt sich nur selten (bei den mittelgroßen und kleinen Ganglienzellen) und auch dann nur eine kurze Strecke weit in den Stiel fort. Stets dehnt sich die Stielsubstanz, aber immer deutlich vom Somatoplasma unterscheidbar, mehr oder weniger hoch auf den Zelleib, gelegentlich bis zur Äquatorialhöhe, aus, so dass man sagen könnte, die Ganglienzelle wird von einer kelchförmigen Erweiterung des Stieles getragen<sup>1</sup>.

Die mittelgroßen und kleinen Ganglienzellen unterscheiden sich von den großen und colossalen am auffälligsten dadurch, dass ihnen bloß die der äußeren entsprechende Chromatinzone zukommt; an Stelle der inneren tritt die dadurch noch breitere innere Alveolarzone. Auch die äußere Alveolarzone ist kaum zu unterscheiden, dagegen wird der Perinuclearzone durch Goldchloridbehandlung meist eine ziemlich intensive weinrothe Färbung verliehen, welche mit der größeren Dichtigkeit und einer äußerst feinen und dichten Körnelung des Somatoplasmas der Zone zusammenhängt. Endlich ist auch der Stielfortsatz der mittelgroßen und kleinen Ganglienzellen meist stärker färbbar und erreicht oft die Färbung der sensorischen Bündel.

Eine gute färberische Differenzirung der beschriebenen Zonen erhält man auch dann, wenn man das durch Ammonium-pikrat noch nicht fixirte Methylenblaupräparat mit einer dünnen Lösung von Kali hypermanganicum nachbehandelt. Die Gliazonen erhalten eine intensive Lilafarbe; das leimgebende Bindegewebe muss dagegen farblos bleiben. Die Chromatinzonen werden azurblau, eben so der Stielfortsatz, umgeben von seiner rosafarbigem Gliascheide. Die innere Alveolar- und Perinuclearzone wird grau, dunkler grünlichgrau die festen Bestandtheile des Kernes. Fig. 5 Taf. 26 sucht die Farben von zwei Ganglienzellen, einer mittel-

<sup>1</sup> Von dem ganzen geschilderten histologischen Charakter der Ganglienzelle habe ich in meinen Figuren nichts wiedergegeben, damit die Neurofibrillen im Zellkörper, auf welche ich ja das meiste Gewicht lege, nicht verdeckt werden.

großen und einer kleinen, nach solcher Behandlung wiederzugeben. Sie wurden durch einen Riss der Membrana propria des Packets hervorgepresst und haben sich ziemlich contrahirt. Sie umgiebt nur die innere Gliazone; von der äußeren ist bloß hier und da etwas haften geblieben. Den zwischen der inneren Gliazone und dem eigentlichen Zellkörper, beziehungsweise dem Stielfortsatz entstandenen Raum füllt eine sehr hell lilafarbige Flüssigkeit aus. — Diese Färbungsmethode, welche mir sonst nicht die gewünschten Resultate gegeben hat, habe ich nicht weiter ausgearbeitet, ich erwähne sie bloß, um zu demonstrieren, dass die Glia nichts mit dem Somatoplasma, welches, wer eben will, Spongioplasma nennen mag, zu thun hat. Im Abschnitte über meine Methoden werde ich auf diese Methode nicht zurückkommen.

### c. Das Neurofibrillengitter in den Ganglienzellen von *Hirudo*.

Die ganze, bis jetzt geschilderte Structur der Ganglienzelle von *Hirudo* kann schon mit den üblichen mikrotechnischen Mitteln sichtbar gemacht werden. Weiter und gerade in das Wesentlichste der Structur kann man mit ihnen nicht eindringen; vom Verhalten der leitenden Primitivfibrillen in Zelleib und Stielfortsatz, ja sogar überhaupt von der Existenz der Neurofibrillen in der Ganglienzelle sind sie nicht im Stande uns zu unterrichten. Dazu braucht man unbedingt eine der drei Methoden, die ich zur färberischen Differenzirung der leitenden Primitivfibrillen in den schon besprochenen Bahnen am besten gefunden habe, nämlich meine Methylenblautinction, die Färbung in toto mit Hämateinlösung I. A und, die wichtigste von allen, meine Methode der Nachvergoldung. Sehr rathsam ist es, beim Studium irgend eines Objectes alle drei herbeizuziehen, da die mit ihnen erzielten Resultate sich gegenseitig bestätigen und ergänzen.

Bei den Methylenblaupräparaten muss man, um das leitende Geflecht oder Gitterwerk in der Ganglienzelle mit voller Deutlichkeit zu sehen, jenen Grad der färberischen Isolirung erreicht haben, wo die Interfibrillärsubstanz und auch das Somatoplasma gänzlich entfärbt sind. Eine kolossale Ganglienzelle eines Seitenpackets auf diesem Stadium der Tinction stellt Fig. 1 Taf. 28 dar. Außer den eben nur angedeuteten Contourlinien des etwas abgeplatteten Zellkörpers und des Stielfortsatzes sind bloß die Neurofibrillen, und zwar alle in die der Contourlinie entsprechenden Ebene projicirt, gezeichnet. Denn bei der erforderlichen starken Beleuchtung und

der Benutzung des ABBE'schen Apparates sind ja nur die Neurofibrillen zu sehen, diese aber so scharf und deutlich, dass es mir bei 1000facher Vergrößerung eigentlich gar nicht möglich gewesen ist, die dünnsten in dieser Schärfe und Deutlichkeit wiederzugeben. Schade, dass die Präparate, welche dieses Stadium erreicht haben, nicht dauernd, sondern höchstens für einige Wochen fixirt werden können: ein allmähliches Verblässen und Verschwinden der leitenden Primitivfibrillen ist nicht zu vermeiden. Nur einige Male ist es mir gelungen, diese Tinction bei einzelnen Zellen bis zwei Jahre lang leidlich zu erhalten: eine dieser Zellen ist in Fig. 2 Taf. 28 abgebildet. Treibt man dagegen die färberische Isolirung der leitenden Primitivfibrillen durch die Einwirkung von Ammoniak nicht bis zu diesem Grade, so ist die Tinction nach meinem Verfahren in Gummysyrup zwar haltbar, aber dann kann man die einzelnen Primitivfibrillen nicht deutlich unterscheiden, manche sind überhaupt nicht sichtbar, die sichtbaren varicös (s. Fig. 3 Taf. 28). Es entstehen eben jene Bilder, die schon RETZIUS und Andere gesehen haben und die sie auch bei Hirudineen als pericelluläre Körbe gedeutet, besser gesagt, nicht zu deuten gewusst haben. Dass sie, wenigstens bei meinen Objecten, in der Zelle liegen, davon kann man sich schon an Methylenblaupräparaten im Stadium der färberischen Isolirung überzeugen; jede Möglichkeit eines Irrthums in dieser Beziehung schließen aber erst die tingirten Schnittreihen aus.

Die Hämateintinction gibt zwar auch in den Ganglienzellen eine ebenso starke, dunkelstahlblaue bis schwarze Färbung der leitenden Primitivfibrillen, wie in den peripherischen Nerven, in den Connectiven und in der centralen Fasermasse; da aber die chromatischen Zonen des Zelleibes auch ziemlich stark, obwohl anders, mitgefärbt werden, so ist es schwer, die feineren Verzweigungen der leitenden Primitivfibrillen im Zelleib zu verfolgen, wogegen sie in den Goldchloridserien mit der größten Deutlichkeit hervortreten. Wo aber der Zelleib weniger chromatisch ist, z. B. in den Retinazellen (s. Fig. 2 Taf. 30 und Fig. 9 Taf. 31) und in den epidermalen Sinneszellen, giebt die Hämateinmethode ein beinahe ebenso schönes Bild vom intracellulären leitenden Gitterwerk, wie die Goldchloridbehandlung.

Und die Resultate der Nachvergoldung können einem schier unglaublich erscheinen, wenn man die Ganglienzellen bloß nach den üblichen Tinctionen untersucht hat und keine Spur von dem leitenden Gitterwerk sehen konnte, welches nach meiner Goldchlorid-

tion der Schnitte mit so großer Schärfe in Form eines Systems von hart gezeichneten, glatten, undurchsichtigen, schwarzen Linien auf dem stets mehr oder weniger hell kirschrothen und sehr durchsichtigen Grunde von Somatoplasma auftritt. Nur bei einer weniger gut gelungenen Tinction, und wenn die Farbe der Drähte des leitenden Gitters durch die allerstärksten, über 2000fachen Vergrößerungen besonders diluirt wird, erkennt man, dass das schwarze Aussehen der Neurofibrillen auf der äußerst starken Concentration einer dunkelvioletten Farbe (atroviolaceus SAC.), und nicht auf Einlagerung von feinen schwarzen Körnchen in die Neurofibrillen beruht. Es handelt sich also um eine Tinction im engeren Sinne, um keine Imprägnirung. Nur bei einer etwas fehlerhaften Behandlung kann es vorkommen, dass man in den Neurofibrillen eine dichte Einlagerung von allerdings erst bei mehr als 1000fachen Vergrößerungen und nur mit den besten Linsen überhaupt bemerkbaren Körnchen wahrnimmt.

In Betreff der Lage und Beschaffenheit des leitenden Gitters im Zelleib und der Lage der Neurofibrillen im Stielfortsatz können wir die Ganglienzellen von *Hirudo* in zwei Gruppen theilen. In der Regel gehören die colossalen und großen Ganglienzellen in die eine, die mittelgroßen und kleinen in die andere Gruppe. Indessen gehört ein Theil gerade der allerkleinsten Ganglienzellen in dieser Beziehung in dieselbe Gruppe mit den colossalen und großen Ganglienzellen; auch unter den mittelgroßen sind einige hierher gehörige zu finden. Doch will ich im Folgenden der Kürze wegen die eine Gruppe die der großen und die andere die der kleinen Ganglienzellen nennen; der Typus der ersteren soll mit *G*, der der letzteren mit *K* bezeichnet werden.

In Typus *G* beherbergt der Zelleib bloß ein Geflecht oder Gitterwerk von Neurofibrillen, die sich in der Regel und vorwiegend in einer Zone ausbreiten, gelegentlich aber auch in andere Zonen des Zelltheiles hinübergreifen. Diese Zone, in welcher sich die Neurofibrillen in den Ganglienzellen des Typus *G* ausbreiten, ist die äußere chromatische Zone. Im Stielfortsatz sind die Neurofibrillen ziemlich ungleichmäßig angeordnet, aber in der ganzen Dicke des Fortsatzes vorhanden. Die vom Stielfortsatz kommenden Neurofibrillen verlaufen in der äußeren chromatischen Zone der Ganglienzellen vom Typus *G* im Ganzen und Großen meridional. Nachdem sie nach wiederholten Spaltungen und Anastomosen mit einander den Scheitelpol der Zelle gegenüber dem Stielfortsatzpole erreicht haben, biegen sie auf

die andere Fläche der Zelle um, setzen dort ihren Weg, sich wieder sammelnd, ununterbrochen weiter fort und begeben sich in den Stielfortsatz. Der Stielfortsatz enthält also sowohl cellulipetale, als auch cellulifugale Neurofibrillen, und die cellulipetale Neurofibrille geht im Zelleib unmittelbar in die cellulifugale über. Der Stielfortsatz enthält entweder nur gleich dicke, und dann sehr dünne, Primitivfibrillen, oder es kommen darin dickere und dünnere vermischt vor, ohne dass den Primitivfibrillen von verschiedener Dicke eine verschiedene, constante Lage zukommen würde. Namentlich die dickeren Primitivfibrillen spalten sich, oft schon bevor sie in dem Somatoplasma angelangt sind, in dünnere, und diese in noch dünnere, welche dann divergiren und in verschiedene Meridiane übergehen. Manchmal gehen sie auch in querer Richtung in einen anderen Meridian über, und vielfach sind die in verschiedenen Meridianen neben einander verlaufenden Primitivfibrillen durch quere oder schräge Anastomosen mit einander verbunden. Gelegentlich gehen Primitivfibrillen aus einem Meridian der einen Zellhemisphäre in einen solchen auf der anderen Hemisphäre in der Weise über, dass sie den Zelleib in irgend einer Richtung durchsetzen, kaum je dringen sie aber dabei bis in die Tiefe der inneren Chromatinzone ein. Die Spaltung der Primitivfibrillen im Zelleib der Ganglienzelle vom Typus *G* geht zum Theil so weit, dass dadurch Neurofibrillen von gar nicht mehr messbarer Dicke, die aber doch deutlich zu verfolgen sind, entstehen; vielleicht entsprechen letztere bereits den leitenden Elementarfibrillen, das heißt einer Längsreihe von Neurotagmen. Am Scheitelpole kreuzen sich die in der Richtung der verschiedenen Meridiane dort angelangten Neurofibrillen, meist ohne mit einander noch einmal zu anastomosiren. Vor oder nach dem Erreichen des Stielfortsatzes vereinigen sich dünnere Neurofibrillen wieder zu dickeren Primitivfibrillen, und in dem Sinne der Wirbelthierneurologie müsste man glauben, dass gerade die dicken Primitivfibrillen des Stielfortsatzes durch diese Vereinigung von mehreren cellulifugalen Neurofibrillen entstehen. Sehr oft habe ich nämlich die dicksten Primitivfibrillen des Stielfortsatzes in periphere Nervenstämme verfolgen können, seltener dagegen die dünnen. Wir sahen aber, dass auch sensorische Bahnen in den Nervenstämmen dicke Primitivfibrillen enthalten können. So ist es möglich, dass auch dicke Primitivfibrillen des Stielfortsatzes, in gewissen Zellen wenigstens, cellulipetal leiten, um so mehr, als, wie wir sehen werden, die Gruppe der großen Ganglienzellen wahrscheinlich vorwiegend sensorisch ist. Gelegentlich erreichen einzelne Pri-

mitivfibrillen den Zelleib nicht durch den Stielfortsatz, sondern an verschiedenen anderen Punkten. Diese Primitivfibrillen sind stets dünn, und die sie enthaltenden anatomischen Nebenfortsätze der Ganglienzelle sind entweder in ein sensorisches Bündel oder in das diffuse Elementargitter zu verfolgen. Daraus schließe ich, dass die die Ganglienzelle in den Nebenfortsätzen dieser Art erreichenden Neurofibrillen cellulipetal sind. Eine allgemeine Regel ist es aber in den Fortsätzen der Ganglienzellen ebenso wenig wie in den peripherischen Bahnen, dass die dünnsten leitenden Primitivfibrillen cellulipetal, die dicksten cellulifugal leiten würden. Sicher kann man sie nur nach der Rolle, die sie an der Peripherie spielen, beurtheilen. Eine gegebene Primitivfibrille des Stielfortsatzes dorthin zu verfolgen ist aber keine Kleinigkeit, ja meist unmöglich.

Die meridianartige Anordnung der Neurofibrillen im Somatoplasma der Gruppe der großen Ganglienzellen kann man in gut gelungenen Methylenblau-Präparaten, wo die ganze Zelle in einem Stück vor uns liegt, natürlich leichter erkennen, als in Schnitten, wenn sie auch lückenlose Serien bilden, da ja diese schon im Interesse der Tinction viel dünner sein müssen, als dass sie so große Zellen ganz enthalten könnten. In der der Fig. 1 Taf. 28 zu Grunde gelegten colossalen Ganglienzelle war die charakteristische Anordnung der Neurofibrillen durch die Methylenblautinction sehr auffällig gemacht; ziemlich deutlich ist sie wohl auch in der Figur, obgleich sämtliche Neurofibrillen, diejenigen, welche in der dem Beobachter zugekehrten Hemisphäre liegen, ebenso wie die der unteren, in die Ebene des größten Zelldurchmessers projicirt gezeichnet sind und sich daher in der Zeichnung an manchen Stellen kreuzen, wo sie in Wirklichkeit in ganz verschiedenen Ebenen verlaufen.

Andererseits kann man sich von dieser Anordnung der Neurofibrillen an Schnitten besser, als durch Reconstruction des Fibrillenverlaufes aus der Serie, dann überzeugen, wenn man, auf die Ganglienzelle bezogen, parameridionale Schnitte mit paratransversalen von entsprechenden Zellen vergleicht, und zwar solche, welche eine möglichst große Fläche der äußeren Chromatinzone enthalten. Zur Ergänzung des Bildes können auch schräg getroffene Ganglienzellen herbeigezogen werden.

Fig. 4 Taf. 28 zeigt eine parameridional getroffene colossale Ganglienzelle des hinteren Medianpackets. Die Schnittrichtung war etwas schräg, so dass glücklicherweise mehr vom Stiele in die Schnittdicke fällt, als es bei ganz genau parameridionaler Schnittrichtung,

wenn die äußere Chromatinzone ein Flächenbild geben soll, der Fall sein könnte. Dieselbe Zelle ist in der topographischen Skizze des Ganglions im vorhergehenden, mehr ventralen Schnitte (Fig. 1 Taf. 24) mit *c* bezeichnet. Die Contouren der Zelle ergeben keine scharfe Linie, weil die Grenzfläche der Zelle unter geringem Winkel gegen die Schnittebene geneigt ist. Dagegen sieht man die äußere Gliazone *g<sub>1</sub>h* mit den in sie eingestreuten Bindegewebs- oder Leukozytenkernen, *bk*, ganz gut. Einer der letzteren *bk* (*a*) erscheint in der Projection wie innerhalb der Zellgrenze, da er sich über der Zelle, dem Beobachter zugekehrt befindet. Ein dünnes Segment des Zelleibes gerade über dem Kern ist nicht mehr in der Schnittdicke enthalten. Deshalb sind hier die Neurofibrillen unterbrochen. Es sind nämlich nur diejenigen Neurofibrillen, welche innerhalb der Schnittdicke liegen und nur so weit sie hier liegen, diese aber alle gezeichnet, mit dem ABBE'schen Apparat bei 1300facher Vergrößerung in eine Ebene projicirt. Der Zellkern mit dem von der Seite gesehen linsenförmigen Nucleolus ist bloß angedeutet und sonst nichts in die Zelle eingezeichnet, damit der Verlauf der Neurofibrillen *l<sub>1</sub>p<sub>1</sub>f* um so mehr hervortrete. Die entsprechende Zelle in einem Methylenblau-Präparat ist in Fig. 2 Taf. 28 abgebildet, aber bei kaum halb so starker Vergrößerung.

Fig. 5 Taf. 28 giebt in derselben Weise den Verlauf der Neurofibrillen in einer schräg getroffenen großen Ganglienzelle des linken hinteren Seitenpackets bei 1350facher Vergrößerung wieder. Es ist die Zelle *b* von Fig. 1 Taf. 24. Vom Kern ist eine Calotte noch in der Schnittdicke enthalten, dagegen fehlt schon die Calotte, das Scheitelsegment des Zelleibes: daher auch hier die Unterbrechung der Neurofibrillen in der Mitte der Zeichnung.

Fig. 6 Taf. 28 ist endlich das durch einen allerdings etwas schrägen Paratransversalschnitt abgetrennte Scheitelsegment von einer der colossalen Ganglienzellen des vorderen Medianpackets: der Zelle *a* in Fig. 1 Taf. 24. Das Segment füllt nicht die ganze Schnittdicke aus, die Bindegewebskerne der äußeren Gliazone über der Ganglienzelle sind in dieselbe Ebene mit den Neurofibrillen projicirt gezeichnet. Die Kreuzung der letzteren am Scheitelpol und ihr ununterbrochener Übergang von einer Hemisphäre auf die andere ist unzweifelhaft zu sehen. Kleine Unterbrechungen des Verlaufes von einzelnen Fibrillen sind weniger einer unvollkommenen Tinction, als vielmehr dem Umstande zuzuschreiben, dass die etwas tiefere Zone des Zelleibes, welche das hier mangelnde Fibrillenstück enthält, nicht mehr in die Schnittdicke gefallen ist.

Typus *K*, die Gruppe der kleinen Ganglienzellen, unterscheidet sich vom Typus *G* dadurch, dass hier die Neurofibrillen auf zwei distincte Zonen im Zellkörper vertheilt sind und in diesen je ein leitendes Gitter, eine innere und eine äußere Gitterkugel bilden. Beide sind mit einander durch radiäre Primitivfibrillen verbunden. Die innere Gitterkugel befindet sich meist an der Grenze der Perinuclearzone und der inneren Alveolarzone; ich will sie Perinucleargitter oder Binnengitter nennen. Die äußere Gitterkugel liegt zwischen der äußeren Alveolarzone und der äußeren, in den Ganglienzellen von dieser Größe allein vorhandenen Chromatinzone, also zwar im Somatoplasma, aber sehr nahe zur Oberfläche des Zellkörpers, wesshalb für sie der Name Perisomalgitter oder Außengitter passend sein dürfte. Das Binnengitter ist viel auffallender als das Außengitter und sogar in mäßig gelungenen Präparaten sehr deutlich, wogegen das Studium des Außengitters sehr gut gelungene Tinctionen erfordert. Die Ursache davon ist, dass das Außengitter aus lauter sehr dünnen Neurofibrillen, das Binnengitter aber aus dickeren, zum Theil ziemlich starken besteht; mit anderen Worten, dass die Summe der in die Ganglienzelle eintretenden leitenden Elementarfibrillen außen zu einer viel größeren Gitterfläche ausgebreitet ist, als innen. Es erreichen schon im Stielfortsatze sehr dünne, mehr peripherisch gelegene Primitivfibrillen von größerer Anzahl die erwähnte äußere und deshalb die größte Fläche bildende Zone des Zellkörpers und gehen dort in das Außengitter über, welches ja nicht mit dem allerdings ziemlich nahe, aber bei guter Fixirung doch etwas weiter nach außen liegenden Geflecht der inneren Gliazone zu verwechseln ist. Allerdings ist es sehr schwer, die Neurofibrillen des Außengitters und die Gliafibrillen der inneren Gliazone aus einander zu halten, besonders wenn letztere, wie bei *Aulastoma*, stark entwickelt, aus dickeren, also auch dunkler erscheinenden Gliafibrillen zusammengesetzt ist, welche in Form von radiären Fortsätzen vielfach auch in das Somatoplasma der Ganglienzelle eindringen. Die Neurofibrillen des Außengitters sammeln sich wieder zu mehreren Primitivfibrillen, welche in im Ganzen und Großen radiärer Richtung die Chromatinzone und die innere Alveolarzone durchsetzen, um an der Grenze der Perinuclearzone das Binnengitter zu formen. Sämmtliche Elementarfibrillen, die sich an der Bildung des Außengitters beteiligen, gehen durch die radiären Primitivfibrillen in das Binnengitter über; die radiären Neurofibrillen sind meist zahlreich und deshalb ebenfalls sehr dünn. Sie im Präparat

zu verfolgen ist nicht leicht, weil ja in Folge ihrer radiären Richtung gegen das Centrum einer Kugel nur diejenigen von ihnen im mikroskopischen Bild als Linien erscheinen können, welche in der Schnittebene liegen oder wenigstens nicht stark gegen diese geneigt sind. Die übrigen geben im mikroskopischen Bilde nur Punkte, welche sich beim Heben und Senken des Tubus auf und ab bewegen. Dasselbe gilt natürlich auch von den in Bezug auf die Schnittebene auf- und absteigenden Drähten der beiden Gitter. Und eine Linie ist mit dem Mikroskope und überhaupt mit dem Auge, wie bekannt, noch wahrnehmbar, ja sogar noch deutlich verfolgbar, während ein Punkt vom Durchmesser der Dicke der noch deutlichen Linie eventuell gar nicht mehr wahrgenommen werden kann oder bloß bei einem viel größeren Contrastiren seiner Farbe mit der Umgebung sichtbar wird. Das ist die Ursache, wesshalb das aus lauter dünnsten Neurofibrillen bestehende Außengitter einerseits überhaupt schwer als solches zu erkennen ist und andererseits nur unter der Bedingung einer sehr intensiven Schwärzung des leitenden Elementes bei möglichst blasser Tinction des Zelleibes und der Gliazonen deutlich sichtbar wird. Von den Radiärfibrillen sind einzelne glücklicherweise nicht selten bedeutend stärker als die übrigen, und diese machen den Beobachter auf das Vorhandensein der übrigen und auf ihre Bedeutung aufmerksam. Auch sind die Radiärfibrillen nicht immer genau radiär, und oft sieht man zwei convergiren und zu einer Neurofibrille vereint das Binnengitter erreichen; endlich sieht man hier und da Queranastomosen zwischen benachbarten Radiärfibrillen. Gelegentlich zeigen sich noch andere Unregelmäßigkeiten im Präparat; diese sind aber, glaube ich, größtentheils künstlich durch die Behandlung hervorgerufen. Die Neurofibrillen des Binnengitters sind sehr verschieden dick. Sie verlaufen in jeder möglichen Richtung innerhalb einer Kugelfläche und anastomosiren auch mit einander in jeder möglichen Richtung; daher gestalten sich die Maschen in Form und Größe sehr verschieden und unregelmäßig. Am Binnengitter erkennt man es besonders leicht mit absoluter Sicherheit, dass es sich hier um kein Geflecht mit Kreuzungen der Drähte, sondern um ein Gitter handelt, mit Verschmelzung der Drähte an den meist auch hier dreischenklig erscheinenden, in Wirklichkeit vielleicht stets dreischenkligigen Knotenpunkten. Das Binnengitter ist nicht nur deshalb viel leichter als das Außengitter zu untersuchen, weil seine Drähte zum großen Theil dicker sind, sondern auch deshalb, weil von der Kugel, die es umgittert, ein

viel größeres Segment als beim Außengitter in einem Schnitte von passender Dicke, z. B. von  $10 \mu$ , der für die Tinction geeignetsten Schnittdicke, enthalten sein kann.

In manchen Zellen dieses Typus ist die Perinuclearzone sehr schmal, und dann bleibt zwischen dem Binnengitter und der Kernoberfläche nur wenig Raum. In solchen Fällen kann gelegentlich beinahe das ganze Binnengitter in einem Schnitt von  $10 \mu$  Dicke Raum finden, und dann überzeugt man sich auf einmal davon, wie es den Kern allseitig geschlossen umgiebt: ein Bild, wie man sich kein deutlicheres und zierlicheres denken kann. Nie sah ich aber, dass die Drähte des Binnengitters sich unmittelbar an die Kernmembran legen würden, und nie ist irgend eine Spur von Zusammenhang der Gitterdrähte mit dem Kerngerüst wahrnehmbar. Ein Irrthum in dieser Beziehung ist in meinen Präparaten, wo die Balken des Kerngerüsts stets ganz anders gefärbt, sehr blass und nie scharf gezeichnet sind, ganz ausgeschlossen.

An dem dem Stielfortsatze zugekehrten Pole geht von der perinuclearen Gitterkugel entweder unmittelbar eine einheitliche, dicke Primitivfibrille ab, welche sämtliche Neurofibrillen des Binnengitters in sich vereinigt, oder zwei, drei, selten mehr gesonderte Primitivfibrillen, welche aber convergiren, sich gelegentlich um einander winden und in kleinerer oder größerer, meist geringer Entfernung im Stielfortsatze zu einer dicken Fibrille vereinigen. Diese dicke Primitivfibrille setzt ihren Weg in der Achse des Stielfortsatzes fort, giebt nie Collateralen ab, verzweigt sich auch später sehr selten, sondern ist direct in einen der Nervenstämme oder in ein Connectiv zu verfolgen und erscheint dort immer als die Primitivfibrille einer motorischen Nervenfasern. Dagegen treten die mehr peripherisch liegenden, dünnen Primitivfibrillen des Stielfortsatzes an sehr verschiedenen Punkten in denselben ein, kommen vielleicht alle aus dem diffusen Elementargitter und sind, in dem Sinne, wie wir sie weiter oben aufgefasst haben, die Collateralen des Stielfortsatzes. Nach dem Gesagten bedeutet also die dicke axiale Primitivfibrille des Stielfortsatzes der Ganglienzellen vom Typus *K* den cellulifugalen, die mehr peripherisch gelegenen, dünnen Primitivfibrillen den cellulipetalen Theil der Leitung, und die ganze Ganglienzelle vom Typus *K* ist höchst wahrscheinlich motorisch.

Fig. 7 Taf. 28 wird wohl genügen, den wichtigsten Theil der eben geschilderten Verhältnisse bei den Ganglienzellen vom Typus *K*

zu veranschaulichen. Die drei, wie gesagt, höchst wahrscheinlich motorischen Ganglienzellen I, II, III liegen auch im Präparat dicht neben einander. Sie befinden sich im supraösophagealen Theil des Schlundringes, im zweitdorsalsten Ganglienzellenpacket rechts von der Medianlinie, also in dem dem rechten vorderen Seitenpacket eines Bauchganglions entsprechenden Packet des Ganglions, das dem ersten Körpersomit von *Hirudo* zukommt. Das Präparat ist aus einer mit Goldchlorid tingirten Serie von 10  $\mu$  dicken frontalen Schnitten aus dem vorderen Körperende. Alles ist bei 1350 facher Vergrößerung ganz genau mit der Camera gezeichnet, aber Kern und Zellcontouren bloß angedeutet und nur die Neurofibrillen ausgeführt, alle, die sich in der Schnittdicke befanden, in die Ebene des Gesichtsfeldes projectirt, ausgenommen einzelne Drähte des Außengitters und die peripherischen Stiefibrillen, welche ich bloß angedeutet habe, da ich sie mit dem Zeichenapparat nicht sicher verfolgen konnte. Die Punkte in dem Außengitter *ag* und im Binnengitter *big* sind auf- oder absteigende Drähte im optischen Querschnitt oder in Projection auf das Sehfeld. Von der perinucleären Gitterkugel sieht man bei allen drei Zellen ungefähr die Hälfte, in I und II die über, in III die unter dem Zellkern *k* liegende Hemisphäre. Vom Außengitter sind nur jene Drähte gezeichnet, welche in die Ebene des größten Durchmessers der Zellen parallel dem Sehfelde fielen, da die anderen das Bild des Binnengitters, auf welches das Hauptgewicht gelegt wurde, gestört hätten. Von den Radiärfibrillen *rf* waren auch keine anderen, als die gezeichneten, die das Bild nicht verwirrt hätten, zu verfolgen. Bei Zelle I fiel die Achsenfibrille *af* des Stiefortsatzes *st* nicht in die Schnittdicke; bei II entspringt sie direct mit einer Wurzel aus dem Binnengitter, bei III mit zwei Wurzeln, von denen die linke an einem Punkte, unweit von der Vereinigungsstelle, in zwei Fibrillen gespalten ist (was jedoch in der Lithographie etwas undeutlich herauskommt).

Der Verlauf der Neurofibrillen kann in beiden Typen bald mehr gestreckt, bald mehr gewunden sein; namentlich ist die Achsenfibrille sehr oft spiralgig gewunden, wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Streckung der Nervenbahn, in welcher sie ihren weiteren Verlauf nimmt. Davon werden aber die Neurofibrillen in den Gitterkugeln wahrscheinlich nicht mehr beeinflusst.

Wenn man die Dicken der Neurofibrillen im Binnengitter summiert, so kommt oft eine bedeutend dickere Primitivfibrille heraus, als die Achsenfibrille, welche aus ihrer Vereinigung in der That

entsteht. Diese Erscheinung kann ich mir auf zwei Weisen erklären. Die eine Erklärung davon sehe ich in der Annahme, dass die Elementarfibrillen in jeder Primitivfibrille durch eine gewisse Zwischensubstanz zusammengekittet werden, welche in der Achsenfibrille äußerst spärlich, in dem Binnengitter aber reichlich vertreten ist. Dieselbe Anzahl von Elementarfibrillen kann also je nach der Menge dieser Substanz bald eine etwas dickere, bald eine etwas dünnere Primitivfibrille bilden. Diese Möglichkeit muss auch in den weiter unten noch zu schildernden Fällen, wo es sich um Verästelungen von leitenden Primitivfibrillen handelt, berücksichtigt werden. Die zweite, wahrscheinlichere Erklärung findet der Leser bei der Besprechung des Neurofibrillengitters in den Sinneszellen weiter unten.

#### d. Andere Hirudineen.

Von anderen Gnathobdelliden habe ich in Bezug auf das Leitende bloß noch bei *Aulastoma* die Ganglienzellen untersucht. Von den nicht leitenden Theilen ist nur die innere Gliazone etwas von der der *Hirudo*-Ganglienzelle verschieden, indem sie aus dickeren Fibrillen besteht und stärkere Fortsätze auch tiefer in den Zellkörper sendet. Der leitende Theil ist bei *Aulastoma* durch eine größere Dicke der Neurofibrillen, aber weniger reichliche Verzweigungen und Anastomosen ausgezeichnet. Außen- und Binnengitter sind etwas einfacher: die Maschenräume größer, die Maschen weniger zahlreich, noch ungleicher, und die Drähte dicker. Diesen Unterschied zwischen den niedriger und höher stehenden Gliedern derselben Thiergruppe in Betreff des Leitenden habe ich auch in anderen Fällen und auch in den Sinneszellen, Muskelzellen etc. beobachtet. Ganz besonders deutlich werden wir ihn finden, wenn wir weiter unten die Retinazellen von *Hirudo*, *Aulastoma* und *Pseudobranchellion* vergleichen. Im Allgemeinen sind also die niedriger stehenden Glieder einer Gruppe zum anfänglichen Studium und zur Demonstration dieser Verhältnisse geeigneter als die höher stehenden. So sind z. B., um die Wirbelthiere zu nehmen, zur Demonstration der leitenden Primitivfibrillen in den peripherischen Nerven Fische und Amphibien geeignete Objecte als etwa Säugethiere.

Was weiter die Rhynchobdelliden betrifft, so ist bei ihnen die Zahl und Anordnung der Ganglienzellenpackete im Bauchganglion und auch die Anordnung der typischsten Ganglienzellen sammt den hauptsächlichsten Verästelungen der Stielfortsätze dieselbe, wie bei *Hirudo*. Verschieden ist besonders das Nichtleitende der Ganglienzellen

selbst. Zunächst sind bei ihnen [die Kerne der Ganglienzellen so groß, dass der ganze Zellkörper oft nur eine ziemlich schmale Zone um sie herum bildet, worin für eine so reiche Differenzirung des Somatoplasmas in verschiedene Lagen, wie bei *Hirudo*, so zu sagen nicht einmal Raum vorhanden ist. Das ist besonders bei marinen Rhynchobdelliden, namentlich bei *Pontobdella* und in noch höherem Grade bei *Branchellion* und *Pseudobranchellion* der Fall; bei denen des Süßwassers, z. B. bei *Clepsine*, bildet das Somatoplasma doch eine etwas breitere Zone der Zelle.

Bei *Branchellion* sind die Ganglienzellen nicht nur absolut, sondern auch im Verhältnis zur Körpergröße des Thieres kleiner, bei *Pontobdella* absolut und verhältnismäßig ungefähr so groß, bei *Clepsine sexoculata* (der größten in Europa vorkommenden Art der Gattung) verhältnismäßig, bei *Pseudobranchellion* nicht nur verhältnismäßig, sondern auch absolut größer als bei *Hirudo*. Die colossalen Ganglienzellen von *Pseudobranchellion* haben in gewissen Ganglien einen Durchmesser von mehr als 100  $\mu$ , stehen also denen von *Lophius* nicht viel nach. Bei *Lophius piscatorius* (Thieren von 30—40 cm Länge) fand ich die größten von einem transversalen Durchmesser von etwa 120  $\mu$ . Auch bei den Rhynchobdelliden sind in den einzelnen Ganglienpacketen je zwei colossale Zellen, aber die des vorderen Medianpackets sind nicht größer oder nur unbedeutend größer als die der übrigen.

Es ist merkwürdig, dass die Kerne der Ganglienzellen der marinen Rhynchobdelliden eines eigentlichen, einheitlichen Nucleolus entbehren, wogegen ein solcher bei denen des Süßwassers, z. B. bei *Clepsine*, ebenso wie bei *Hirudo* vorhanden ist. Bei *Pontobdella* ist der Kern voll von kleinen chromatischen Körnchen, die dort, nicht allzu dicht, gleichmäßig im Kernraum vertheilt sind. Bedeutende Unterschiede in der Größe der Chromatinkörnchen kommen nicht vor. Ein Kerngerüst ist nur schwach angedeutet. Bei *Branchellion* finden wir zwischen den kleinen Chromatinkörnchen hier und da einige größere Chromatinschollen. Bei *Pseudobranchellion* fehlen die kleinen Chromatinkörnchen, in jedem Kern sind aber mehrere größere Chromatinschollen, in denen der größten Ganglienzellen kann man von ihnen Dutzende zählen. Sie sind sehr verschieden groß, aber auch die kleinsten bedeutend größer als die Chromatinkörnchen bei *Pontobdella*; die größten erreichen einen Durchmesser von 4  $\mu$ . Sie sind sehr verschieden und unregelmäßig gestaltet, manche sind länglich, manche bilden Plättchen. Oft kann man in ihnen ein

kugeliges, achromatisches Korn erkennen. Meist liegen sie in den Knotenpunkten eines deutlichen Kerngerüsts. Alle diese Eigenschaften der Kerne der Ganglienzellen treten am schönsten nach Sublimat- oder Sublimat-Alkohol-Fixirung auf. Sie sind auch für die Kerne der Nerven- und Gliazellen und der Muskelzellen des betreffenden Thieres charakteristisch.

Zum Studium des leitenden Elementes der Ganglienzellen wäre *Branchellion* und *Pseudobranchellion* sehr geeignet, da sie sehr dicke leitende Primitivfibrillen besitzen. Man kann letztere auch leicht in den Stielfortsatz und von hier in das Somatoplasma verfolgen und auch das Neurofibrillengeflecht im Zelleib vom Typus *G* gut sehen. Aber in der Gruppe der kleinen Ganglienzellen vom Typus *K* kann man das Außen- und Binnengitter nur sehr schwer und unvollkommen aus einander halten, weil die geringe Breite der Somatoplasmazone hier noch mehr als in den großen Ganglienzellen hindernd in den Weg tritt. *Clepsine* wäre in dieser Beziehung geeigneter, aber dort sind wieder die leitenden Primitivfibrillen weniger stark und deshalb schon an und für sich schwerer zu verfolgen. So viel kann man indessen überall feststellen, dass in Betreff des leitenden Elementes kein wesentlicher Unterschied zwischen den Ganglienzellen der Gnathobdelliden und der Rhynehobdelliden vorhanden ist.

#### e. Die Ganglienzellen bei *Lumbricus*.

Die vorausgeschickte These (pag. 594) findet auch bei *Lumbricus* ihre vollkommene Bestätigung. In jede Ganglienzelle treten leitende Primitivfibrillen ein, und es treten von derselben Ganglienzelle solche auch aus. Die austretenden Primitivfibrillen entstehen durch Wiedervereinigung von Ästen der eintretenden. Keine Primitivfibrille geht durch die Ganglienzelle, ohne sich verästelt und an der Bildung eines Gitterwerkes von Neurofibrillen im Zelleib Theil genommen zu haben. Andererseits endigt keine eintretende Primitivfibrille in irgend einer Weise in der Ganglienzelle, noch fängt eine austretende irgendwie in der Ganglienzelle an.

Neben dieser fundamentalen Übereinstimmung giebt es aber sehr interessante Unterschiede in Betreff des Leitenden zwischen den Ganglienzellen von *Lumbricus* und *Hirudo*. Man kann sogar sagen, dass die für *Hirudo* charakteristische Art von Ganglienzellen bei *Lumbricus*, streng genommen, gar nicht vorkommt. Erstens sind bei *Lumbricus* die ein- und austretenden Primitivfibrillen vielleicht nie in demselben anatomischen Fortsatz vereinigt, und zweitens sind die

Neurofibrillen im Zellkörper nicht auf bestimmte Zonen beschränkt, sondern durchweben mit ihrem Gitterwerk und Geäst das ganze Somatoplasma, ohne indessen mit dem Zellkern irgendwie in Berührung zu kommen.

Außer diesen Unterschieden giebt es noch welche auch in Betreff des Nichtleitenden, die aber zum großen Theil bloß eine Folge der vorigen sind. Obwohl uns hier hauptsächlich das Leitende interessirt, halten wir es, um dem Leser von diesem einen richtigen Begriff geben zu können, doch für nothwendig, mit einigen Worten auch die sonstigen anatomischen und histologischen Verhältnisse der Ganglienzellen bei *Lumbricus* zu erwähnen, zumal da sie diesen eine größere Ähnlichkeit mit den typischen Ganglienzellen des Centralnervensystems von Wirbelthieren verleihen.

Leider sind die Ganglienzellen von *Lumbricus* bedeutend kleiner, als die von *Hirudo*. Bei einem colossalen Exemplar von mäßig gestreckt 20 cm Länge und etwas vor dem Clitellum 1 cm Breite erreichte der äquatoriale Durchmesser der größten Ganglienzellen, z. B. derjenigen im ventralen Median- oder Paramedianfeld, nicht einmal 50  $\mu$ ; für die große Mehrheit der Ganglienzellen schwankt diese Dimension zwischen 15 und 20  $\mu$ , bei sehr vielen geht sie nicht über 8  $\mu$ . Allerdings ist der Zellkörper bei vielen nicht isodiametrisch, wie bei *Hirudo*, sondern in der Richtung eines gewissen Fortsatzes, den wir wegen seiner wahrscheinlichen Bedeutung bei den betreffenden Zellen Eintrittfortsatz oder Ableitfortsatz nennen werden, mehr oder weniger in die Länge gezogen, aber meist kaum doppelt so lang, wie der äquatoriale Durchmesser. Solche längliche Ganglienzellen, die birnförmigen bei *Lumbricus*, mit dem Ableitfortsatz (nicht Austrittfortsatz, s. w. u.) als Stiel der Birne, sind demnach an ihrem Scheitelpole wie bei *Hirudo* abgerundet, gegen den Stielpol aber zugespitzt, so dass der Zellkörper ganz allmählich in den Fortsatz übergeht.

Ogleich also ein Theil der Ganglienzellen von *Lumbricus* im Ganzen und Großen birnförmig genannt werden kann, kommen unipolare in Bezug auf das Leitende vielleicht gar nicht vor. Wenn in transversalen Schnitten, in welchen man die meisten birnförmigen sieht, viele unipolar zu sein scheinen, mit dem Stielfortsatz gegen die centrale Fasermasse gerichtet, so kommt das daher, dass die übrigen Fortsätze mehr oder weniger schräg longitudinal rostrad oder caudad gerichtet sind. In sagittalen oder noch besser in frontalen Schnitten sieht man natürlich auch diese und außerdem ge-

legentlich auch den queren Fortsatz. Manche Ganglienzelle hat sogar ziemlich zahlreiche Fortsätze. So zählte ich an den großen Ganglienzellen des Median- oder Paramedianfeldes nicht selten in einem  $10\ \mu$  dicken frontalen Schnitt 6—8 Fortsätze.

Der Zellkörper verjüngt sich nicht nur gegen den quer gerichteten Fortsatz; er zieht sich auch an den Stellen, wo die anderen Fortsätze entspringen, zipfelförmig aus, erscheint also nicht kugelig, wie bei *Hirudo*, sondern mehr polygonal. Der quere Fortsatz ist in der Regel der stärkste, meist ist aber der Unterschied zwischen diesem und den übrigen keineswegs so groß, wie zwischen dem Stielfortsatze und den vom Zellkörper direct entspringenden Nebenfortsätzen bei *Hirudo*. Der stärkste Fortsatz ist, wie er auch gerichtet sei, von den übrigen auch histologisch verschieden, und zwar ist dieser Unterschied auch ohne Differenzirung des Leitenden sichtbar, ebenso wie der zwischen dem Axon und den Dendriten bei den höheren Wirbelthieren. Er ist ebenso achromatisch und homogen, wie der Stielfortsatz bei *Hirudo*, wogegen die übrigen als directe Fortsetzung des Zellkörpers, der ziemlich chromatischen Außenzone desselben, erscheinen. Der homogene und achromatische Fortsatz enthält sehr oft eine starke Primitivfibrille, die nicht selten direct in einen peripherischen Nervenstamm zu verfolgen ist, in welchem sie den für die motorischen Primitivfibrillen weiter oben festgestellten Charakter besitzt. Nun ist aber eine motorische Primitivfibrille sicher cellulifugal leitend, demnach kann man einen solchen Fortsatz wohl als ableitend bezeichnen. Mit dieser physiologischen Bedeutung ist aber keineswegs nothwendigerweise auch die histogenetische verbunden, dass etwa durch andere Fortsätze in die Ganglienzelle eingetretene leitende Elementarfibrillen in diesem Fortsatze aus der Zelle heraustraten würden. Es kommt mir im Gegentheil wahrscheinlicher vor, dass die Neurofibrillen mit diesem Fortsatze in die Ganglienzelle hineinwachsen und mit den anderen aus ihr herauswachsen. Es ist gewissermaßen das centrale Ende einer Nervenspindel oder eines Astes von einer solchen, welches in seinem centripetalen Wachsthum die Ganglienzelle erreicht, den etwa früher vorhandenen protoplasmatischen Fortsatz derselben zurückdrängt und sich — bei *Hirudo* kelchförmig erweitert — an die Zelle schmiegt, aber von ihrem Somatoplasma dauernd mehr oder weniger auffällig verschieden bleibt. In den anderen Fortsätzen, wo dieselben Neurofibrillen aus der Zelle wieder herauswachsen, wird dagegen das Somatoplasma irgendwie mit hervorgeschoben, und deshalb setzt es sich in diesen

Fortsätzen eine Strecke weit fort. In ihrem weiteren Verlaufe bestehen die Austrittfortsätze ebenso, wie die Eintrittfortsätze bloß aus den leitenden Primitivfibrillen, umgeben oder mit einander verkittet von der Peri- oder Interfibrillärs substanz, welche nichts mit dem Somatoplasma zu thun hat. — Ein in physiologischer Hinsicht ableitender Eintrittfortsatz kann natürlich ebenso gut sensorische, wie motorische oder andere Primitivfibrillen führen.

Weiter unterscheidet sich die Ganglienzelle von *Lumbricus* von der von *Hirudo* dadurch, dass sie einer der inneren Gliazone bei *Hirudo* entsprechenden Membrana propria entbehrt. Sie ist bloß von einer der äußeren Gliazone entsprechenden, losen und nicht eng anliegenden Gliahülle, einem intercellulären Gliagewebe umgeben. Demnach werden auch die Fortsätze nicht von einer für sie besonders differenzirten Gliascheide umgeben. Von den bei *Hirudo* beschriebenen Zonen des Somatoplasmas ist eine äußere Chromatinzone bei den meisten Ganglienzellen von *Lumbricus* vorhanden, aber weniger breit und deutlich als bei *Hirudo*. Auf sie folgt ein sehr deutlich und ungleich wabiges, blasses Somatoplasma und endlich um den Kern herum wieder ein feinkörniges, stark chromatisches. Der Kern befindet sich in der Regel nicht in der Mitte der Zelle, sondern excentrisch, dem Ableitfortsatze genähert. In den birnförmigen Ganglienzellen mit radiär gegen die centrale Fasermasse gerichtetem Ableitfortsatz ist er in den gegen den Fortsatz zu verjüngten Theil der Zelle hineingeschoben, und daher erscheint dieser ganze verjüngte Theil der Zelle stark chromatisch. Es giebt übrigens eine große Anzahl Ganglienzellen bei *Lumbricus*, die überhaupt sehr wenig chromatisches Somatoplasma besitzen; bei ihnen ist letzteres dazu noch besonders weitwabig und daher in z. B. mit meiner Hämateinlösung I. A tingirten Präparaten äußerst schwach gefärbt. Dagegen sind gerade diese Zellen zum Studium der Neurofibrillen im Zelleib besonders geeignet, weil sie auch nach Goldchloridbehandlung viel blasser bleiben, als die anderen.

Der Kern ist verhältnismäßig größer als bei den gnathobdelliden, aber nicht so groß wie bei den rhynchobdelliden Hirudineen. Er hat denselben histologischen Charakter, wie der der Süßwasseregel: er ist ziemlich leer, mit deutlichem Kerngerüst, fester Membran und einem ziemlich großen Nucleolus (größeren als bei *Hirudo*) und sonst wenigen, chromatischen Körnchen. Der Nucleolus ist meist zwar auch excentrisch gelegen, aber nie an die Kernmembran ge-

drückt, geschweige denn dadurch, wie bei *Hirudo*, linsenförmig abgeplattet.

Um auf das Leitende überzugehen, so kann jeder Fortsatz entweder eine Primitivfibrille oder mehrere enthalten, und das gilt sowohl für die Zu- als auch die Ableitfortsätze. Die Zuleitfortsätze enthalten indessen in der, wie es scheint, Mehrzahl der Fälle nur eine und zwar dünne Primitivfibrille; wenn dagegen der Ableitfortsatz, das heißt z. B. der Fortsatz derselben Zelle, welcher direct in einen peripherischen Nerv hinein zu verfolgen ist, bloß eine Primitivfibrille enthält, so ist diese sehr stark. Es sind aber auch solche Ganglienzellen nicht selten, welche zwei Fortsätze mit je einer starken Primitivfibrille besitzen, außer Fortsätzen mit je einer sehr feinen. Von den starken Primitivfibrillen ist in solchen Fällen die eine vielleicht immer gegen die centrale Fasermasse gerichtet, und die andere begiebt sich direct und, wenn die betreffende Ganglienzelle in der Nähe eines queren Nervenstammes liegt, gelegentlich ohne die Fasermasse zu durchsetzen, in den peripherischen Nerv. Cellulifugal ist wohl nur die eine von beiden, und zwar die direct in den peripherischen Nerv verfolgbare. Die andere muss cellulipetal leiten, da die Neurofibrillen, in welche sie sich beim Eintritt in die Zelle spaltet, nach wiederholten weiteren Spaltungen stets ohne Unterbrechung in die Neurofibrillen zu verfolgen sind, welche sich zur starken Fibrille des anderen Fortsatzes vereinigen, bevor sie die Ganglienzelle verlassen. Enthält der Ableitfortsatz mehrere Primitivfibrillen, welche bald gleich dünn, bald verschieden dick sind, so vertheilen sich diese meist in der centralen Fasermasse.

Die Primitivfibrillen, die sich an der Bildung des Neurofibrillengitters im Somatoplasma einer Ganglienzelle betheiligen, können also zum Theil in einen peripherischen Nerven, zum Theil in die centrale Fasermasse verfolgt werden. Im ersteren Fall können sie im Nerven sowohl als motorische, als auch, allerdings viel seltener, sensorische Primitivfibrillen erscheinen. Im letzteren Fall gehen sie entweder in das diffuse Elementargitter desselben Ganglions oder in longitudinaler Richtung in das nächste oder ein entfernteres Ganglion über. Auch ein dritter Fall ist leicht zu constatiren: die Primitivfibrille kommt aus einem der drei Neurochorde.

Die Neurochorde enthalten nämlich, außer sehr dünnen Primitivfibrillen eine Anzahl starker, meist trotz ziemlicher Streckung des Thieres sehr kleinwellig, aber im Ganzen in gerader Richtung ver-

laufender Primitivfibrillen in axialer Lage, und diese starken Primitivfibrillen sieht man in frontalen Schnitten besonders deutlich (aber auch in transversalen oft sehr schön) an verschiedenen Punkten aus dem Neurochord durch dessen dicke Gliascheide heraustreten und in der Fasermasse in transversaler Richtung eine Strecke weiter gehen.

Abbildungen von allen bei *Lumbricus* vorkommenden Formen von Ganglienzellen kann ich diesmal, um die Tafelzahl der Abhandlung nicht über das Unumgängliche wachsen zu lassen, nicht geben, auch kann ich alle Variationen des Neurofibrillengitters im Somatoplasma nicht beschreiben. Ich beschränke mich also auf die Abbildung und Schilderung von einigen wenigen concreten Formen nach Goldchloridbehandlung der Schnitte.

In Fig. 6 Taf. 26 versuchte ich das mikroskopische Bild einer Ganglienzelle in Form und Farbe bei einer sehr starken, mehr als 2000fachen Vergrößerung aus einem Goldchloridschnitt mit kurzer Nachfärbung in meiner Hämateinlösung I wiederzugeben. Der Kern ist nicht äquatorial durchgeschnitten, und deshalb erscheinen seine Contouren, trotz der starken Kernmembran, wenig scharf. Im Kerngerüst und im Kernkörperchen wurde die Goldchloridtionction durch die Hämateinfärbung verdeckt. Letztere macht sich im Zellkörper in der chromatischen Außenzone und in der noch mehr chromatischen Umgebung des Kernes gegen den Fortsatz *af* zu durch eine bläuliche Beimischung zur mehr röthlichvioletten, blassen Goldchloridfärbung des Somatoplasmas geltend. Weitere Einzelheiten der Structur desselben wurden, um die Neurofibrillen nicht undeutlich zu machen, nicht eingetragen. Man sieht, dass die Contouren eines jeden Fortsatzes wegen des Mangels einer Gliascheide, wie sie bei *Hirudo* vorkommt, sehr verschwommen sind, und in ihm nur die leitenden Primitivfibrillen scharf hervortreten. Durch die starke Vergrößerung wurde deren Farbe zu einem dunklen Rothviolett diluirt. Der Ableitfortsatz führt die starke motorische Primitivfibrille *af* (Achsenfibrille, weil sie der bei *Hirudo* im Typus *K* in der Achse des Fortsatzes verlaufenden und dem Achsencylinderfortsatz einer Wirbelthierganglienzelle entspricht). Diese fängt erst an sich zu verästeln, nachdem sie bereits in das Somatoplasma eingedrungen ist. Bei anderen Ganglienzellen beginnt die Verästelung schon im Fortsatze, wie gelegentlich auch bei *Hirudo*. Es wurden sämtliche Neurofibrillen, die sich in der Schmittdicke ( $5 \mu$ ) im Somatoplasma befanden oder wenigstens sichtbar gewesen sind, genau mit

dem Zeichenapparat, auf die Zeichenfläche projicirt, eingezeichnet. Man sieht, dass sie alle Äste von höherer oder niedrigerer Ordnung der Primitivfibrille *af* sind. Queranastomosen zwischen den einzelnen Ästen waren hier nicht sichtbar. Diese Äste gehen entweder einzeln oder zu mehreren in die zuleitenden Primitivfibrillen *df* (diejenigen also, die in histogenetischer Hinsicht die austretenden sind) über, welche ebenfalls entweder zu mehreren oder je eine von ihnen den leitenden Inhalt der übrigen Fortsätze, die den Dendriten der Wirbelthierganglienzelle entsprechen dürften, bilden. Sämmtliche Fortsätze enthalten also leitende Primitivfibrillen, und zwar dieselben leitenden Elementarfibrillen, welche in der starken Ableitfibrille zu einer Primitivfibrille vereinigt sind. Demnach wäre es ganz unberechtigt, den Fortsatz mit der Primitivfibrille, die man in einen peripherischen Nerv verfolgen kann, allein Nervenfortsatz zu nennen und die übrigen unter dem Namen protoplasmatische Fortsätze ihnen entgegenzustellen. Letztere sind bloß in der Hinsicht protoplasmatisch zu nennen, dass in ihnen das Somatoplasma eine Strecke weit die leitenden Primitivfibrillen begleitet. Leitend sind sie aber sicher alle; ob welche von ihnen durch das Somatoplasma auch zu einer nutritiven Function befähigt sind, ist fraglich: eine mögliche, aber gewiss nur nebensächliche Bedeutung.

In Fig. 8 Taf. 28 habe ich bei 1500 facher Vergrößerung, bloß auf das Leitende Gewicht legend, vier Ganglienzellen abgebildet, wie sie neben einander in der Nähe einer Nervenwurzel liegen. Die Primitivfibrillen *mpf* (motorische Primitivfibrillen) sind in diese zu verfolgen. In *c* ist der Kern ziemlich äquatorial, in *d* mehr tangential, in *a* und *b* gar nicht getroffen. Die Neurofibrillen sind in diesen Zellen so zahlreich, dass ich nicht sämmtliche in der Schnitt-dicke von  $5\ \mu$  enthaltenen einzeichnen wollte, damit das Bild nicht zu complicirt würde. Auch konnten die dünnsten bei dieser Vergrößerung wegen Mangel an Licht schwer mit dem Zeichenapparat verfolgt werden. Quere Anastomosen zwischen benachbarten oder entfernteren Neurofibrillen, Ästen der eingetretenen Primitivfibrillen, sind besonders in Zelle *d* deutlich, kommen aber auch in den anderen vor. Die Neurofibrillen, welche in der Zelle zu endigen scheinen, sind schräg abgeschnittene Drähte des Gitters, die sich aus dem Niveau der Schnittfläche herausheben. Die Punkte sind optische Querschnitte oder verticale Projectionen von auf- oder absteigenden, eventuell quer durchschnittenen Drähten des Gitters. Zelle *d* besitzt, wie man sich durch Ergänzung der Zelle aus den benachbarten Schnitten überzeugt, keinen Fortsatz mit starker Primitivfibrille

wie *a*, *b* und *c*, dagegen mehrere mit ein oder mehr dünnen Primitivfibrillen, wie die mit *df* bezeichneten. Die meisten von diesen haben eine dorsale oder ventrale Richtung. Auch der Ableitfortsatz mit mehreren dünnen Primitivfibrillen ist bei dieser Zelle schräg dorsal gerichtet und entspringt im folgenden Schnitt an der in der Zeichnung mit zwei Sternchen markirten Stelle. Die Zelle *c* hat einen Fortsatz mit starker, im folgenden Schnitt in einen Nervenstamm verfolgbarer Primitivfibrille, die sich schon im Fortsatz, bevor sie die Ganglienzelle erreicht, in mehrere dünnere spaltet, von welchen in dem Schnitt bloß zwei enthalten sind; die übrigen befinden sich im folgenden. Die anderen Fortsätze mit dünnen Primitivfibrillen sind auch bei dieser Zelle meist dorsad und ventrad gerichtet, also nach frontalen Schnitten nicht zu zeichnen. Zelle *b* hat zwei Fortsätze mit je einer starken Primitivfibrille, die sich erst im Somatoplasma verzweigen. Die Zweige der einen, wahrscheinlich motorischen, in denselben Nervenstamm, wie bei *c*, hinein verfolgbarer Primitivfibrille sammeln sich nach Durchschreitung der Zelle in verschiedener Richtung unter Bildung eines Neurofibrillengitters zur anderen dicken Primitivfibrille, welche bei einer Krümmung quer abgeschnitten ist. Von Zelle *b* tritt eine sehr dünne Primitivfibrille in Zelle *c* über. Zelle *a* ist vom selben Typus, wie *b*. Die gegen die centrale Fasermasse gerichtete Primitivfibrille tritt bei dem Sternchen im folgenden Schnitt aus der Zelle. Diese ist schräg durchschnitten, daher die scheinbar freien Enden von Neurofibrillen im Somatoplasma (in der Figur oben).

In Fig. 9 Taf. 28 ist eine etwas anders geformte, aber zum Typus der Zelle *b* in Fig. 8 gehörende Ganglienzelle abgebildet, bei welcher die eine starke Primitivfibrille *mpf III* innerhalb der Schnittdicke ziemlich weit in einen Nervenstamm vordringt und die andere *mpf* (?) in der Fasermasse longitudinal verläuft, hier schräg abgeschnitten, aber im folgenden Schnitt wieder aufzufinden ist. Aus dem Neurofibrillengitter im Somatoplasma treten hier mehrere sehr dünne Primitivfibrillen *df* aus, deren weiteres Schicksal nicht zu ermitteln ist. *mpf I* und *mpf II* sind cellulifugale, wahrscheinlich motorische Primitivfibrillen, die, wie *mpf III* von der hier gezeichneten Ganglienzelle, von anderen, entfernter von dem Nervenstamm, in den die Primitivfibrillen hineingehen, liegenden kommen. Einige sensorische Bündel, die vom Nervenstamm (vom linken caudalen Nervenstamm des Somits: *cnsl*) in die centrale Fasermasse gehen, sind hier auch angedeutet und mit *sb* bezeichnet.

Endlich habe ich in Fig. 7 Taf. 27 ein besonders lehrreiches mikroskopisches Bild wiedergegeben: eine von den großen Ganglienzellen des Medianfeldes mit nicht weniger als acht Fortsätzen in der Dicke ( $10 \mu$ ) eines frontalen Schnittes. Man sieht hier mit der größten Deutlichkeit, dass jeder Fortsatz eine oder mehr Primitivfibrillen enthält, welche alle an der Bildung des Neurofibrillengitters im Somatoplasma Theil nehmen, dass also alle Fortsätze leitend sind. Die dicken, longitudinal gerichteten Fortsätze  $\gamma$  und  $\delta$  enthalten eine größere Anzahl von Primitivfibrillen, die sich, so weit man sie verfolgen kann, nicht zu einer Fibrille vereinigen und auch nicht convergiren, was auf eine spätere Vereinigung im Fortsatz schließen ließe.  $\alpha$  und  $\beta$  enthalten je eine Primitivfibrille, die sich, in dem hier zipfelförmig ausgezogenen Zellkörper angelangt, in mehrere stark divergirende Neurofibrillen spalten. Die Primitivfibrille des Fortsatzes  $\alpha$  ist von sehr weit her in der Schnittdicke zu verfolgen. In der entferntesten Strecke, wo sie im Schnitte erscheint, ist sie noch bedeutend dicker, sie giebt aber unterwegs mehrere Seitenäste ab und wird dadurch immer dünner. Ich habe sie mit *spf* (?) bezeichnet, weil sie mir eher sensorisch als motorisch zu sein scheint. Ihre Natur will ich aber ebenso wie die der mit *mpf* (?) bezeichneten in den Fig. 8 und 9 Taf. 28 vorläufig dahin gestellt lassen. Ich habe in dieser Fig. 7 Taf. 27 auch nicht alle Neurofibrillen eingezeichnet, welche sogar bei 1500facher Vergrößerung mit dem Zeichenapparat zu verfolgen waren. Die Strecken über dem Kern habe ich, um die Kernstructur hervortreten lassen zu können, ganz weggelassen. Auf den ersten Blick schien es mir, als ob ein Ast der Primitivfibrille in  $\beta$  direct in den Fortsatz  $\gamma$  einbiegen würde. Bei näherer Untersuchung stellte es sich aber heraus, dass zwei Primitivfibrillen, die eine aus  $\beta$ , die andere aus  $\gamma$  kommend, dicht über einander eine Strecke weit parallel verlaufen, nachher aber verschiedene Richtungen einschlagen.

#### f. Die Ganglienzellen der Wirbelthiere.

Meine Beobachtungen über die Ganglienzellen der Wirbelthiere will ich im später zu veröffentlichenden zweiten Theil dieser Arbeit eingehender mittheilen. Hier will ich bloß die Ganglienzellen des Rückenmarkes und der Medulla oblongata von *Lophius*, *Triton* und *Bos* zum Vergleich herbeiziehen und die fundamentale Übereinstimmung ihres Baues, namentlich des Verhaltens des leitenden

Elementes in ihnen mit dem Baue der Ganglienzellen von *Hirudo* und *Lumbricus* zeigen.

Die Grundthese, dass leitende Primitivfibrillen in die Ganglienzelle auf dem Wege der anatomischen Fortsätze eindringen, sich dort in dünnere Neurofibrillen spalten, in ein Neurofibrillengitter im Somatoplasma übergehen, und die Elementarfibrillen dieses Gitters sich wieder zu Primitivfibrillen sammeln, die die Ganglienzelle verlassen, finden wir auch bei Wirbelthieren bestätigt. Dieses Verhalten ist in meinen Präparaten so deutlich sichtbar, dass darüber ebenso wenig wie bei *Hirudo* und *Lumbricus* ein Zweifel möglich ist. Nur ist es nicht so leicht zu sehen; Wirbelthiere sind eben zum Demonstrieren davon weniger geeignete Objecte als Wirbellose, namentlich Hirudineen und *Lumbricus*.

In Betreff der Anordnung des Neurofibrillengitters im Somatoplasma haben wir zwei Hauptformen von Ganglienzellen kennen gelernt: die eine bei Hirudineen, die andere bei *Lumbricus*. Die Ganglienzellen im Rückenmark von sämtlichen Wirbelthieren, die ich untersucht habe, zeigen im Wesentlichen die letztere Form, indem erstens bei ihnen das Neurofibrillengitter das ganze Somatoplasma durchwebt und nicht bloß auf bestimmte Zonen desselben beschränkt ist, und zweitens die zu- und ableitenden Primitivfibrillen in der Regel nicht im selben anatomischen Fortsatz der Zelle vereinigt, sondern auf verschiedene vertheilt sind.

Einzelne unipolare Ganglienzellen kommen aber, wie schon erwähnt, auch bei *Lophius* sogar im Rückenmark vor. Bei diesen sind aber die Primitivfibrillen nur eine verhältnismäßig kurze Strecke alle im Stielfortsatz der birnförmigen Zelle vereinigt. Bald weichen die zuleitenden Primitivfibrillen in mehreren Ästen des Stielfortsatzes von den ableitenden, die später auch auf mehrere Äste vertheilt werden können, ab. Dagegen verlaufen die zu- und ableitenden Primitivfibrillen bei den colossalen Ganglienzellen von *Lophius* lange im gemeinsamen Stielfortsatz. Diese Zellen bieten das beste Beispiel von unipolaren Ganglienzellen bei Wirbelthieren. Direct vom Zellkörper entspringende Nebenfortsätze besitzen sie überhaupt nicht. Die Gebilde, welche früher als solche beschrieben wurden, sind Kunstproducte, welche dadurch entstehen, dass der schrumpfende Zellkörper radiäre protoplasmatische Fäden zurücklässt, welche ihn mit der bindegewebigen Umhüllung, die im Leben die Zelle eng, ohne Zwischenraum umgiebt, verbinden. Die Ursache davon, dass die colossalen Ganglienzellen den typischen Ganglienzellen der

Hirudineen so ähnlich sind, wird wohl dieselbe sein, welche die zu- und ableitenden Fortsätze bei den letzteren in einen Stielfortsatz vereinigt hat. Befinden sich ja auch die colossalen Ganglienzellen von *Lophius* nicht innerhalb des Rückenmarkes, sondern in der dorsalen Rinne zwischen den beiden Markhälften und sind demnach nicht, wie die meisten anderen Ganglienzellen des Rückenmarkes, allseitig vom leitenden Gewebe umgeben.

Auch bei Wirbelthieren besitzt jede Ganglienzelle des Rückenmarkes meist einen Fortsatz (seltener mehr), in welchen sich das Somatoplasma nicht fortsetzt, welcher daher vom selben mehr oder weniger scharf abgegrenzt ist. Die Substanz dieses Fortsatzes ist, wenn die leitenden Primitivfibrillen darin nicht färberisch differenzirt sind, wenn sie also der Beobachtung vollkommen entgehen, bei Wirbelthieren ebenfalls homogen, ziemlich compact und achromatisch. Desshalb erscheint er in meinen Hämateinpräparaten ohne Differenzirung der Neurofibrillen den anderen Fortsätzen gegenüber sehr blass. Je mehr er sich indessen von der Ganglienzelle entfernt, um so mehr Farbe nimmt er an, aber eine von der der chromatischen Bestandtheile der Zelle verschiedene, mehr röthliche Farbe. Auch wird er allmählich dicker, bleibt aber innerhalb des Rückenmarks und bis in die motorische Wurzel hinein sehr compact. Erst im späteren peripherischen Verlauf weichen die Primitivfibrillen darin mehr von einander, wodurch bei gleichzeitigem Weicher- bis Flüssigwerden der Interfibrillärsubstanz sein Durchmesser bedeutend wächst und er so den motorischen Achsencylinder bildet, wie man ihn z. B. im Ischiadicus, etwa nach Osmiumfixirung antrifft, wobei die Interfibrillärsubstanz nicht schrumpft und die Primitivfibrillen daher nicht eng zusammengeklebt werden, was in den peripherischen Achsencylindern vielleicht immer ein künstlich hervorgerufener Zustand ist.

Der achromatische Fortsatz wird aber nicht immer zu einem motorischen Achsencylinder. Bei gewissen Zellen bleibt er im Rückenmark und verästelt sich dort. Die letzteren achromatischen Fortsätze sind indessen von den übrigen Fortsätzen ihrer Ganglienzelle weniger verschieden als die anderen. Überhaupt ist der Unterschied zwischen dem achromatischen Fortsatz und den übrigen Fortsätzen geringer bei niederen Wirbelthieren, z. B. bei *Lophius* und *Triton*. Auch finden wir bei diesen keine scheibenförmige oder keulenförmige Verdickung am proximalen Ende des achromatischen Fortsatzes, welcher sich, z. B. beim Kalb, in dieser Form an den Zellkörper legt oder in diesen eindringt.

Die übrigen Fortsätze der Ganglienzelle könnte man chromatische nennen, da die FLEMMING-NISSEL'schen chromatischen Formationen mit dem Somatoplasma, wie bekannt, mehr oder weniger weit in sie eindringen: beim Kalb z. B. viel weiter als bei *Lophius* und *Triton*. Bei letzteren hört auch das Somatoplasma früher auf den Fortsatz zu begleiten, welcher nachher außer aus den leitenden Primitivfibrillen bloß aus Interfibrillärsubstanz besteht, also aus leitender Substanz, wie der achromatische Fortsatz vom Anfang an.

Das sogenannte Axoplasma ist demnach in keinem Falle eine Fortsetzung des Somatoplasmas der Ganglienzelle; mit der Kernsubstanz hat es natürlich noch weniger zu thun. Es besteht nämlich stets aus einer mehr oder weniger wasserreichen und deshalb bald festeren, bald nahezu flüssigen oder sogar ganz flüssigen Interfibrillärsubstanz mit den in dieser eingebetteten leitenden Primitivfibrillen.

Die Ganglienzellen des Rückenmarkes der Wirbelthiere sind denen von *Lumbricus* auch darin ähnlich, dass sie keine der inneren Gliazone bei Hirudineen entsprechende Membrana propria besitzen, sondern bloß vom mehr oder weniger dichten interstitialen Gliageflechte umgeben werden. Während des Lebens füllen sie den für sie frei gebliebenen Raum im interstitialen Gliagewebe stets vollkommen aus; ein pericellulärer Lymphraum ist höchstens virtuell vorhanden. Wenn die Ganglienzelle im Präparat den vom interstitiellen Gliageflechte freigelassenen Raum nicht ganz ausfüllt, so ist sie wohl meist geschrumpft, eventuell in Atrophie begriffen. Die mit den verschiedenen physiologischen Zuständen möglicherweise Hand in Hand gehende periodische Ab- und Zunahme des Volums der Ganglienzelle kann bei der Beschaffenheit der interstitiellen Glia auch dann erfolgen, wenn letztere stets in unmittelbarer Berührung mit dem Körper der Ganglienzelle bleibt.

Während nun bei *Hirudo* und *Lumbricus* die chromatischen Formationen aus feinen Körnchen bestehen, die in gewissen Zonen dicht in das Somatoplasma eingebettet sind und sich durch die das Kernchromatin färbenden Mittel intensiv tingiren lassen, finden wir bei den Wirbelthieren größere chromatische Schollen von sehr verschiedener Form, auf welche zwar FLEMMING zuerst aufmerksam gemacht, die aber NISSEL zuerst eingehender untersucht hat. In den chromatischen Fortsätzen nehmen sie dadurch, dass sie sich dem Zwischenraum zwischen den parallelen leitenden Primitivfibrillen anpassen, ihre längliche Spindel- oder Stäbchenform an. Im eigent-

lichen Zellkörper bilden sie auch bei meinen Objecten sehr oft rhombische Plättchen oder Klumpen, welche an ihren Ecken feine Fortsätze in das umgebende Somatoplasma senden. Sie sind gewissermaßen wie kleine Chromatophoren gebaut und bestehen wahrscheinlich aus besonders dichtem Somatoplasma, worin feine, sich stark tingirende Körnchen eingebettet sind. Bei *Lophius* befinden sie sich vielleicht in den meisten Ganglienzellen des Rückenmarks in einer subperipherischen Zone, wo sie oft bloß eine Lage bilden; in anderen Ganglienzellen sind sie, wie beim Kalb, im ganzen Somatoplasma anzutreffen. In den colossalen Ganglienzellen von *Lophius* fehlen sie. Bei *Triton* sind sie viel spärlicher als beim Kalb — wo sie übrigens in gewissen Zellen auch wenig zahlreich sind — aber auf das ganze Somatoplasma ungleichmäßig vertheilt.

Bei *Lophius* (mit Ausnahme der colossalen Ganglienzellen) und beim Kalb ist der Zellkern, wie bei *Hirudo*, eher klein zu nennen und er ist auch nach demselben Typus gebaut: ein großes Kernkörperchen, Kerngerüst mit wenigen kleinen Chromatinkörnchen. Bei *Triton* ist er dagegen verhältnismäßig sehr groß; in manchen Ganglienzellen bildet das Somatoplasma wie bei *Pontobdella* eine ganz schmale Zone um den Kern herum, welcher anstatt eines großen Kernkörperchens mehrere kleine (3—5) Nucleolen besitzt und neben einem weniger deutlichen Kerngerüst zahlreiche kleine Chromatinkörnchen enthält.

Die Ganglienzellen von *Triton* wären, da die Primitivfibrillen verhältnismäßig dick sind, zum Studium des Neurofibrillengitters ziemlich geeignet, wenn sie nicht so klein wären und das Somatoplasma keine so schmale Zone bildete. Geeigneter sind die Ganglienzellen von *Lophius*, welche recht groß, obwohl — mit Ausnahme der eigentlich nicht einmal im Rückenmark, sondern in der dorsalen Furche zwischen den beiden Markhälften liegenden colossalen — nicht so groß, wie beim Kalb die motorischen Ganglienzellen der ventralen Hörner sind. Auch besitzen sie ebenfalls dickere Neurofibrillen als die vom Kalb, welche deshalb ein ungünstigeres Object sind.

Die Primitivfibrillen der chromatischen Fortsätze, die ich aus demselben Grunde, wie bei *Lumbricus*, auch bei Wirbelthieren die zuleitenden nennen möchte, sind leichter zu unterscheiden und zu verfolgen, als die der achromatischen oder ableitenden. Die Ursache davon ist, dass die Primitivfibrillen in den Anfangs wenigstens dickeren chromatischen Fortsätzen durch einen größeren Zwischenraum von einander getrennt sind, als in dem achromatischen Fort-

satz von geringerer Dicke, in welchem meist sämmtliche auf die oft zahlreichen chromatischen Fortsätze vertheilte Elementarfibrillen vereinigt sind. Bei *Lophius* sind sie, wenigstens am Anfang des achromatischen Fortsatzes, in vielen Ganglienzellen auf einige dicke Primitivfibrillen, die dann natürlich leicht sichtbar sind, vertheilt; aber gelegentlich sieht der achromatische Fortsatz ebenfalls bei *Lophius* beinahe so aus, als ob er eine einzige, sehr dicke Primitivfibrille enthielte, wie bei *Hirudo* und *Lumbricus*. Diese eine dicke ableitende Primitivfibrille ist aber bei *Lophius* doch nie so schwarz tingirt, wie die motorischen Primitivfibrillen bei *Hirudo* und *Lumbricus*, offenbar weil in ihr die die Elementarfibrillen zur Primitivfibrille verkittende Substanz, die sich nicht schwärzt, einen beträchtlicheren Raum einnimmt. Außer der größeren Anzahl der vereinigten Elementarfibrillen trägt vielleicht auch dieser Umstand dazu bei, dass diese einheitliche ableitende Primitivfibrille der *Lophius*-Ganglienzelle doch bedeutend dicker als eine motorische Primitivfibrille bei *Lumbricus* und *Hirudo* ist. Der einzige Unterschied zwischen einem motorischen Achsenzylinder von *Lophius* und der motorischen Primitivfibrille von *Lumbricus* und *Hirudo* ist also, dass letztere sämmtliche leitende Elementarfibrillen der betreffenden motorischen Nervenfasern dauernd anatomisch vereinigt, wogegen im ersteren die der betreffenden Nervenfasern zukommenden Elementarfibrillen höchstens Anfangs anatomisch vereinigt, später aber auf eine größere Anzahl von dünnen Primitivfibrillen vertheilt sind.

Das Neurofibrillengitter im Somatoplasma ist schon bei *Lophius* viel dichter und engmaschiger, mit gleichmäßigeren Maschen als bei *Lumbricus*. Nichtsdestoweniger sieht man aber, wie einerseits die zuleitenden Primitivfibrillen der chromatischen Fortsätze, andererseits die ableitenden Neurofibrillen des achromatischen Fortsatzes unter Verästelung in die Drähte des Neurofibrillengitters übergehen.

Schon frühere Autoren haben eine parallele Faserung der chromatischen Fortsätze der Ganglienzellen bemerkt und gesehen, dass diese parallelfaserigen Züge in die Zelle ausstrahlen und sich dort gelegentlich concentrisch anordnen. Damals konnte man die leitenden Primitivfibrillen und das Neurofibrillengitter selbst nicht sehen, die sichtbare faserige Structur wurde aber durch das Vorhandensein derselben verursacht. Man sah eben die Körnchenreihen und die chromatischen Schollen zwischen den leitenden Primitivfibrillen und den Neurofibrillen des intracellulären Gitterwerkes, welche in paral-

lelen Längsreihen, beziehungsweise mehr oder weniger concentrisch angeordnet sein mussten. In dem achromatischen, dem sogenannten Nervenfortsatz konnte die fibrilläre Structur mit denselben Mitteln, wie in den chromatischen, den sogenannten protoplasmatischen Fortsätzen, desshalb schwerer sichtbar gemacht werden, weil sich ja das Somatoplasma mit seinen präformirten Körnchen dorthin nicht fortsetzt, und der Lichtbrechungsunterschied zwischen der Interfibrillärsubstanz und den leitenden Primitivfibrillen nicht groß genug ist, um letztere auch dann unterscheiden zu lassen, wenn sie so eng wie dort zusammengedrängt sind. Je wasserreicher und desshalb weniger lichtbrechend die Interfibrillärsubstanz ist, und je weitere von Interfibrillärsubstanz gefüllte Zwischenräume die leitenden Primitivfibrillen von einander trennen, um so leichter sind letztere auch während des Lebens und in Präparaten ohne färberische Differenzirung sichtbar. Desshalb kann man, wie bereits wiederholt betont wurde, dieselben Primitivfibrillen, welche im Axon innerhalb des Centralnervensystems mit den gewöhnlichen Mitteln nicht darstellbar sind, im peripherischen Achseneylinder mit denselben zur Anschauung bringen.

In neuester Zeit versuchte DOGIEL die Neurofibrillen der Wirbelthierganglienzelle, welche ich bei *Lophius* und *Triton* auf dem Leidener Zoologencongress in Schnittpräparaten nach ganz anderen Methoden demonstrirt hatte, in der Retina durch Methylenblautinction nachzuweisen. Leider kann seine Technik erstens nicht zur isolirenden Färbung des Leitenden in der Zelle und in den Fortsätzen führen, wesshalb der größte Theil des Neurofibrillengitters verborgen bleibt. Außerdem können bei seinem Verfahren Schrumpfungen in Folge von Faltungen der Oberfläche hauptsächlich der Fortsätze zur künstlichen Hervorrufung scheinbarer Fibrillen geführt haben. Nach dem, wie ich die Neurofibrillen der Wirbelthierganglienzellen in meinen Schnittpräparaten bei Nachvergoldung und Hämatein- oder Rubintinction kenne, und wie gewisse vermeintliche Neurofibrillen in DOGIEL's Zeichnungen aussehen, kann ich es keineswegs für ausgeschlossen halten, dass diese der optische Ausdruck von Faltungen sind. Der größte Theil der von DOGIEL gezeichneten Fibrillen entspricht aber in der That Neurofibrillen, aber nicht einzelnen solchen, sondern mehreren, welche künstlich zu scheinbar einheitlichen Fibrillen verklebt sind. Auch die chromophilen Gebilde, die er in seinen Ganglienzellen beschreibt und zeichnet, sind der Methylenblautinction, wie er sie ausführt, eigen; sie decken

sich nicht nothwendigerweise mit den FLEMMING-NISSL'schen chromophilen Formationen, die man bei vorher fixirten Ganglienzellen darstellt. Dieselben stark gefärbten Gebilde ruft die Methylenblautinction auch in Ganglienzellen der Hirudineen u. a. hervor, welche keine chromatische Substanz in Form von größeren Schollen beherbergen; dieselben Gebilde treten sogar in Bindegewebszellen und Muskelfasern auf, wo sie doch sicher nicht entsprechend präformirten Zellbestandtheilen entsprechen, sondern auf einer stellenweisen Anhäufung des Farbstoffes aus unbekanntem Ursachen beruhen. Doch will ich durch weitere Erörterung des Baues der Wirbelthierganglienzellen nicht meiner zweiten, späteren Mittheilung über diesen Gegenstand vorgreifen.

In den sympathischen Ganglienzellen von Wirbelthieren wurden schon vor langer Zeit (seit ARNOLD und BEALE 1863 bei *Rana*) Einrichtungen beschrieben, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit der Anordnung des leitenden Elementes in den Ganglienzellen des Typus *K* bei *Hirudo* besitzen. Auch diese Ganglienzellen habe ich beim Frosch nach meiner Goldchlorid- und Hämateinmethode untersucht. Ich will aber auf die dort gefundenen Verhältnisse in dieser ersten Mittheilung nicht eingehen. Natürlich ist ein anatomischer Zusammenhang der Neurofibrillen mit dem Kern, geschweige denn der übrigens auch von Anderen schon widerlegte Ursprung der sogenannten geraden Nervenfasern aus dem Nucleolus, nicht vorhanden. Wo überhaupt auch bei Wirbelthieren ein Zusammenhang des Axons mit dem Kern beschrieben wurde, handelt es sich um Kunstproducte und falsche Deutung von mikroskopischen Bildern. Quetschpräparate, wie sie zur Demonstration des vermeintlichen Zusammenhanges benutzt wurden, sind für solche Täuschungen die reichste Fundgrube.

Nur Eines möchte ich noch erwähnen. Das Netzwerk, besser Gitterwerk, in welches die Spiralfaser, an der Ganglienzelle angelangt, übergeht, hat man in neuerer Zeit auch mittels der GOLGI'schen Schwarzfärbung und mit Methylenblau dargestellt. Man betrachtet es als einen pericellulären Korb. KÖLLIKER fasst es als die Endausbreitung eines Neurons auf, welches in dieser Weise mit einem anderen Neuron in Contact kommt. Der Axon dieses zweiten Neurons ist die sogenannte gerade Faser. Die Spiralfaser wäre also für die sympathische Ganglienzelle die zuleitende, die gerade Faser die ableitende Bahn. Wenn man aber diese Verhältnisse mit den bei Typus *K* der *Hirudo*-Ganglienzellen beschrie-

benen vergleicht, so wird man wohl die Summe der im Stieltfortsatz peripherisch verlaufenden dünnen Neurofibrillen als Äquivalent der Spiralfaser, und das Außengitter, in welches sie übergehen, als das des »pericellulären Korbes« betrachten, und dann entspricht die Achsenfibrille, als cellulifugal leitende Bahn, der geraden Faser. Nun wissen wir, dass die Achsenfibrille bei *Hirudo* aus dem perinucleären Binnengitter entspringt, und das Binnengitter durch radiäre Neurofibrillen mit dem Außengitter verbunden ist. Die cellulipetale Bahn steht also bei *Hirudo* mit der cellulifugalen sicher nicht bloß durch Contact, sondern durch den directen Übergang der Neurofibrillen in Verbindung. Nach meinen bisherigen Beobachtungen glaube ich, dass es mir gelingen wird, im Wesentlichen denselben Fibrillenübergang auch bei der sympathischen Ganglienzelle der Wirbelthiere darzuthun. Die GOLGI'sche Methode und die Methylenblaufärbung sind ja nicht einmal zum sicheren Entscheiden davon geeignet, ob der »pericelluläre Korb« wirklich außerhalb des Zellkörpers liegt; ich habe ihn zwar ganz peripherisch, aber einige Mal doch sicher im Somatoplasma liegen gesehen. Und vom intracellulären Verlauf der Neurofibrillen kann die GOLGI'sche Schwarzfärbung gar nichts und die Methylenblaufärbung, wie sie bisher ausgeführt wurde, äußerst wenig sehen lassen. Die Neurofibrillen, welche aus dem »pericellulären Korb« gegen den Kern zu tiefer in den Zellkörper eindringen, dort ein inneres, das ganze Somatoplasma durchwebendes Neurofibrillengitter bilden und dann in die Fibrillen der geraden Faser übergehen, mussten den bisherigen Beobachtern verborgen bleiben.

#### D. Anastomosen zwischen Ganglienzellen im Centrum und an der Peripherie.

##### a. Allgemeines über Anastomosen.

Um von Anastomosen zwischen Ganglienzellen überhaupt auch nur reden zu können, glaubte ich erst die anatomischen Beziehungen des leitenden Elementes zur Ganglienzelle besprechen und feststellen zu müssen. Es können Ganglienzellen mit einander in dieser oder jener Weise anatomisch verbunden sein, ohne dass zwischen ihnen auch eine leitende Verbindung, die *conditio sine qua non* einer wirklichen nervösen, d. h. leitenden Anastomose existirt. Eine leitende Verbindung kann aber zwischen Zellen überhaupt, wie wir noch des Weiteren sehen werden, und so auch zwischen Ganglienzellen nur

dann vorliegen, wenn die nothwendige histologische Vorrichtung dazu vorhanden ist. Und diese Vorrichtung ist die leitende Primitivfibrille, welche aus dem Neurofibrillengitter im Somatoplasma der einen Zelle austritt und in das Neurofibrillengitter im Somatoplasma der anderen Zelle eintritt oder sich hier wenigstens verästelt, um entweder in Form dieser Äste oder zu einer einheitlichen Fibrille vereinigt wieder aus der Zelle zu treten. Die leitende Anastomose können natürlich gleichzeitig mehrere Primitivfibrillen besorgen, aber eine einzige genügt dazu.

Wie kann sich aber Jemand vergewissern, dass mit der anatomischen Verbindung zwischen zwei Ganglienzellen, die er wahrnimmt, auch die Grundlage der leitenden Verbindung vor ihm liegt, wenn er die leitenden Primitivfibrillen in den Fortsätzen und das Neurofibrillengitter im Somatoplasma nicht auf färberischem, dem bis jetzt einzig möglichen Wege differenziren kann? Jede irgendwie nur vorkommende anatomische Verbindung zwischen zwei Ganglienzellen kann eine leitende sein, sie ist es aber keineswegs nothwendigerweise. Manche Forscher gründeten ihre Behauptungen in Betreff der Anastomosen bloß auf GOLGI'sche Bilder, die eine Differenzirung des leitenden Elementes ausschließen, andere auf Methylenblaubilder, die diese Differenzirung bloß im gelungensten Falle, nur nach den von mir vorgeschlagenen Maßregeln zeigen, und viele endlich auf nach den alten Methoden hergestellte Präparate, die das leitende Element ebenfalls nicht sichtbar machen. Keiner von diesen konnte weder das Fehlen, noch das Vorhandensein von nervösen Anastomosen zwischen Ganglienzellen im Centrum oder an der Peripherie beweisen. Haben sie Anastomosen gesehen, so konnten diese auch bloß anatomische, ohne leitende Verbindung gewesen sein; haben sie sie vermisst, so können sie doch existiren, denn zur leitenden Verbindung genügt eine einzige Primitivfibrille. Und diese vermochten sie nicht zu differenziren, zumal da ihnen sogar der ganze Fortsatz, in welchem die Primitivfibrille ihren Weg von der einen Ganglienzelle zur anderen zurücklegt, unbemerkt geblieben sein kann. Oft ist er ja so dünn, dass er bei der einen Methode wegen Mangel an genügender Tinction unsichtbar bleibt und bei der anderen zwar gefärbt ist, aber durchreißt und sich retrahirt.

Von anatomischen Verbindungen zwischen Ganglienzellen kommen nach meinen Beobachtungen an sehr verschiedenen Objecten folgende Formen vor:

1) Beide Ganglienzellen senden einen Fortsatz in dieselbe Nerven-faser (*a*), oder beide liegen derselben Nervenfasern an (*b*).

2) Die Fortsätze von zwei (oder mehr) Ganglienzellen vereinigen sich zu einer Nervenfasern (*a*), oder die eine Ganglienzelle legt sich an den Fortsatz der anderen, damit scheinbar verschmelzend, an (*b*).

3) Ein vom Zellkörper der einen Ganglienzelle abgehender Fortsatz verbindet sie mit dem Zellkörper einer anderen Ganglienzelle, ja sogar können sie durch mehrere Zellbrücken mit einander verbunden sein (*a*), oder die Zellkörper von zwei (gelegentlich mehr) Ganglienzellen liegen durch Zellbrücken verbunden dicht bis zur Berührung neben einander (*b*), oder sie verschmelzen ganz mit einander (*c*) zu einer Gruppe von verschiedener, oft hufeisenförmiger Gestalt.

4) Die Verbindung von zwei Ganglienzellen vermitteln ihre Fortsätze entweder durch Seitenäste oder durch Endäste.

5) Die Fortsätze von beiden Ganglienzellen gehen durch wiederholte Verästelung in ein gemeinsames Gitterwerk (nicht Geflecht, s. weiter oben) über.

Die ersten drei Hauptformen kommen besonders im peripherischen Nervensystem vor, von 3 sind vereinzelt Fälle auch im Centralnervensystem zu finden. 4 und 5 sind dagegen besonders für das Centralnervensystem charakteristisch; 4 ist verhältnismäßig selten zu sehen, 5 ist die hauptsächlichste Art und Weise der leitenden Verbindung zwischen verschiedenen Ganglienzellen.

#### b. Beispiele von leitenden und nicht leitenden Anastomosen.

1, 2 und 3 sind in der Darmwand von *Pontobdella* sehr häufig und besonders leicht zu demonstrieren. Von allen dreien habe ich Fälle gesehen, wo mit der anatomischen Verbindung der Ganglienzellen keine leitende einherging, wo ich trotz einer tadellosen färberischen Differenzierung des leitenden Elementes den Übergang irgend einer leitenden Primitivfibrille aus dem Neurofibrillengitter der einen Ganglienzelle in das der anderen nicht zu sehen vermochte.

1b kommt in der Darmwand von *Pontobdella* in der Weise vor, dass eine oder mehr Primitivfibrillen einer Nervenfasern oder eines dünneren oder dickeren Nerven in den Zellkörper einer anliegenden Ganglienzelle eintreten und dort in das Neurofibrillengitter übergehen; aus dem Neurofibrillengitter treten dann wieder eine oder mehr Primitivfibrillen aus, biegen in die Nervenfasern oder in den Nerv wieder

ein und setzen ihren Weg neben den Primitivfibrillen, die an der Ganglienzelle bloß vorbeigingen, weiter fort, bis sie nach einer kürzeren oder längeren Strecke in eine andere, dem Nerv anliegende Ganglienzelle in derselben Weise, wie in die erstere eintreten. Manchmal gehen sie an der zweiten Ganglienzelle einfach vorbei, und in diese treten andere Primitivfibrillen ein. Dann ist eben zwischen den beiden Ganglienzellen keine leitende Anastomose vorhanden; eine solche kann aber zwischen ihnen und anderen am Nerv oder anderswo liegenden Ganglienzellen existiren.

Den eben geschilderten Fall illustriert Fig. 10 Taf. 28, die genaue Wiedergabe einer Stelle des bereits über 10 Jahre alten Präparates von der frisch vergoldeten Darmwand von *Pontobdella* (nach einer sehr schwierigen Methode der Vorvergoldung), welches weiter oben schon zur Demonstration der leitenden Primitivfibrillen überhaupt herangezogen wurde. Die eine Ganglienzelle *gz 1* liegt seitlich am Nerv *n* gerade dort, wo er sich in die zwei Äste *n 1* und *n 2* spaltet; *gz 2* liegt im Präparat unter dem Ast *n 1*, damit anatomisch ebenso wie *gz 1* verbunden. Die Fortsetzung von *n 1* jenseits von *gz 2* ist mit *n 3* bezeichnet. Einzelne Primitivfibrillen biegen, von *n* kommend, in *gz 1* ein, verästeln sich dort und nehmen an der Bildung des Neurofibrillengitters Theil. Andererseits gehen aus dem Neurofibrillengitter entspringende Primitivfibrillen in *n 1* und von dort in das Neurofibrillengitter der Ganglienzelle *gz 2*, endlich gehen die aus dem Neurofibrillengitter von *gz 2* entspringenden Primitivfibrillen in *n 3*. Andere Primitivfibrillen von *n* schreiten durch die breite Basis, durch welche *gz 1* mit *n* verbunden ist, direct in *n 1* und von hier durch *gz 2*, aber ohne an der Bildung des Neurofibrillengitters Theil zu nehmen, in *n 3*. Dieses Bündel von Primitivfibrillen ist von *gz 2*, so weit man sich davon durch Heben und Senken der Mikroskopröhre überzeugen kann, anatomisch ebenso wenig getrennt, wie von *gz 1* oder wie die Primitivfibrillen des dünnen Nerven *n 5* von *gz 2*. Der Übergang der Primitivfibrillen von *n 5* in *n 3* ist nicht sichtbar. Vielmehr scheint es, als ob sie an der Bildung des Neurofibrillengitters von *gz 2* Theil nehmen würden. Sie kommen aus *n 2* von entgegengesetzten Richtungen, wie die Primitivfibrillen des anderen kleinen Nerven *n 4*. *pf I* ist eine Primitivfibrille, welche sich von *n* zu einer Muskelfaser *m* und dann weiter in diese hinein begiebt.

Anderere Einzelheiten des Verlaufes der Primitivfibrillen kann der Leser aus der Abbildung direct entnehmen, da sie sie genau wieder giebt. Indessen muss ich bemerken, dass die 500fache Vergrößerung,

welche genommen werden musste, um noch beide Ganglienzellen gleichzeitig im Gesichtsfeld des Zeichenapparates zu erhalten, nicht genügte zur genauen Verfolgung der einzelnen Primitivfibrillen und besonders des Neurofibrillengitters. Desshalb wurden die einzelnen Theile des Bildes auch bei 1500 facher Vergrößerung gezeichnet, und die bei 500 facher Vergrößerung erhaltene Zeichnung nach diesen Detailzeichnungen ergänzt und hier und da corrigirt. Die Zahl der Primitivfibrillen in den gezeichneten Nerven, welche nicht abgeplattet, sondern cylindrisch sind, ist so groß, dass unmöglich alle in verschiedenen Ebenen liegenden in das Bild eingetragen werden konnten. Ich habe diejenigen ausgewählt, welche ich am leichtesten verfolgen konnte, und ihren Verlauf hier und da, wo sie in der Projection der Zeichnung einander verdeckt hätten, ein klein wenig verändert dargestellt. Am Verlauf der isolirt liegenden Primitivfibrillen, wie z. B. *pf*, *pf I* und *pf II*, wurde dagegen nichts geändert. Vom Neurofibrillengitter wurde in beiden Zellen nur der in der dem Beobachter zugekehrten Hälfte liegende Theil dargestellt. Die unteren Drähte des Gitters sind bei einer sehr starken Beleuchtung zwar auch bei einer 1000 fachen Vergrößerung noch deutlich sichtbar, aber nur ohne Anwendung des Zeichenapparates, weil der etwa 50  $\mu$  dicke Zellkörper zu viel Licht zurückhält, obwohl das Somatoplasma viel weniger intensiv, als die Neurofibrillen und auch anderswie gefärbt ist. Die Neurofibrillen sind, wie erwähnt, auch hier schwarz, das Somatoplasma kirschroth. Der Kern *k* ist ungefärbt und erscheint als eine deutlich contourirte, ovale, hellere Stelle in der Zelle. — Ich kann es nicht versäumen, hier zu bemerken, dass ich genau dieselben Verhältnisse des Leitenden mit derselben, ja noch größerer Schärfe auch durch Nachvergoldung der stark gedehnten und so festgesteckten Darmwand von *Pontobdella* dargestellt habe.

Im Falle 1a enthält bei Hirudineen der Fortsatz von beiden Ganglienzellen, welcher in die gemeinsame Nervenfasern gesandt wird, entweder sowohl die zu- als auch die ableitenden Primitivfibrillen oder bloß die ab-, beziehungsweise zuleitenden. Im Falle 2a enthalten die sich zu einer Nervenfasern vereinigen Fortsätze oft nur je eine Primitivfibrille, die sich zur einzigen starken Primitivfibrille der Nervenfasern vereinigen, so wie die Primitivfibrille *pf I* in Fig. 4 Taf. 25 durch Vereinigung von *pf Ia* und *pf Ib* entsteht.

Form 3a ist in der Darmwand von *Pontobdella* meist mit 2a combinirt, ebenso wie Form 3c mit 1b: gewisse Fortsätze der mit einander durch Zellbrücken verbundenen Ganglienzellen vereinigen

sich zu einer Nervenfasern, oder zwei oder mehrere Ganglienzellen liegen an der Nervenfasern so nahe bei einander, dass ihre Zellkörper mit einander verschmelzen.

Die Formen der Gruppe 3 können im Centralnervensystem der Hirudineen schon deshalb nicht häufig vorkommen, weil ja die Ganglienzellen in der Regel birnförmig sind, d. h. ihre sämtlichen zu- und ableitenden Primitivfibrillen verlaufen in den Stielfortsatz vereinigt, und nur gewisse Ganglienzellen haben direct vom Zellkörper entspringende Nebenfortsätze. Nur solche können hier und da in der Form 3a mit anderen anastomosiren. Mir scheint, dass dieses hauptsächlich nur zwischen solchen Ganglienzellen stattfindet, welche in der Regel durch eine größere Ganglienzelle vertreten sind. Offenbar bedingt eine verspätete und in der Regel nicht eintretende Theilung dieses Verhalten: ihre Zellkörper bleiben durch directe Zellbrücken verbunden, in welche nachher auch Neurofibrillen hineinwachsen.

Bedeutend häufiger ist diese Form der Anastomose bei *Lumbricus* im Bauchstrang, wo ja die Ganglienzellen in der Regel direct vom Zellkörper entspringende Nebenfortsätze besitzen. Meist sind aber die die Ganglienzellen direct verbindenden Nebenfortsätze sehr dünn, sie enthalten bloß eine Primitivfibrille und reißen bei Schrumpfung der Zellen leicht durch, und dann retrahiren sie sich. Der Nebenfortsatz verzweigt sich gelegentlich noch, bevor er in die andere Ganglienzelle eintritt.

Form 3a habe ich endlich im Verlaufe von peripherischen Nerven auch bei Hirudineen wiederholt beobachtet, kurz bevor sie die Sinnesorgane erreichen. Und zwar tritt dieser Fall in der Weise auf, dass eine sensorische Primitivfibrille sich von den übrigen des Bündels (der sensorischen Nervenfasern) trennt, in eine kleine Ganglienzelle eintritt, den Kern mit anastomosirenden Zweigen umgittert, dann, meist am entgegengesetzten Pol, sich wieder zur einheitlichen Primitivfibrille vereinigt, die Ganglienzelle verlässt und in derselben Weise erst in eine andere (eventuell auch eine dritte etc.) eintritt oder sich direct zur Sinneszelle begiebt.

Ein Fall von einer solchen Anastomose zwischen zwei benachbarten kleinen Ganglienzellen im vorderen Körperende von *Hirudo* (Nachvergoldung) ist in Fig. 10 Taf. 29 bei 1060 facher Vergrößerung mit dem Zeichenapparat genau dargestellt. Ein Theil der Drähte des den Kern dicht umgebenden Gitters, welches besonders in Zelle *a* schön entwickelt ist, liegt im Präparat über, der andere unter dem Kern. In der Zeichnung ist Alles, was von den Neurofibrillen des

Gitters verfolgbar und mindestens so scharf wie in der Zeichnung gewesen ist, in eine Ebene projicirt. Dies gilt überhaupt für alle meine noch zu besprechenden Darstellungen des Neurofibrillengitters, wenn nicht Anderes bemerkt ist. In Zelle *b* ist der sehr tangential getroffene Zellkern etwas undeutlich zu sehen. Die aus *b* heraus-tretende Primitivfibrille *pf1* führt nach ziemlich langem Wege in eine epidermale Sinneszelle, wie z. B. die in Fig. 5 Taf. 29.

Eine Anastomose von derselben Art zwischen einer kleinen spindelförmigen Ganglienzelle und einer epidermalen Sinneszelle ist in Fig. 6 Taf. 29 dargestellt. Gezeichnet oder angedeutet sind in der Figur noch mehrere andere Sinneszellen und Ganglienzellen. Die Ganglienzellen sind etwas anders als die sonstigen peripherischen Ganglienzellen. Vorläufig will ich sie aber noch mit diesem Namen bezeichnen. Das Neurofibrillengitter in der Zelle *a* ist leider etwas unvollkommen tingirt. Genau konnten bei dieser starken, 1500fachen Vergrößerung bloß zwei Drähte davon verfolgt und gezeichnet werden. Die Sinneszelle *b* (3) verdient wegen der wichtigen Thatsache, die sie so deutlich veranschaulicht, eine besondere Besprechung, die ihr weiter unten zu Theil werden soll.

Alle Zellen dieser Figur füllen den Raum, der für sie in der interstitialen Grundgallerte im Leben vorhanden ist, auch im Präparat ganz aus, wogegen in Fig. 10 Taf. 29 ebenso wie in Fig. 9 zwischen den Zellgrenzen und der umgebenden Grundgallerte, wahrscheinlich lediglich durch die Behandlung in Folge der größeren Volum-abnahme der Zellen, ein pericellulärer Raum frei geworden ist. (*gr* ist die Grenzlinie der Grundgallerte im Schnitt, also nicht etwa eine Zellmembran, obwohl sie bei ungenügender Beleuchtung danach aussieht.)

Die eben erwähnte Fig. 9 Taf. 29 illustriert mit vollkommener Objectivität bei 1060facher Vergrößerung im selben Schnitt, nach welchem Fig. 10 gezeichnet ist, eine schöne Form der leitenden Anastomose aus der Gruppe 3c. Drei kleine Ganglienzellen *c*, *d* und *e* sind einander bis zum Verschmelzen ihrer Zellkörper genähert. Das gemeinsame Neurofibrillengitter für alle drei wird durch die zur Gruppe herantretenden Primitivfibrillen *pf1* und *pf2* gebildet, welche sich unweit von der gezeichneten Stelle von einem sensorischen Bündel lostrennen. Die Neurofibrillen verlassen die Gruppe zu einer Primitivfibrille *pf3* vereinigt. Diese ist mehrere hundert Mikren weit gegen die Cuticula der Epidermis in der Schnittdicke ( $10 \mu$ ) zu verfolgen. Da ihre distale Endstrecke in der Subcuticularschicht (s. weiter unten) zwischen den Epidermiszellen verläuft und in keine

eintritt, so glaube ich, dass sie sich in der bei anderen Fällen weiter unten zu schildernden Weise frei unter der Cuticula verästelt und in ein subcuticulares, intercellulares Neurofibrillengitter übergeht, dessen Existenz, wie gezeigt werden soll, ich wohl mit Recht annehmen zu können glaube.

Bei der Form 2a ist eine leitende Anastomose in dem oben umschriebenen engeren Sinn wohl nur dann anzunehmen, wenn mindestens eine recurrente Primitivfibrille aus dem Fortsatz der einen Ganglienzelle in den der anderen und von hier in die Zelle selbst übertritt. Sonst ist keine vorhanden, auch wenn sich Primitivfibrillen von beiden Zellen zu einer stärkeren vereinigen, denn es ist nicht anzunehmen, dass eine und dieselbe Primitivfibrille gleichzeitig cellulifugal und cellulipetal leiten könnte etwa dadurch, dass in ihr in beiden Richtungen leitende Elementarfibrillen vereinigt wären. Wir sehen ja sonst immer, dass in verschiedener Richtung leitende Neurofibrillen nicht nur auf verschiedene Primitivfibrillen vertheilt sind, sondern dass letztere auch möglichst isolirt von einander verlaufen.

Die in der Gruppe 4 und 5 vereinigten Formen von Anastomosen haben wir schon bei der Schilderung des Fibrillenverlaufes in der centralen Fasermasse und bei der Beschreibung der Formen der Ganglienzellen besprochen. Wir können also die Ganglienzellen vorläufig verlassen. Nur auf die eine übrigens kurz auch schon erwähnte Thatsache möchte ich noch einmal aufmerksam machen, dass in ihrem peripherischen Verlauf auch motorische Primitivfibrillen sich zu einem Neurofibrillengitter im Somatoplasma einer Ganglienzelle, die sie entweder direct (spindelförmige Zelle) oder mit einem Umweg nach der Seite (birnförmige Zelle mit der gleich starken zu- und ableitenden Primitivfibrille im einzigen Fortsatz, dem Stiele der Birnform) erreichen, ausbreiten können. Wenn die betreffende Primitivfibrille dies wiederholt thut, so haben wir eben die für die sensorischen schon beschriebene Art von Anastomose auch bei einer motorischen vor uns, was ich einige Male in der That beobachtet zu haben glaube.

#### E. Beziehungen der Neurofibrillen zu den Zellen am peripherischen Ende der Nervenspindeln.

In diesem Capitel werde ich diesmal bloß an Hirudineen gemachte Beobachtungen mittheilen und von anderen Objecten nur so viel im Voraus bemerken, dass die Verhältnisse bei allen, die ich untersucht habe (u. A. *Lumbricus* und *Anodonta*), im Wesentlichen so wie bei Hirudineen sind.

## a. Die Sinneszellen bei Hirudineen.

## aa. Die epithelialen Sinneszellen.

Epitheliale Sinneszellen, d. h. solche, die nicht nur vom Epithel abstammen, sondern auch darin bleiben oder wenigstens mit der Cuticula einen dauernden Zusammenhang bewahren, kommen bei Hirudineen entweder vereinzelt, in der ganzen Haut zerstreut vor, oder zu Gruppen vereinigt in den von mir so genannten Tastkegelchen. Wegen ihres Zusammenhanges mit der Epidermis können wir diese epithelialen Sinneszellen auch epidermale nennen.

Bei den Rhynchobdelliden kommen Tastkegelchen in gewissen Längslinien des Körpers, wie ich gezeigt habe, auf allen Ringen des Somits vor, und die Tastkegelchen der ersten Ringe sind in Betreff der Zahl der in ihnen enthaltenen Sinneszellen nur wenig von den übrigen verschieden. Gegenüber diesen sind sie durch ihre Lage auf muskulösen Warzen und oft durch gewisse spezifische Pigmentzellen, welche im subepidermalen Bindegewebe unter den Warzen liegen, ausgezeichnet. Ob die im subepidermalen Bindegewebe der nicht Augen tragenden ersten Ringe zerstreut vorkommenden, Retinazellen ähnlichen, vom Epithel getrennten Sinneszellen in functionellem, also leitendem Zusammenhange mit den epithelialen Sinneszellen der dortigen oder anderswo befindlichen Tastkegelchen stehen, konnte ich nicht nachweisen und finde einen functionellen Zusammenhang der epidermalen Sinneszellen mit subepidermalen Sinneszellen bei Hirudineen überhaupt fraglich.

Bei den Gnathobdelliden sind Tastkegelchen ebenfalls auf allen Ringen vorhanden, nur sind die auf dem ersten Ringe des Somits an Sinneszellen bedeutend reicher.

Des Zusammenhanges der Tastkegelchen der augentragenden ersten Ringe mit den Retinazellen des Auges werden wir im Paragraphen über die Retinazellen gedenken.

Die Tastkegelchen verursachen im Leben und während ihrer Function eine mehr oder weniger ausgesprochene, bei Clepsiniden sehr auffällige, kegelförmige Emporwölbung der Cuticula. Von diesem Kegel ragen die von mir entdeckten Tastfortsätze der Sinneszellen während der Function des Organs in radiärer Richtung divergirend hervor. Wegen dieser kegelförmigen Emporwölbung der Cuticula und des Vorhandenseins von Fortsätzen habe ich dem Organ den allgemeinen Namen Tastkegelchen gegeben, trotzdem die Cuticula über dem Organ in Folge der Wirkung von Muskelfibrillen, die sich zwischen die Epithelzellen des Organs hinein schieben, abgeflacht

oder auch tellerförmig retrahirt werden kann<sup>1</sup>. Der tellerförmigen Einziehung der Cuticula verdanken die Tastkegelchen des Mundrandes, besonders der ventralen Fläche des stark ausstreckbaren Vorderendes der Gnathobdelliden den ihnen von LEYDIG gegebenen Namen »becherförmige Organe«.

Als Beispiele für die Schilderung der Beziehungen der Neurofibrillen zu den Sinneszellen werde ich die Tastkegelchen des in der Ruhe meist etwas ventrad umgebogenen Saugnapfrandes und überhaupt die Sinneszellen des Kopfes von *Hirudo* und *Aulastoma* wählen. Um die Verhältnisse klarer darstellen zu können, werde ich die Beschreibung eines Tastkegels vom Saugnapfrande bei *Hirudo*, beziehungsweise *Aulastoma* vorausschieken.

Die histologischen Elemente sammt Nebenbestandtheilen, welche in der Bildung eines Tastkegels eine Rolle spielen können, sind folgende, zum größten Theil in Fig. 5 Taf. 29 abgebildete.

1. Die Cuticula (*cu*). Sie ist im tellerförmig eingesenkten, ja sogar im flachen Zustande (wie in der Figur) über dem Tastkegelchen bedeutend dünner als sonst ( $0,5 \mu$  anstatt  $1-1,5 \mu$  bei *Hirudo*) in der unmittelbaren Umgebung, und sie ist nach innen, gegen die Subcuticularschicht (*sc*) weniger scharf abgegrenzt. Noch viel dünner wird sie im kegelförmig emporgewölbten Zustand. Sie ist von sehr kleinen Löchern durchbohrt für die nach außen frei hervorragenden Sinnesfortsätze der Tastzellen. Die Löcher sind in der Figur nicht angedeutet, weil sie im Präparat an der gezeichneten Stelle gerade unsichtbar sind. Bei der Behandlung, welche diesem Präparat zu Theil geworden ist, bleiben nämlich die Tastfortsätze meist nicht erhalten, und so werden auch die für sie dienenden Cuticularporen unsichtbar. Nach entsprechender Behandlung aber (s. pag. 652—653), welche die Tastfortsätze bei *Aulastoma*, wo sie resistenter als bei *Hirudo* sind, besonders gut erhält, sind natürlich auch die erwähnten Poren sehr deutlich. Sehr deutlich zu sehen sind außerdem ebenfalls besonders bei *Aulastoma* noch andere Poren der Cuticula über dem Tastkegelchen, und zwar die Mündungen der Ausführungsgänge von tief unter der Haut liegenden einzelligen Drüsen (pag. 649), namentlich wenn die Ausfüh-

<sup>1</sup> Den von WHITMAN später gegebenen, von HAECKEL herrührenden Namen »Sensilla« will ich, weil er zu allgemein und zu wenig bezeichnend ist, nicht annehmen, ganz abgesehen von meiner Priorität in der Benennung des Organs, dessen Verbreitung auf allen Ringen und dessen am meisten bezeichnende Eigenschaft, das Tragen von frei hervorragenden Sinnesfortsätzen, ich entdeckt habe.

rungsgänge bei der Fixirung nicht collabirt waren. An der gezeichneten Stelle sind auch diese nicht sichtbar.

2. Die Subcuticula (*sc*). Die Subcuticula überhaupt ist eine bei *Hirudo* (mittelgroß, mäßig gestreckt) 3—5  $\mu$  dicke, nach innen nicht überall gleich scharf abgegrenzte Schicht dicht unter der Cuticula, in welche die parallelfaserigen distalen Enden der Epidermiszellen übergehen, und in welcher die Insertion der zwischen die Epidermiszellen eindringenden Äste der Hautmuskelfasern unter Auffaserung in dünnere contractile Primitivfibrillen stattfindet. Auch die letzte, noch sichtbare Verästelung der freien, intercellulären leitenden Primitivfibrillen (s. Fig. 5, 6, 7, 8 und 13 Taf. 29) in der Epidermis geschieht in dieser Schicht. Sie zeichnet sich in Goldchlorid- und Hämateinpräparaten der interstitiellen Grundgallerte und auch der etwas stärker als diese gefärbten Cuticula gegenüber durch eine lebhaftere Tinction (kirschroth, beziehungsweise blauviolett) aus. Sie zeigt eine gelegentlich ganz regelmäßige radiäre Streifung (Fig. 7, 8 und 13 Taf. 29), welche sie nicht bloß der erwähnten distalen longitudinalen Auffaserung der Epithelzellen verdankt, da sie ihrer auch an zellenlosen Stellen der Haut nicht entbehrt. Die Streifung ist unmittelbar unter der Cuticula etwas dichter und mit feiner Körnelung untermengt, stellenweise sogar durch ein unregelmäßiges dichtes Filzwerk ersetzt. Nun ist diese Subcuticula in den Tastkegelchen kaum halb so dick, wie sonst, mehr körnig-filzig als radiär gestreift. Auch in der unmittelbaren Umgebung der Tastkegelchen ist die Streifung anstatt vertical auf die Cuticula, mehr schräg, von den Tastkegelchen abgeneigt. Diese Beschaffenheit der Subcuticula und der Umstand, dass die Fortsätze der subepidermalen Pigmentzellen (*pig* in Fig. 11 Taf. 29), welche sich besonders an den stärker pigmentirten Theilen der Körperoberfläche zahlreich zwischen die Epithelzellen schieben und sich dort weiter verästeln, die Tastkegelchen beinahe ganz vermeiden, verursacht eine größere Transparenz und ein blasses Aussehen derselben. — Bei *Aulastoma* ist die Subcuticula caeteris paribus überhaupt etwas dünner als bei *Hirudo*, nämlich höchstens 3  $\mu$  dick. Übrigens ist in Folge der Häutungen die Dicke und Beschaffenheit nicht nur der Cuticula, sondern auch der Subcuticula gewissen Veränderungen unterworfen, die wir in dessen jetzt nicht weiter zu berücksichtigen brauchen.

3. Endäste von Hautmuskeln (*mf*). Wie bekannt, verzweigen sich viele von den im subepidermalen Bindegewebe liegenden Muskelfasern, radial gegen die Epidermis gerichtet, bevor sie in die

selbe eindringen, fächerförmig. Wie zwischen die Epidermiszellen überhaupt, so dringen die Endäste zwischen diese auch im Tastkegelchen ein. Zu den größeren Tastkegelchen gehen sogar mehrere, besonders für sie bestimmte Muskelfasern, deren Primitivfibrillen bloß im Tastkegelchen aus einander strahlen. Sie bestehen dort meist bloß aus einer geschlängelt, nicht selten zick-zackförmig verlaufenden, einzelne Epithelzellen sehr oft schräg kreuzenden und sich gegen die Subcuticula noch verjüngenden contractilen Primitivfibrille, welche sich gelegentlich schon früher, in der Regel aber unmittelbar vor der Subcuticula oder sogar erst in dieser weiter verästelt. Oft schmiegen sich einzelne Myofibrillen auch den Sinneszellen eng an (Fig. 11 Taf. 29). Die Endäste der contractilen Primitivfibrillen in der Subcuticula divergiren, biegen sich tangential um und verjüngen sich dermaßen, dass man sie in der faserig-körnigen Subcuticularsubstanz bald aus den Augen verliert (*emf* in Fig. 11 Taf. 29). Sie tingiren sich in Goldchlorid ziemlich dunkel kirschroth; schwarz, wie die Neurofibrillen, werden sie aber nie. Außerdem haben die Myofibrillen stets ein viel weiches Aussehen als die Neurofibrillen und auch sonst unterscheiden sie sich in einer zwar schwer zu beschreibenden, aber nach gehöriger Übung im Beurtheilen von solchen Präparaten ganz unverkennbarer Weise von einander<sup>1</sup>. Myofibrillen begleiten auch die intraepidermalen Capillaren; sie schmiegen sich von allen Seiten an diese an. — Aus frontalen Schnitten, wo die Tastkegelchen quer getroffen sind, ergiebt sich, dass die größeren meist von einer Anzahl circular angeordneter Myofibrillen umgeben sind und außerdem von mehreren Myofibrillen in verschiedener Richtung durchkreuzt werden: Anordnungen, welche im Verein mit den radiären, auf die Cuticula mehr oder weniger senkrechten Myofibrillen die Retractilität und Protrusibilität der Tastkegelchen erklären.

4. Bindegewebsfibrillen (*bf* in Fig. 11 Taf. 29). Bei Gnathobdelliden, vielleicht im höchsten Grade bei *Aulastoma*, wird die ganze interstitielle Grundmasse, welche an und für sich structurlos ist, von einer großen Menge von Bindegewebsfibrillen in jeder Richtung durchzogen. Viele von ihnen erweisen sich als sich gelegentlich noch verästelnde Fortsätze von spindel- oder sternförmigen Bindegewebszellen, deren es bei Hirudineen mehrere Arten giebt. Von anderen Fibrillen ist ein Zusammenhang mit Zellen im entwickelten

<sup>1</sup> Leider hat der Lithograph diesen Unterschied, den ich in meinen Zeichnungen zu verdeutlichen bestrebt war, nur sehr unvollkommen oder gar nicht wiedergegeben.

Thier nicht mehr nachweisbar. Solche Bindegewebsfibrillen erstrecken sich überall auch in das Hautepithel und verlaufen bald parallel mit den Epidermiszellen bis in die Subcuticula, bald kreuzen sie sie (*bf* in Fig. 11 Taf. 29) in verschiedener Richtung. In den Tastkegelchen sind sie spärlicher als sonst in der Epidermis. Von den Neurofibrillen und auch von den Myofibrillen sind sie in Goldchloridschnitten leicht zu unterscheiden, da sie noch weicher gezeichnet, viel weniger glatt sind als sogar die Myofibrillen, und ihre im Allgemeinen blasser rothe Farbe einen mehr bläulichen Ton zeigt. Bei etwas fehlerhafter Nachvergoldung haben sie eine besonders große Neigung, eine stahlblaue oder graue Farbe durch Tinction oder Imprägnirung, Einlagerung von feinsten Körnchen, anzunehmen.

5. Blutcapillaren. Solche trifft man in der Epidermis der Gnathobdelliden überall in großer Anzahl. Aus einem subepidermalen Gefäßplexus mit weiteren Maschen von größeren Gefäßen entspringen die Capillaren, welche das sehr entwickelte epidermale Capillarnetz zwischen den proximalen Enden der Epithelzellen bilden. Dieses Netz sendet in radialer Richtung zahlreiche Capillaren weiter in die Epidermis, welche indessen selten bis zur Subcuticula gelangen; meist biegen sie sich schon früher um und gelangen nach Beschreibung eines bald weiten, bald engen Bogens zurück in das epidermale Netz. Solche intraepidermale Capillarschlingen, welche, wie gesagt, sonst sehr häufig in der Epidermis vorkommen, sind in den Tastkegelchen im Gegentheil ziemlich selten zu sehen. Dagegen bilden, bei *Aulastoma* besonders ausgesprochen, einige Capillarschlingen um das Tastkegelchen eine Art Gefäßring, welchen man natürlich nur auf Schnitten, die quer auf die Kegelachse gehen, gut als solchen erkennen kann. Wie erwähnt, sind die intraepidermalen Capillaren von je mehreren, sich ihnen von verschiedenen Seiten anschmiegenden Myofibrillen begleitet.

6. Lymphcapillaren (*lc*). Während die intraepidermalen Blutcapillaren je nachdem einen Durchmesser von 5—10  $\mu^1$  und eine scharf gezeichnete eigene Wand besitzen, haben die intraepidermalen Lymphcapillaren einen überall ziemlich gleichen Durchmesser von selten mehr als 1  $\mu$  und trotz scharfer und glatter Contouren eine äußerst dünne, wahrscheinlich gar nicht eigene Wand, welche

<sup>1</sup> Wo nicht Anderes angegeben, beziehen sich die Angaben über Maß und Beschaffenheit stets auf mittelgroße, mäßig gestreckte Exemplare von *Hirudo*, in Sublimat oder Sublimatalcohol fixirt, in Paraffin oder in Celloidin eingebettet und mit Goldchlorid tingirt.

bloß durch eine etwas erhärtete Grenzschicht der interstitialen Grundgallerte gebildet wird. Sie kommen aus der Subepidermal-schicht, verlaufen parallel mit ihnen, oder sie kreuzend, zwischen den Epithelzellen, ja vielfach auch in der Epithelzelle, begeben sich in die Subcuticula und verlaufen in dieser in sehr verschiedenen Richtungen, wobei sie ein subcuticulares Lymphcapillarnetz bilden. Diese Lymphcapillaren durchziehen die Tastkegelchen in vielleicht noch größerer Anzahl als sonst die Epidermis.

7. Ausführungsgänge von einzelligen Drüsen. Während bei Hirudineen überhaupt auf die ganze Körperoberfläche einzellige Drüsen mit kurzen, vom Drüsenkörper oft gar nicht abgesonderten Ausführungsgängen münden, Drüsenzellen, welche mehr oder weniger tief, oft dicht unter der Epidermis oder sogar z. Th. zwischen den Epithelzellen, in dem subepidermalen Bindegewebe liegen, münden in gewissen Körperregionen Hautdrüsen anderer Art, nämlich Drüsenzellen, die viel tiefer liegen, einen meist rundlichen Drüsenkörper und einen langen, vom Drüsenkörper deutlich abgesonderten Ausführungsgang besitzen. Es giebt von ihnen verschiedene Arten: Drüsen anderer Art münden am Clitellum als an den Kieferrändern, andere in die Mundhöhle, d. h. in die Concavität des Saugnapfes und vielleicht andere auf der convexen Fläche desselben, bis zum Mundrand. Die letzteren sind es, welche WHITMAN Prostomialdrüsen nennt. Lange, ziemlich gewundene Ausführungsgänge von Prostomialdrüsen, die von den übrigen etwas verschieden sind, münden auch auf dem Tastkegelchen. Sie sind bedeutend dünner als die der übrigen Prostomialdrüsen; sie verjüngen sich distalwärts allmählich und sind bei *Aulastoma* gegen Mitte der Höhe der gewöhnlichen Epithelzellen des Tastkegelchens kaum noch  $2 \mu$  dick, wogegen die Ausführungsgänge der anderen Prostomialdrüsen in derselben Höhe  $4-5 \mu$  dick sind. Auf ihrem Wege durch die Subcuticula verjüngen sie sich rascher als bis dahin und münden mit einer kaum  $1 \mu$  weiten Öffnung. Meist sammeln sie sich in der Achse des Tastkegelchens zu einem Bündel und drängen die in mehrere Gruppen getheilten Epithelzellen um sich herum fort. Da Fig. 5 Taf. 29 die sechs äußersten Sinneszellen eines mittelgroßen Tastkegelchens in einem  $10 \mu$  dicken Schnitt darstellt, so können darin Ausführungsgänge auch nicht gezeichnet sein.

8. Gewöhnliche oder Deckepithelzellen (*ex*). Die Epithelzellen des Tastkegelchens bilden in der Haut eine deutlich abgesonderte Gruppe von der Form eines mit der Spitze distalwärts

gerichteten und an der Cuticula abgestutzten Kegels, indem ihre Achsen convergiren, und ihre stark verjüngten distalen Enden auf einen geringen Raum zusammengedrängt sind. Mitten im Tastkegelchen sind nur wenige Deckepithelzellen; sie beschränken sich meist auf die Mantelregion des Kegels und sind gegen die Kegelachse zu oft etwas abgeplattet. Viel mehr abgeplattet sind indessen oft die Deckepithelzellen in der Umgebung eines großen Tastkegelchens; und zwar, wie man sich an quer zur Kegelachse gemachten Schnitten am besten überzeugen kann, in mehreren Reihen, obwohl sie sich keineswegs dicht an die Elemente des Tastkegelchens legen, sondern von diesem durch den Gefäßring, beziehungsweise durch einen freien Raum getrennt sind und mit der Kegelachse einen noch größeren Winkel bilden als die peripherischen Zellen des Kegels selbst. Die Deckepithelzellen in und an den Tastkegelchen sind 20—30  $\mu$  lang, wogegen sie sonst an der Convexfläche des Saugnapfes meist etwas niedriger sind. Ihre Dicke und ihre Form sind aus den Fig. 5, 7, 11 und 13 Taf. 29 ersichtlich. Der Kern liegt meist im proximalen Drittel der Zelle, seltener in der Mitte, oft ganz im proximalen Ende. Er ist stets ellipsoidisch mit einem immer sehr deutlichen, ziemlich großen Nucleolus, wie der der Ganglienzellen, selten mehreren Nucleolen. Vom Zellkörper ist zu erwähnen, dass er in einer Entfernung von 4—5  $\mu$  von der Cuticula in parallele Längsfibrillen zerfällt, welche dunkler tingirt sind als das eigentliche Somatoplasma und in die Substanz der Subcuticula übergehen. Von der Stelle an, wo der Zelleib in diese Fibrillen zerfällt, verliert die Zelle ihre bis dorthin sehr deutliche, scharfe Contourlinie. Diese tingirt sich in Goldchlorid oft auffallend dunkel, hindert aber das Verfolgen der Neurofibrillen im Epithel doch nicht, da nur ein sehr ungeübtes Auge sie mit einander verwechseln könnte. Sie entspricht keiner eigentlichen Zellmembran, sondern ist die Durchschnittslinie der dem Zellkörper stets dicht anliegenden, etwas condensirten Grenzschicht der interstitialen Grundgallerte. An der inneren Grenzfläche der Subcuticula geht sie quer in die entsprechende Contourlinie der benachbarten, wenn auch oft in gewisser Entfernung liegenden Epithelzelle über. Dieser Übergang ist an den in Fig. 7 und 5 Taf. 29 gezeichneten Stellen des Präparates sehr deutlich zu sehen. Die eigentliche Zellmembran der Epithelzelle ist sehr dünn, kaum nachweisbar, wie man sich nach geeigneten Macerationen, welche die collagene Interstitialsubstanz lösen und damit die starken Grenzlinien der Epithelzellen verschwinden lassen, überzeugen kann.

9. Stützepithelzellen (*sz*). Im Inneren der Epithelzellen-gruppe der Tastkegeln finden wir außer den Sinneszellen vorwiegend modificirte Deckepithelzellen, welche ich als Stützzellen auffasse. Vielleicht sind sie übrigens angehende Sinneszellen gewesen, welche aber ihren embryonalen protoplasmatischen Zusammenhang mit der betreffenden Nervenzelle verloren haben, wesshalb auch das Hineinwachsen des sich allmählich in der Nervenzelle differenzirenden leitenden Elementes in sie unterblieben ist. Von den Sinneszellen unterscheiden sie sich nämlich im Wesentlichsten dadurch, dass keine leitende Primitivfibrille in sie eintritt, und in ihrem Zellkörper keine Spur eines für die Sinneszellen so charakteristischen Neurofibrillengitters existirt. In gewisse Epithelzellen hingegen, welche sich in Form, Größe, sonstiger Beschaffenheit und Lage von den Deckepithelzellen nicht unterscheiden, können leitende Primitivfibrillen eindringen und sie mit einem Neurofibrillengitter versehen, worauf wir weiter unten noch zurückkommen werden. — Die Stützzellen sind meist bedeutend länger als die Deckepithelzellen (50—60  $\mu$ ), besonders aber viel dünner. Sogar in ihrem proximalen Drittel, wo sich meist ihr Kern befindet, sind sie nie dicker, oft aber dünner. Während die nicht geschrumpften Deckepithelzellen ihre größte Dicke, die sie in der Höhe des Kernes erreichen, meist bis zur Subcuticula behalten, verjüngen sich die Stützzellen distal vom Kern sehr bald dermaßen, dass sie in ihren distalen zwei Dritteln beinahe fadenförmig genannt werden können. Dicht vor der Subcuticula messen sie meist nicht mehr als ein Mikron. Schon vorher fangen sie an, auffallender gekörnt und dunkler zu werden; etwas dunkler als die Deckepithelzellen tingiren sie sich überhaupt. Dagegen sind ihre Contourlinien viel blasser als die der Deckepithelzellen, in der Nähe der Subcuticula oft schon undeutlich, und das distale Ende der Zelle verliert sich ganz in der Subcuticula. Ihr Kern ist ihrer Gestalt entsprechend meist länglicher als der der Deckepithelzellen, die Kernmembran dünner, Nucleolus und ganzer Kern weniger deutlich.

10. Sinneszellen (*siz*). Sie sind im Verhältnis zu ihrer Länge, da sie in den größeren Tastkegeln, namentlich am Mundrand, nahezu 200  $\mu$  lang werden können, und auch vereinzelt in der Haut oder in kleineren Gruppen 50—100  $\mu$  messen, sehr dünn, man könnte sie fadenförmig nennen. Dieser Faden ist an seinem proximalen Ende zu einer kurzen, sich proximal rascher, distal etwas langsamer verjüngenden Spindel angeschwollen. In der spindelförmigen Anschwellung liegt der Kern und das den Kern umgebende Neurofibrillengitter.

Der Kern ist etwas länglicher, aber sonst wie in den Deckepithelzellen. Die Sinneszellen sind in den Präparaten seltener gerade gestreckt, meist sind sie gekrümmt, ihr dünner Theil ist sogar oft geschlängelt (wie Zelle 2 in Fig. 6 Taf. 29); am geradesten sind noch diejenigen, die eine mehr peripherische Lage in einer Gruppe besitzen, wie die Zellen in Fig. 5 Taf. 29. Stärkere Contouren zeigt bloß ihr dicker Theil, der dünne ist oft nur schwach contourirt; aber im Gegensatz zu den Stützzellen wird die Contourlinie in der Nähe der Subcuticula schärfer; sie verliert sich auch in der Subcuticula nicht, sondern die Sinneszelle erreicht in deutlicher Begrenzung die Cuticula. Dass im Präparat das distale Ende einer Sinneszelle gelegentlich undeutlich wird oder nicht mehr zu verfolgen ist, kommt daher, dass der Schnitt diesen Theil der Zelle schräg getroffen hat, was leider um so häufiger vorkommt, da sie gerade am distalen Ende oft eine stärkere Krümmung aufweist, wie Zelle 1 in Fig. 6 Taf. 29, wo aber die Krümmung in der Schnittebene liegt. Jede Sinneszelle hat einen Fortsatz, welcher, wie erwähnt, die Cuticula durchbohrt und im Leben, während der Function der Zelle an der Körperoberfläche, am Cuticulahügel radiär von den anderen divergirend, frei hervorragt. Diese Tastfortsätze sind an kleinen, durchsichtigen Repräsentanten der Classe, namentlich an Clepsiniden (am besten *Clepsine heteroclita* und *bioculata*, die man ohne Schaden für ihr Weiterleben stundenlang so platt gedrückt unter dem Deckglas halten kann, dass man im Stande ist, die an den Seiten des Körpers hervorragenden Tastkegelchen mit den stärksten Immersionsystemen zu beobachten) im lebenden Zustande besonders deutlich sichtbar. Meist sind sie etwa  $12 \mu$  lang. Sie endigen in einer sehr feinen Spitze und scheinen hohl zu sein, mit einem etwas stärker brechenden, außerordentlich feinen Faden, welcher mit der Achse des Fortsatzes bis zu dessen Ende geht. Auch scheinen sie mit Ausnahme des Basaltheiles handschuhfingerartig zurückziehbar und vorstülpbar zu sein, wobei aber die Außenfläche des Endes auch beim Einziehen nach außen gekehrt bleibt. Der  $4-5 \mu$  lange Basaltheil scheint eine härtere Wand zu besitzen, er ist viel resistenter und bleibt im Präparat oft erhalten, wenn der übrige Fortsatz zu Grunde gegangen ist und höchstens zu einem kleinen Tröpfchen zusammengesmolzen am Ende des Basaltheiles hängen bleibt. Bei *Hirudo* und *Aulastoma* muss man sich, ausgenommen man untersucht eben aus dem Cocon ausgeschlüpfte oder noch jüngere Thiere, im Studium der Tastfortsätze auf fixirtes Material und Schnitte be-

schränken. Das Fixiren der Tastfortsätze ist aber gar nicht leicht; bei *Aulastoma* gelingt es noch eher, als bei *Hirudo*. Ganz so, wie sie im Leben aussehen müssen, habe ich sie in meinen Präparaten nie erhalten. Reine Sublimatlösung ist für sie besser, als Sublimatalkohol, welcher wieder für die Sinneszelle selbst besser ist. Bei zu langer Einwirkung gehen sie im Sublimat selbst, bei zu kurzer während der weiteren Behandlung schon im Alkohol zu Grunde. Indessen besitze ich zahlreiche Schnitte von *Aulastoma*, in welchen die Tastfortsätze bis zu  $8 \mu$  lang erhalten sind, wovon auf den bei *Aulastoma* und *Hirudo* besonders kurzen und im Präparat noch dazu sammt der ganzen Sinneszelle retrahirten Basaltheil kaum  $2 \mu$  kommen. Das Ende der erhaltenen Tastfortsätze ist in verschiedener Weise unregelmäßig gekrümmt. — Die Sinneszellen stehen auch in den größeren Tastkegelchen zum Theil vereinzelt da, zum Theil sind sie zu mehreren, kleineren und größeren Gruppen vereinigt. In solchen Gruppen sind die spindelförmig verdickten Proximaltheile der Sinneszellen eng beisammen in einer gemeinschaftlichen Lücke der interstitialen Grundsubstanz. Im Leben füllen sie sie wahrscheinlich ganz aus, denn je mehr eine Schrumpfung der Zellen im Präparat überhaupt vermieden werden konnte, um so geringer ist der um die Zellgruppe sichtbare freie Raum.

11. Kleine Ganglienzellen. Solche liegen zwar meist nur an dem das Tastkegelchen versehenden Nerven und an dessen Ästen, bevor sie die Sinneszellengruppen des Tastkegelchens erreichen, gelegentlich liegen aber einzelne auch zwischen den proximalen Enden der Sinneszellen, man sieht sogar hier und da eine Ganglienzelle, deren Zellkörper mit einer längeren oder kürzeren Zellbrücke in das proximale Ende einer Sinneszelle übergeht (s. Fig. 6 Taf. 29 die auf pag. 642 beschriebene Anastomose). Beide Arten von Ganglienzellen sind sehr klein; erstere sind meist kugelig und in jeder Beziehung so, wie die Ganglienzellen, von welchen bei Besprechung der freien Endverzweigung der leitenden Primitivfibrillen in der Haut gleich die Rede sein wird. Die anderen sind sehr spindelförmig, und ich weiß gar nicht, ob sie als eigentliche Ganglienzellen aufzufassen sind.

12. Freie Neurofibrillen. Sie kommen entweder von den erwähnten kleinen Ganglienzellen oder direct vom Nerv, oder endlich sind sie aus einer Sinneszelle herausgetreten. Wir wollen sie ebenso wie die Neurofibrillen in den Sinneszellen etwas eingehender behandeln.

Die leitenden Primitivfibrillen, welche in die Tastkegelchen oder

in die allein stehenden Sinneszellen eintreten, bilden im Nerv jene Art von Nervenfasern, die wir sensorische Bündel genannt und weiter oben eingehend besprochen haben.

Ein kleiner Nerv, welcher an eine kleine Gruppe von Sinneszellen herantritt, besteht aus einem einzigen sensorischen Bündel mit so vielen leitenden Primitivfibrillen, wie Sinneszellen in der Gruppe sind; oder enthält er mehrere, so zweigen einzelne Primitivfibrillen ab und treten entweder in kleine subepidermale Ganglienzellen, in allein stehende Sinneszellen oder endlich direct in die Epidermis, um sich dort frei zu verästeln, ohne in irgend eine Zelle einzudringen. In allen Fällen erhält jede epidermale Sinneszelle eine einzige leitende Primitivfibrille, welche, wenn sie sich schon vorher von den übrigen des betreffenden sensorischen Bündels getrennt hat, gelegentlich eine längere Strecke in geschlängeltem Verlauf bloß von einem dünnen Mantel von perifibrillärer Substanz umgeben zurücklegt, bevor sie die Sinneszelle erreicht. Nicht selten scheint sie in einem engen Canal zu liegen, welcher die Fortsetzung des Hohlraumes in der interstitialen Grundgallerte ist, wo sich die Zelle, zu welcher sie sich begiebt, befindet. Aber eine besondere eigene Scheide außerhalb der Perifibrillärsubstanz besitzt sie nicht.

Diese Primitivfibrillen sind so dick wie diejenigen, welche wir in den sensorischen Bündeln kennen gelernt haben, d. h. sie sind zwar verschieden stark, aber nie auch nur entfernt so stark, wie die motorischen Primitivfibrillen. Trotzdem ist in meinen Goldchloridserien eine jede Primitivfibrille der kleineren Nerven schon von Weitem bis zu ihrem Bestimmungsorte für sich und außerordentlich deutlich, ja sogar bei einer gewissen Übung in der Behandlung der Mikrometerschraube leicht zu verfolgen. Sie sind ja so scharf gezeichnet, ganz schwarz und contrastiren mit dem umgebenden, bei Hirudineen glücklicherweise nicht allzu elementreichen Gewebe in hohem Grade.

Die sensorische Primitivfibrille — denn man wird doch die Behauptung, dass diese Primitivfibrillen sensorisch sind, nicht zu kühn finden — tritt in die epidermale Sinneszelle meist an deren proximalem Ende ein. Die Eintrittsstelle kann aber auch seitlich an der spindelförmigen Verdickung der Zelle liegen. Nachdem die Primitivfibrille in die Zelle eingetreten und meist ganz nahe zum Kern gekommen ist, spaltet sie sich in zwei, drei, seltener mehr Schenkel; diese gehen um den Kern herum und sind mit einander entweder durch End- oder durch Seitenäste verbunden. Am anderen Pole des

Kernes, meist dicht hinter ihm, vereinigen sie sich wieder zu einer einheitlichen Primitivfibrille. In dieser Weise wird der Kern in ein zierliches Neurofibrillengitter eng eingeschlossen indessen ohne dass die Drähte des Gitters mit den Bestandtheilen des Kerns in irgend eine anatomische Verbindung treten würden.

Diese Art und Weise des Eintrittes einer sensorischen Primitivfibrille in die Zelle, dieses Neurofibrillengitter im Zellkörper dicht um den Kreis herum ist, eine gelungene Tinction vorausgesetzt, bei jeder epidermalen Sinneszelle mit einer solchen Schärfe zu sehen, dass dieses Verhältnis wenigstens für Hirudineen ganz und gar charakteristisch genannt werden muss. Ich kann in meinen Präparaten Hunderte von Sinneszellen zeigen, bei denen das Mitgetheilte Jedermann, sogar ein Laie, auf den ersten Blick deutlich finden wird. Meine Präparate sind so klar, dass ihnen gegenüber weder der Einwand, dass man es in ihnen mit Kunstproducten zu thun hätte, noch der, dass man die betreffenden mikroskopischen Bilder auch anderswie deuten könnte, erhoben werden kann. In meinen Figuren ist die Schärfe der Zeichnung nicht nur nicht übertrieben, sondern sie erreicht nicht einmal die des mikroskopischen Bildes, um so weniger, da die Deutlichkeit des mikroskopischen Bildes auch durch die starke färberische Differenzirung wesentlich erhöht wird: die schwarzen leitenden Primitivfibrillen und Neurofibrillengitter stechen vom hellen Rosa der Zellsubstanz und von den nicht besonders intensiv kirschrothen Kernbestandtheilen vorzüglich ab. Das musste ich, bevor ich weitergehe, nochmals betonen, denn dasselbe gilt auch von den übrigen noch zu schildernden Verhältnissen.

So würden Manche gewiss gern die Stimme gegen das erheben, was ich vom weiteren Verhalten der hinter dem Kern der Sinneszelle wieder einheitlich gewordenen Primitivfibrille mitzutheilen habe. Ich muss sie aber im Voraus darauf aufmerksam machen, dass es sich hier nicht um willkürliche Deutungen von undeutlichen mikroskopischen Bildern, wie in den bisherigen Angaben über diesen Gegenstand, sondern um Thatsachen handelt, von denen ich schon viele Fachgenossen überzeugt habe und die ich Jedem zu jeder Zeit unter dem Mikroskop vorlegen kann.

Nach der Bildung des intracellulären, perinucleären Neurofibrillengitters geht die leitende Primitivfibrille der epidermalen Sinneszelle in der Achse derselben eine Strecke lang ungespalten in distaler Richtung weiter. In einer Entfernung von meist etwa 20  $\mu$  von der

Cuticula, manchmal schon früher, manchmal noch etwas näher zur Cuticula, spaltet sie sich in zwei dünnere Fibrillen. Die eine von diesen geht in der Richtung der noch ungespaltenen Fibrille in der Sinneszelle weiter, die andere tritt in schräger Richtung aus der Sinneszelle heraus und biegt sich zwischen den benachbarten Zellen, eine oder mehrere von diesen oft kreuzend, in die Nähe der Subcuticula. Gelegentlich kommt es vor, dass sich die Primitivfibrille der Sinneszelle nicht nur in zwei, sondern hinter einander in mehrere, drei oder vier in verschiedenen Ebenen verlaufende Schenkel spaltet. In der Zelle bleibt stets nur einer von ihnen. Der aus der Sinneszelle herausgetretene Fibrillenast theilt sich in der Nähe der Subcuticula abermals in mehrere Äste, und zwar entweder hinter einander oder von einem Punkte aus; in beiden Fällen verlaufen seine Zweige ebenfalls in verschiedenen Ebenen, im ersteren Fall schlägt er, bevor er sich zu verzweigen anfängt, meist eine der Grenzfläche der Subcuticula parallele Richtung ein. Auch der in der Sinneszelle weiter ziehende Fibrillenast theilt sich entweder in derselben Höhe, wie der aus der Zelle herausgetretene, also schon vor der Subcuticula, oder erst bei seiner Ankunft in diese in mehrere Zweige, von welchen wieder nur einer, eine bereits sehr dünn gewordene Primitivfibrille, in der Zelle bleibt und dort einen axialen Verlauf behält. Die austretenden Zweige können sich noch einmal in je zwei Ästchen spalten, ehe sie sich der Beobachtung entziehen. Ein Theil der letzten außerhalb der Sinneszelle noch sichtbaren, aber sicher von der in die Sinneszelle eingetretenen Primitivfibrille abstammenden Zweige ist in die Subcuticula zu verfolgen, wo sie in eine der Cuticula parallele Richtung umbiegen; der andere Theil verliert sich zwischen den Epithelzellen des Tastkegels. In sämtlichen Fällen entziehen sie sich der weiteren Beobachtung dadurch, dass sie eine ungünstige Richtung einschlagen oder in eine ungünstige Lage kommen; sie sind ja bereits so dünn, dass man sie nur unter sehr günstigen Verhältnissen verfolgen kann, dann aber, wie in den abgebildeten Fällen, wegen ihrer intensiv schwarzen Färbung mit der größten Deutlichkeit. Sie entsprechen, ebenso wie die in der Sinneszelle zuletzt zurückgebliebene Neurofibrille, vielleicht schon den leitenden Elementarfibrillen, womit sie die für eine Neurofibrille mögliche größte Dünne erreicht hätten, indem sie nach meiner Hypothese aus einer einzigen Längsreihe von zusammenhängenden Neurotagmen bestünden. Eine genaue Angabe über ihre eigentlich kaum mehr messbar zu nennende Dicke kann ich natürlich nicht

liefern; ich glaube aber, indem ich in der weiter oben erwähnten Weise schätze, dass sie nicht dicker, als etwa ein Zwanzigstel Mikron sein dürften, also vielleicht noch dünner, als die Drähte des diffusen Elementargitters in der centralen Fasermasse der Ganglien von *Hirudo*.

Leider nicht unter so günstigen Verhältnissen, dass ich es hätte zeichnen können, glaube ich einige Mal gesehen zu haben, wie von verschiedenen Sinneszellen ausgetretene feinste Neurofibrillen in einander übergangen. Es scheint also ein intercelluläres leitendes Gitter im Epithel zu existiren. Ein ebensolches mit engeren Maschen glaube ich auch in der Subcuticula annehmen zu können, gewissermassen ein peripherisches diffuses Elementargitter. Darauf werde ich aber im Paragraphen über das Verhalten derjenigen leitenden Primitivfibrillen im Epithel, die in keine Sinneszelle eingetreten sind, noch zurückkommen.

Die in der Sinneszelle zuletzt noch zurückgebliebene dünnste leitende Primitivfibrille kann ich, wo das distale Ende der Zelle nicht in eine andere Ebene als die des Schnittes gekrümmt oder durchgeschnitten ist, deutlich bis zur Cuticula und, wo die Sinnesfortsätze erhalten sind, in diese hinein verfolgen. Sie dürften dem oben erwähnten feinsten axialen Faden im Sinnesfortsatz entsprechen. Wir sehen also, dass in den geschilderten Fällen bloß ein kleiner Theil der zu einer stärkeren Primitivfibrille vereinigt eingetretenen und das perinucleäre Neurofibrillengitter bildenden leitenden Elementarfibrillen in der Sinneszelle bleibt; der weitaus größte Theil tritt aus der Sinneszelle heraus und erscheint in Form von sich verzweigenden Neurofibrillen zwischen den Epithelzellen, wo er wahrscheinlich an der Bildung eines intraepithelialen Neurofibrillengitters Theil nimmt.

Indessen ist an manchen Sinneszellen das Heraustreten eines Theiles der zu der sie versorgenden Primitivfibrille vereinigten Elementarfibrillen nicht zu sehen. Die Primitivfibrille ist entweder in gleicher Dicke, oder, was weit häufiger ist, sich allmählich verjüngend, ohne Verästelung bis an die Cuticula, beziehungsweise bis in den Tastfortsatz hinein zu verfolgen. Ein anderes Mal fängt die Verästelung erst hart an der Subcuticula an oder findet nur in der Subcuticula statt. Man muss aber in Betracht ziehen, dass die Verästelung der leitenden Primitivfibrille in der Sinneszelle dem Beobachter leicht entgehen mag, sobald der austretende Ast senkrecht oder unter großem Winkel auf das Gesichts-

feld abgegeben wird, oder wenn er überhaupt in einer und derselben auf das Gesichtsfeld senkrechten Ebene mit dem weiterziehenden Ast liegt. In diesem Falle ist er am ehesten noch dann wahrnehmbar, wenn er senkrecht auf die Achse der Sinneszelle abgeht, denn so macht er wenigstens den Eindruck einer punktförmigen Verdickung an der weiter ziehenden Primitivfibrille, und beim Heben oder Senken der Mikroskopröhre kann man sich leicht davon überzeugen, dass der Punkt der optische Querschnitt einer Fibrille ist. Man kann es bei diesen leitenden Primitivfibrillen, wie oben schon bemerkt wurde, als eine allgemeine Thatsache aufstellen, dass die an ihnen hier und da bemerkbaren punktförmigen Verdickungen entweder in der erwähnten Weise abgehende Äste oder so liegende hohe und kurze Wellen ihres Verlaufes bedeuten. Die durch letzteres verursachten Punkte sind beim Heben und Senken des Tubus natürlich stets nur kurz, die anderen aber so weit zu sehen, wie es die Schnittdicke erlaubt oder bis sich der Punkt bei einer Krümmung der Fibrille in eine Linie verwandelt. Wo andererseits Fibrillen mit einer kleinen punktförmigen Verdickung zu endigen scheinen, kann man sicher sein, dass es sich bloß um eine Umbiegung der Fibrille handelt, und der Punkt der Querschnitt des weiteren Verlaufes ist.

Dieses vorausgeschickt, kann ich dem Leser die Figuren 5, 6, 8 und 11 Taf. 29 vorführen, welche die oben geschilderten Verhältnisse veranschaulichen sollen. Alle beziehen sich auf Sinneszellen am vorderen Körperende von *Hirudo* in einer mit Goldchlorid tingirten Schnittreihe. In allen ist bloß das Leitende vollkommen ausgeführt, das Übrige, obwohl ebenfalls ganz genau mit dem Zeichenapparat entworfen, dient in erster Linie zur Bestimmung der Lagebeziehungen des Leitenden.

Fig. 5 stellt, wie schon erwähnt, 6 peripherische Sinneszellen *siz* (1—6) eines größeren Tastkegels ohne Erhaltung der Tastfortsätze dar. In No. 1 sieht man die Theilung der axialen Primitivfibrille *pf* bei *d* sehr deutlich; der heraustretende linke Schenkel ist in die Subcuticula, der rechte in der Zelle bis zur Cuticula zu verfolgen. In No. 4 ist an der axialen Primitivfibrille unweit von der Subcuticula eine kleine scheinbare Verdickung in Form eines Punktes zu sehen. Hier theilt sich die Primitivfibrille in drei Äste: einer nach links und einer vertical auf die Zeichenebene, punktförmig erscheinend, treten aus der Zelle heraus, der dritte bleibt darin, bis zur Cuticula sichtbar. In 2, 5 und 6 ist eine Verästelung der axialen Primitivfibrille nicht sichtbar, wohl aber in 6 eine bedeutende

Verjüngung. In 1 zeigt das perinucleäre Neurofibrillengitter größere Maschen als besonders in 5 und 6. Vielleicht sind übrigens einige Drähte darin bloß ungefärbt geblieben.

In Fig. 6 sind drei Sinneszellen dargestellt, von 1 bloß der distale Theil mit gekrümmtem Ende und, ebenso wie in 2, wo eine starke Verjüngung derselben eintritt, bis zur Cuticula verfolgbarer axialer Primitivfibrille ohne Verästelung. Dicht am spindelförmig verdickten distalen Ende von 2 sind solche Enden von zwei anderen Sinneszellen gelegen. Von 3 ist der verdickte Theil *b* mit einer anderen Zelle *a*, wie oben schon beschrieben, leitend verbunden. Die in der selbst ziemlich geraden Sinneszelle sehr gewunden verlaufende axiale Primitivfibrille zeigt erst bei *c*, dann bei *e* eine sehr deutliche Verästelung. Der durch die erste Theilung entstandene linke, extracelluläre Schenkel theilt sich bei *d* in drei Äste, von welchen der eine, vertical auf das Gesichtsfeld, punktförmig erscheint. Von der Verästelung bei *e* ist der rechte Schenkel extracellulär; er theilt sich bei *g* in zwei Äste. Der linke, intracelluläre Schenkel nach der Verästelung bei *e* theilt sich wahrscheinlich auch bei *h*, nur ist der in der Zelle bleibende Schenkel in Folge einer Krümmung derselben nicht sichtbar. Der mit einem kleinen Bogen bei *h* austretende Fibrillenast theilt sich endlich bei *f* in zwei Endäste.

In Fig. 8 ist bloß das distale Ende einer sehr langen Sinneszelle abgebildet. Die axiale Primitivfibrille giebt bei *a* und *c* senkrecht auf die Zeichenebene, bei *b* ziemlich parallel mit ihr einen Ast ab. Der bei *b* aus der Zelle tretende Ast entfernt sich verhältnismäßig weit von dieser, schlägt zuletzt eine mit der Subcuticula annähernd parallele Richtung ein, giebt bei *d* und *e* aus der Zeichenebene heraustretende Zweige ab und wendet sich bei *e* radiär in die Subcuticula hinein.

In Fig. 11 ist bloß eine über 100  $\mu$  lange Sinneszelle mit nach oben gekrümmtem distalem Ende, welches durchgeschnitten ist, abgebildet. Daher rührt auch die scheinbare Endigung der axialen Primitivfibrille mit einem Punkte. Die in die Zelle eintretende Primitivfibrille theilt sich schon ziemlich weit vor dem Kerne in zwei Schenkel. Zwei Myofibrillen *mf* legen sich hart an die Sinneszelle und eine dritte durchsetzt ihr distales Ende und verursacht wahrscheinlich die Krümmung desselben.

#### bb. Die Retinazellen oder subepidermalen Sinneszellen.

Bekanntlich giebt es bei den Hirudineen außer den epithelialen Sinneszellen noch eine andere Art, welche ihren Zusammenhang mit

dem Epithel verloren hat. Sinneszellen von dieser Art befinden sich mehr oder weniger tief im subepidermalen Bindegewebe. In den augentragenden Ringen ist ein Theil von ihnen, von einer gemeinsamen Pigmenthülle umschlossen, zu je zwei größeren Gruppen, den Augen, vereinigt; ein anderer Theil liegt zerstreut, einzeln im Bindegewebe und ein dritter in kleineren Gruppen, aber ohne Pigmentumhüllung. Besonders die letzteren stehen oft in einem gewissen anatomischen — wir werden sehen, ob auch leitenden — Zusammenhang mit den Tastkegeln. In den nicht Augen tragenden ersten Ringen kommen sie ebenfalls vereinzelt und in kleinen Gruppen, in den übrigen Ringen des Somits nur noch vereinzelt und in weit geringerer Zahl vor.

Früher hat man sie einfach »große helle Zellen« genannt; man könnte sie, da sie in erster Linie für die Augen charakteristisch sind, Augenzellen nennen; ich habe ihnen wegen ihrer von mir entdeckten Beziehungen zu den leitenden Primitivfibrillen der Augennerven den Namen Retinazellen gegeben. Sehzellen will ich sie nicht nennen, weil die außerhalb der Augen vorkommenden dieselbe Beziehung zu sensorischen Primitivfibrillen aufweisen und doch kaum zum Sehen dienen können. Ganz passend für letztere ist ja der Name Retinazelle auch nicht, weil sie außerhalb der Augen keine Retina bilden; sie sind aber ganz so beschaffen, wie diese, und der Name soll bloß ihre gleiche Beschaffenheit ausdrücken. Übrigens können wir sie auch subepitheliale, auf die Haut bezogen subepidermale Sinneszellen nennen, und diese Bezeichnung passt im Grunde auch auf die Retinazellen. Ich möchte nur nicht durch zwei verschiedene Namen das Missverständnis ermöglichen, als ob sie zwei verschiedene Arten von Sinneszellen wären.

Diese Sinneszellen sollen mit besonderer Rücksicht auf ihre Beziehungen zu Neurofibrillen im Folgenden genauer beschrieben werden. Wir können uns dabei nicht auf *Hirudo* und *Aulastoma*, also auf Gnathobdelliden beschränken, sondern wir müssen auch die Rhynchobdelliden in Betracht ziehen. Erstens ist derselbe Plan der Versorgung der subepidermalen Sinneszellen mit Neurofibrillen in den beiden Gruppen verschieden ausgeführt, und zweitens ist der Bau dieser Zellen bei den Gnathobdelliden ohne Kenntnis derselben bei den Rhynchobdelliden nicht vollkommen zu verstehen und zu erklären. Zum Repräsentanten der letzteren Gruppe wählen wir *Pseudobranchellion Margóí*, eine auch in anderen Beziehungen sehr ursprüngliche Form, bei welcher die subepidermalen Sinneszellen,

wenn auch nicht besonders zahlreich, doch wenigstens groß, und die in sie eintretenden sensorischen Primitivfibrillen meist auffällig stark sind. Bei dieser Gelegenheit werde ich auch die Resultate meiner Hämateintinctionsmethode an solchen Gegenständen zeigen, indem ich meiner Schilderung so tingirte Zellen zu Grunde legen werde.

Die frei im Bindegewebe liegenden subepidermalen Sinneszellen sind bei *Pseudobranchellion* außer in der Kopfreion sehr spärlich vertreten; ventral vom Darm sah ich keine; ja sogar nicht einmal in dem mit epidermalen Sinneszellen stark versehenen ventralen Lappen des Saugnapfes habe ich welche gefunden. Sie sind beinahe immer kugelig (Fig. 9 Taf. 31), von einem Durchmesser von 40—70  $\mu$ ; die im Auge vereinigten ebenso großen Retinazellen sind in Folge der auf sie wirkenden Raumverhältnisse mehr oder weniger keilförmig (die Zelle 3 in Fig. 2 Taf. 30 ist von der Seite, die Zelle 5 und 6 in Fig. 1 in demselben Auge von der Fläche des Keils gesehen); in einem und demselben Auge sind sie alle ziemlich gleich groß, jedoch etwas verschieden geformt. Sie liegen im Allgemeinen verhältnismäßig tiefer als bei den Gnathobdelliden, d. h. innerhalb der circulären und diagonalen Muskelschichten des Körpers, je größer sie sind, um so tiefer. Einzelne ganz kleine, unter dem angegebenen Maß, befinden sich dagegen dicht unter der Epidermis, wie bei *Hirudo*.

In jeder Zelle unterscheidet man drei Hauptbestandtheile: den eigentlichen Zellkörper mit dem Somatoplasma, den darin eingebetteten Glaskörper und den Kern. Um die Zusammengehörigkeit dieser Bestandtheile in den einzelnen Retinazellen der Fig. 1 und 2 Taf. 30 (dasselbe Auge in zwei von der Medianebene her auf einander folgenden 20  $\mu$  dicken Sagittalschnitten) ohne besondere zeichnerische Künste, die in Fig. 2 auch die Deutlichkeit des Leitenden, worauf ja das Hauptgewicht gelegt wurde, beeinträchtigt hätten, sichtbar zu machen, habe ich die das Auge zusammensetzenden Retinazellen (sonst auch *rz*) nummerirt und mit *a* in allen den Glaskörper (sonst auch *gkp*), mit *b* den Kern (sonst auch *k*) und mit *c* den eigentlichen Zellkörper bezeichnet, von ihnen selbst aber bloß die Contouren (diese jedoch genau mit dem Zeichenapparat projicirt) nachgezogen, mit Ausnahme von einzelnen als Beispiel ausgeführten Stellen.

Der Glaskörper und der große Zellkern nehmen den größten Theil des Zellraumes für sich in Anspruch. In Fig. 9 Taf. 31 ist eine subepidermale Sinneszelle (im Bindegewebe vor dem linken

Auge<sup>1</sup>, näher zur Epidermis, davon durch mehrere circuläre Muskelfasern und eine diagonale sowohl, als auch durch eine prostomiale Drüsenzelle getrennt) bei 1500facher Vergrößerung im äquatorialen Durchschnitt gezeichnet. Hier sieht man, dass die eine etwas größere Hälfte vom kugeligen Glaskörper, die andere vom Kern eingenommen wird.

Der Glaskörper ist nur bei sehr sorgfältiger Behandlung, namentlich bei Celloidin-Einbettung gut erhaltbar; auch so ist das Schrumpfen eines gewissen Theiles seines Inhaltes nicht zu vermeiden. Dieser Inhalt ist im Leben eine stark brechende, hell glänzende, homogen aussehende Masse. In meinen Schnitten sehe ich sie von Hämateinlösung I.A sehr schwach, von Hämatoxylin-Kalibichromicum zum größten Theil beinahe gar nicht, von Goldchlorid dagegen, besonders in gewissen Zonen, sehr stark tingirt. Zunächst unterscheidet man daran im äquatorialen Durchschnitt der Glaskörperkugel eine sehr scharf gezeichnete, ziemlich dicke Grenzlinie *ic*, welche nicht einfach der mikroskopische Ausdruck des Aneinandergrenzens von zwei das Licht verschieden stark brechenden Medien ist. Sie wird nämlich bei Beleuchtung mit der vollen Apertur des ABBE'schen Apparates nicht abgeschwächt und verschwommener, sondern bleibt eine scharfe, dunklere als ihre Umgebung, und mit Hämatein blau gefärbte Linie. Sie bildet also eine dünne Grenzschicht des Glaskörpers, welche vom Ganzen die größte Tingirbarkeit mit meiner Hämateinlösung I.A zeigt. Eine gesonderte Membran ist sie indessen doch nicht, da ich nie, in Folge weder von Schrumpfung noch von Quellung, den Inhalt des Glaskörpers von ihr zurückweichen, sie sich abheben sah. Außerhalb dieser differenzirten Grenzschicht ist noch eine schmale, ziemlich homogene Zone sichtbar, begrenzt gegen das Somatoplasma von einer weniger scharfen äußeren Contourlinie *ac*. Letztere Zone, der Außenhof — ebenfalls kein bloßes optisches Phänomen — kann indessen schon zum eigentlichen Somatoplasma gehören. Weiter nach innen folgt auf die Grenzschicht *ic* eine 3—4  $\mu$  breite radiär gestreifte, stets sehr deutliche Zone *gzo* — Radiärzone (gestreifte Zone) — von nach Hämatein blass graublauer, nach Goldchlorid lebhaft rosarother Farbe, mit äußerst feiner Körnelung zwischen den radiären Stäbchen. Dass sie nämlich Stäbchen sind, glaube ich desshalb, weil ich von den Augen

<sup>1</sup> *Pseudobranchellion* besitzt ein Paar Augen auf dem 4. Körperring, d. h. auf dem 1. des III. Somits.

in allen drei Haupt- und einigen Nebenrichtungen Schnittreihen hergestellt und die fraglichen Gebilde in diametralen Durchschnitten des Glaskörpers stets in Form von Linien, aber im tangential getroffenen Glaskörper als Punkte gesehen habe. Wenn ich also auch auf das letztere Aussehen keinen Werth lege, so genügt doch die erstere Thatsache, da die Retinazellen im Auge eine gewisse ziemlich constante Orientirung besitzen. — Auf die Radiärzone, mit welcher nach innen oft noch eine schmale, unregelmäßige Punktzone zusammenhängt, folgt eine offenbar durch Schrumpfung des weiteren Inhaltes entstandene farblose ganz leer aussehende Zone, die ich eben deshalb Schrumpfungszone *hzo* (hellste Zone) nennen möchte. In besonders gut erhaltenen Zellen, namentlich wenn diese zur kleinsten Sorte gehören, ist sie noch viel schmaler als in Fig. 9 Taf. 31, in schlechter erhaltenen dagegen bedeutend breiter, und zwar deutlich auf Kosten der folgenden, der Körnchenzone. Die Körnchenzone verdankt ihr feinkörniges Aussehen dem vorwiegend körnigen Coaguliren einer im Leben homogenen, vielleicht halbflüssigen oder etwa gallertigen Substanz. Aus dem Gesagten folgt schon, dass sie um so breiter ist, je besser die Zelle erhalten, und dass der körnige Belag an der Innenfläche der Radiärzone bei der Zusammenziehung der coagulirten Gallerte z. B. nach Sublimat-Alkohol (womit das Präparat zu Fig. 9 behandelt wurde) dort zurückgeblieben ist. Während die Radiärzone, wie gesagt, doch eine gewisse namhafte Hämateinfärbung annimmt, bekommt die Körnchenzone meist bloß einen ganz unscheinbaren schmutziggrauen Ton. — Die innerste Zone bildet der Innenkörper *ikp* des Glaskörpers, eine oft scharf abgegrenzte und dann auch auffallend stark brechende, ein anderes Mal, wahrscheinlich in Folge weniger gelungener Erhaltung, undeutlich begrenzte und dann weniger stark (aber immerhin stärker als die Körnerzone, wenn nicht stärker als auch die Radiärzone) brechende Kugel. Eine eigentliche Tinction nimmt sie von der Hämateinlösung I.A nicht an, sie wird nur etwas grau oder oft gelblich; noch eher färbt sie sich in Hämatoxylin-Kalibichromicum, gelegentlich sogar ziemlich intensiv. Dagegen verleiht ihr meine Goldchloridbehandlung stets eine dunkel-kirschrothe Farbe. Der Innenkörper sieht sogar im Präparat ganz homogen aus. Offenbar besteht er auch im Leben aus einer bedeutend festeren Substanz als die Körnchenzone.

Der, wie erwähnt, große Kern ist gegen den Glaskörper stets mehr oder weniger abgeplattet, und diese Fläche meist etwas concav,

die nach außen gekehrte convex. Sonst sind seine Contouren ziemlich unregelmäßig, nicht selten gelappt. In Fig. 9 Taf. 31 sieht man ihn von der Schmalseite, in der Zelle 2 in Fig. 2 Taf. 30 von der Breitseite, in den anderen Zellen in verschiedenen anderen Ansichten. Seine Membran ist sehr dünn. Er besitzt ein verhältnismäßig kleines achromatisches Kernkörperchen, *akk* in den Zellen 2, 3 und 4 von Fig. 2, und in der Zelle 1 von Fig. 1 auf Taf. 30. Außerdem hat er mehrere mit Hämateinlösung I.A sehr stark tingirte chromatische Kernkörperchen *chkk* von verschiedener Größe und Form. Sonst ist der Kernraum nach Fixirung in Sublimatalkohol von einem dichten, ebenfalls stark chromatischen Maschenwerk als Kerngerüst eingenommen. In Fig. 9 Taf. 31 ist letzteres weniger reichlich, als in den Kernen der Retinazellen in Fig. 1 und 2 Taf. 30, wo indessen bloß ein Theil in die Kerne der Zellen 1 und 4 eingetragen ist. Es ist bemerkenswerth, dass während der Kern der subepidermalen Sinneszellen dem der Gliazellen in der centralen Fasermasse sehr ähnlich ist, die Kerne der epidermalen Sinneszellen bei *Pseudobranchellion* mehr denen der kleinen Ganglienzellen gleichen, nur sind sie verhältnismäßig noch kleiner.

Das Soma top lasma selbst bietet nichts Besonderes. Verschiedene, z. B. stärker tingirbare, chromatische Zonen sind darin nicht differenzirt. Aber das Ganze ist ziemlich und etwas ungleichmäßig chromatisch, sonst ist es eine dichte, feinkörnige und feinwabige Substanz. Nach außen ist es von keiner ausgesprochenen Zellmembran begrenzt, ja nicht einmal von einer erhärteten, irgendwie differenzirten Grenzschicht wird es umgeben. Einige Mal sah ich darin etwas, wie ein großes, homogenes Centrosoma mit Attractions-sphäre peripherisch vom Kern.

Abnormerweise kommen auch zwei oder drei Glaskörper in einer subepidermalen Sinneszelle vor; gelegentlich können diese mit einander verschmelzen.

Nachdem die leitende Primitivfibrille, von einem sensorischen Bündel abgezweigt, eine meist ziemlich lange Strecke von einer mehr oder weniger auffälligen Menge blässblaugrauer Perifibrillärschicht und außerdem noch von einer äußerst feinen Grenzschicht der Grundgallerte (Gliamembran?) umhüllt zurückgelegt hat, tritt sie in die subepidermale Sinneszelle stets von der Seite ein, wo der Kern liegt, und dieser ist meist der Epidermis zugekehrt. Die Primitivfibrillen, welche für die subepidermalen Sinneszellen oder Retinazellen bestimmt sind, lassen sich durch ihre Dicke und ihre starke Tingirbarkeit mit

Hämateinlösung I. A unter den übrigen, viel dünneren und meist schwächer tingirten sensorischen Primitivfibrillen für die epidermalen Sinneszellen schon im Nervenstamm, bevor sie sich abgetrennt haben, leicht erkennen und verfolgen. Die der eventuellen Glimembran der Fibrille entsprechenden parallelen Contourlinien folgen auch hier nicht den kleinen Wellenwindungen der Primitivfibrille (s. *gm* um *lpf* herum in Fig. 9 Taf. 31). Jede subepidermale Sinneszelle erhält ebenfalls eine solche Primitivfibrille, nie mehr. Wenn letztere zufällig von der Glaskörperseite in die Nähe der Zelle kommt, so macht sie um diese einen Bogen, um vor dem Eindringen die Kernseite zu erreichen.

Die perifibrilläre Umhüllung verliert sich an der Oberfläche der Zelle, und die leitende Primitivfibrille allein tritt in sie ein. Sie schreitet dort, eventuell ihren früheren geschlängelten, welligen Verlauf fortsetzend, gegen den Kern zu, erreicht aber diesen nicht, sondern spaltet sich in zwei, gelegentlich gleich mehrere Schenkel; diese Schenkel spalten sich wieder und umfassen den Kern, vereinigen sich aber und kehren hinter dem Kern nicht zurück, sondern ziehen über den Glaskörper weiter. Indem sie sich nun durch Seitenäste und Endäste mit einander mehrfach verbinden, und zwar auch nicht bloß verflechten, sondern an dreischenkelligen Knotenpunkten verlöthen, entsteht auch hier ein Neurofibrillengitter, welches aber nicht bloß den Kern, sondern Kern und Glaskörper gleichzeitig umfaßt. Ausgenommen, wo es sich um Gabelung einer dickeren Neurofibrille handelt, sind die drei in einem Punkte zusammenstoßenden Schenkel meist gleich dick, es findet also keine solche Verschmelzung der Drähte statt, dass zwei dünnere sich stets zu einem dickeren vereinigen würden, sondern eine netzförmige Umordnung der in der eintretenden Primitivfibrille in parallelen Längsreihen, den leitenden Elementar fibrillen, angeordneten Neurotagmen. Dass das Neurofibrillengitter hinter dem Glaskörper auch bei *Pseudobranchellion*, wie wir es bei *Hirudo* sehen werden, ganz geschlossen ist, konnte ich bis jetzt nicht mit Sicherheit entziffern; so viel kann ich aber bestimmt sehen, dass im Auge erstens die Neurofibrillengitter von benachbarten Retinazellen durch leitende Brücken mit einander verbunden sind, und zweitens aus den Gittern einzelne dünnste Drähte aus- und in das umhüllende Gewebe, das heißt, zwischen die Pigmentzellen eintreten. Auch die leitenden Brücken gehören zu den dünnsten Neurofibrillen und noch dazu liegen sie für die sichere Entscheidung des wirklichen Überganges aus einer Zelle in die andere meist sehr ungünstig; hierüber jedoch weiter

unten bei den Retinazellen von *Hirudo*. In den Glaskörper dringt ebenso wenig, wie in den Kern, irgend eine Neurofibrille ein.

Die Verhältnisse des Neurofibrillengitters in diesen Zellen mögen durch Fig. 9 Taf. 31 und Fig. 2 Taf. 30 illustriert werden. Die in ersterer Figur gezeichnete Zelle wurde besonders deshalb gewählt, weil in ihr die einzelnen Bestandtheile einer subepidermalen Sinneszelle sehr anschaulich hervortreten, und weil der Eintritt der Primitivfibrille in die Zelle und ihre Spaltung in mehrere Schenkel innerhalb der Zelle sowohl, als auch überhaupt die Lage des Neurofibrillengitters im Somatoplasma, und nicht etwa pericellulär, auf den ersten Blick über allen Zweifel erhaben schien. Nur die bei der angewandten 1500fachen Vergrößerung mit dem ABBE'schen Apparat gut verfolgbaren Neurofibrillen über und unter dem Kern wurden eingezeichnet. Um den Glaskörper herum verhinderte leider eine zu starke Tinction des Somatoplasmas das weitere Verfolgen von ihnen. In dieser Beziehung sind die Zellen 2 und 3 von Fig. 2 Taf. 30 bedeutend günstiger. Deshalb fand ich es auch nicht mehr nothwendig, das Neurofibrillengitter auch in die anderen Retinazellen mit allen sichtbaren Drähten einzuzeichnen, sondern beschränkte mich auf einige besonders auffällige und auf die Wiedergabe des Eintrittes der Primitivfibrille in die Zelle. Alle hätten das ganze Bild nur zu complicirt gemacht. Zwischen Zelle 3 und 2 einerseits und zwischen 2 und 4 andererseits sind deutliche leitende Brücken sichtbar. An 2 ist auch der Austritt einer feinsten Neurofibrille wahrnehmbar.

Eine außerordentlich schöne Illustration der Bedeutung und des continuirlichen, individuellen Verlaufes der leitenden Primitivfibrillen erhält man, wenn man die Innervirung des Auges von *Pseudobranchellion* an sagittalen, frontalen und transversalen Schnittreihen aus gut gestreckten Thieren nach meiner Hämateintinction der leitenden Primitivfibrillen untersucht.

In jedem Auge fand ich bei Zählungen an verschiedenen Thieren stets entweder 8 oder 9 Retinazellen; auch kommt es vor, dass im linken Auge 9, im rechten 8 vorhanden sind. In der Mehrzahl der Fälle fand ich jedoch 9 Zellen, so dass wohl diese Zahl die typische sein dürfte. Diese 9 Zellen sind eng an einander gepresst und bilden, ohne nennenswerthe Zwischensubstanz, eine bei in spontaner Streckung fixirten Thieren annähernd kugelige Gruppe. Die Kugel besitzt eine sehr eng anliegende, besonders nach Hämatoxylin-Kalibichromicum ziemlich dunkel aussehende gemein-

same Membrana propria von höchstens (bei großen Thieren)  $2\ \mu$  Dicke, welche keine Septen zwischen die Retinazellen sendet. Die caudale, etwas mehr ventrale und mediale Hälfte der Kugel steckt in einer im Leben oder nicht entpigmentirt braunschwarzen Pigmentschale.

Von den das Pigment, wie es scheint, zusammensetzenden Substanzen ist am leichtesten eine mehr violette löslich; eine mehr gelbliche widersteht sogar einer langen Behandlung mit Chloroform und ähnlichen Reagentien. Die Pigmentschale besteht aus einer einzigen Lage von mehr epithelartigen Pigmentzellen. Dieselben sind ziemlich groß, von der Fläche unregelmäßig polygonal, aber fortsatzlos. Die an dem Rande der Pigmentschale liegenden sind stärker abgeplattet, in der Mitte, wo der Kern, meist der Außenfläche der Zelle genähert, liegt, bauchig, an den Rändern verdünnt, dachziegelartig über einander geschoben. Weiter vom Rande der Pigmentschale sind sie dicker, haben einen geringeren Flächendurchmesser und sind mit schrägen Berührungsf lächen an einander gepresst. Ihr Kern ist mittelgroß, kugelig und chromatinarm. Sie besitzen ein grobwabiges Somatoplasma, wo in den Wabenwänden sogar nach längerer Chloroformbehandlung, besonders peripherisch feine olivenbraune Pigmentkörnchen dicht eingelagert sind. Nach Celloidineinbettung, wo also kein Chloroform zur Wirkung kommt, bleiben in den Pigmentzellen außer den feinsten, auch dem Chloroform widerstehenden Pigmentkörnchen noch viel größere Pigmentkügelchen zurück, welche von jenen etwas verschieden zu sein scheinen.

Ich möchte die eben beschriebenen Pigmentzellen (*pz* in Fig. 1 und 2 Taf. 30) als spezifische, vielleicht Sinnespigmentzellen des Auges betrachten. Leider stützen sich einige gelegentlich von mir gemachte Beobachtungen, als ob aus den Retinazellen herausgetretene Neurofibrillen in diese Zellen eindringen würden, auf mikroskopische Bilder, die ich selbst nicht ganz einwurfsfrei finde. Immerhin unterscheiden sie sich einerseits von den pigmentirten Polsterzellen, andererseits von den verästelten interstitialen Pigmentzellen ganz wesentlich. Eine Anzahl großer Polsterzellen mit grünlichgrauen, nicht gelblichen Pigmentkörnchen legen sich nämlich besonders caudal und dorsal an die Pigmentschale des Auges an, und verästelte Pigmentzellen befinden sich ebenfalls in der Umgebung des Auges im Bindegewebe.

Zwischen den Zellen der Pigmentschale erscheinen hier und da kleine, ziemlich chromatinreiche Kerne, die ich wandernden Leuko-

cyten zuschreibe. Zwischen den Retinazellen innerhalb der Membrana propria kommen sie gelegentlich auch vor.

Die Retinazellen, deren ursprünglich kugelige Form durch gegenseitigen Druck in der Augenkugel, wie gesagt, stark verändert ist, sind stets so orientirt, dass ihr Glaskörper der Pigmentschale und ihr Kern der pigmentlosen, rostrad, etwas laterad und dorsad gerichteten Hemisphäre der Augenkugel zugekehrt ist.

Schon daraus folgt, was die Schnittreihen deutlich an den Tag legen, dass der eigentliche Augennerv von vorn in das Auge eindringt. Der vom begleitenden Nerv schon isolirte Augennerv besteht aber aus einem Bündel von genau so vielen leitenden Primitivfibrillen, wie Retinazellen in der Augenkugel zu zählen sind: giebt es deren 8, so enthält er 8, giebt es deren 9, so enthält er genau 9 Primitivfibrillen. Und diese zwar nicht gleich dicken, aber ausnahmslos sehr starken Primitivfibrillen sind auch in meinen Hämateinschnitten so scharf gezeichnet, so schwarz und von einander durch beinahe farblose Interfibrillärschubstanz so deutlich getrennt, dass es stets ein Leichtes ist, sie sowohl in Quer-, als auch in Längsansichten des Nerven zu zählen, in der Schnittdicke zu verfolgen, ja in den auf einander folgenden Schnitten immer wieder aufzufinden und bis in den subösophagealen Theil des Schlundringes hinein zu verfolgen. Die 9 (oder 8) Primitivfibrillen des betreffenden Auges treten aus der Unterschlundgruppe mit dem rostralsten großen Nervenstamm, d. h. da die ersten zwei Nervenstämme in ziemlich gleicher Transversalebene austreten, mit dem dorsaleren von beiden aus (*ne I*, erster Nervenstamm, in Fig. 2 Taf. 29). In diesem Nervenstamm sind sie bald mehr peripherisch gegen die Medianebene zu, bald tiefer, umgeben von anderen Bahnen, gelagert. Im Querschnitt des Stammes bilden sie eine meist dorso-ventral längliche Gruppe, gelegentlich eine Reihe von Punkten. Früher oder später verlassen sie den großen Stamm in einem kleineren Nerven, welcher vom ersteren anfangs nur wenig divergirt, aber in der Höhe der Augen schon deutlich von ihm getrennt zu sein pflegt. In einem solchen Transversalschnitt ist es der kleinste und dorsalste von den drei Nervenquerschnitten, die man rechts und links unweit von der Rüsselscheide im Kopfe sieht. In diesem Nerv liegen die Primitivfibrillen des Auges stets mehr medianwärts, sonst aber in verschiedener Form gruppirt. Nicht selten trennt sich dieser Nerv vom Stamm I erst kurz, bevor ihn der eigentliche Augennerv verlässt. In dieser Beziehung sind sogar rechte und linke Seite desselben

Thieres oft ungleich. Hier sind die Primitivfibrillen, da sie in der Gruppe, die sie bilden, ziemlich weit von einander liegen, besonders leicht zu zählen. In einer bereits vor das betreffende Auge fallenden Transversalebene trennen sich endlich die 9 Primitivfibrillen vom begleitenden Nerven und bilden für sich ein Bündel von rundlichem Querschnitt, den eigentlichen Augennerven. Er entspringt bald einfach unter rechtem Winkel, bald mit einer kleinen Krümmung, schlägt aber stets sofort eine transversale, laterale Richtung ein. Die Sagittalebene, wo das Auge liegt, erreicht er etwas rostral vom Auge und strahlt sofort in seine Primitivfibrillen aus einander, welche nach mehr oder weniger geschlängeltem, etwas caudad gerichtetem Verlauf in ihre Retinazellen, wie gesagt, stets von der Kernseite eintreten. Es kommt indessen vor, dass sich ein oder zwei Primitivfibrillen schon früher vom Bündel trennen und neben diesem herschreitend ihre Retinazelle erreichen.

Der Nerv, mit dem der Augennerv nach dem Verlassen des großen Stammes *I* noch eine Zeit lang vereint gewesen ist, setzt seinen longitudinalen Weg rostral fort, spaltet sich aber bald in mehrere Äste, welche für verschiedene Tastkegelchen der ersten Körperringe bestimmt sind, und zwar in erster Linie für die dorsalen. Einen größeren Antheil an der Innervirung der vordersten Körperspitze nehmen indessen die im Stamm *I* selbst vereinigten Nerven, bestimmt namentlich für die sehr großen Tastkegelchen an der ventralen Fläche und an der Seitenlinie der Körperspitze vor der Öffnung, welche zum Hervorstrecken des Saugstechers (Rüssels) dient. (Diese eigentliche Mundöffnung führt in eine longitudinale Rinne, welche sich mehr oder weniger deutlich bis zum vordersten Körperende fortsetzt.) Übrigens sind die Äste der verschiedenen Nerven auch in diesem Körpertheil vielfach mit einander verbunden, so dass ein kleiner Nerv Primitivfibrillen von verschiedener Herkunft führen kann. Bei den Verästelungen sondern sich die stärksten Primitivfibrillen allmählich alle ab und gehen einzeln zu den subepidermalen Sinneszellen, von welchen, wie gesagt, stets die kleinsten den Epithelzellen der Tastkegelchen auffälliger genähert sind.

Von einem innigeren Zusammenhang des Auges mit einem bestimmten, etwa stärker entwickelten Tastkegelchen kann bei *Pseudobranchellion* keine Rede sein. Über dem Auge, dicht vor demselben oder auch in seiner Nähe, befindet sich kein größeres Tastkegelchen. Diejenigen, die noch am nächsten dabei sind, werden nicht von dem Nerven her innervirt, welcher mit dem Augennerv vereint gewesen

ist, und jener Nerv innervirt mit seinen Ästen mehrere Tastkegelchen von verschiedener Lage. Übrigens liegt auch das Auge bei *Pseudo-branchellion* verhältnismäßig sehr tief, nämlich zur Seite der Saugstecherscheide, unter einer mächtigen Lage von Drüsenzellen innerhalb der Quer-, Diagonal- und Längsmuskelfasern. Ja auch von den Tastkegelchen und den in ihrer Nähe liegenden subepidermalen Sinneszellen liegen eigentlich gar keine Beweise dafür vor, dass irgend eine nähere physiologische Zusammenwirkung von ihnen stattfindet; oft erhalten die nächstliegenden subepidermalen Sinneszellen ihre Primitivfibrille von einem anderen Nervenast, als die epidermalen Sinneszellen des betreffenden Tastkegelchens.

Das Thier, dessen Auge in Fig. 1 und 2 Taf. 30 bei genau 1000facher Vergrößerung gezeichnet ist, war ziemlich contrahirt, mit etwas ventralwärts gekrümmtem vorderen Körperende. Deshalb ist das Auge hier nicht kugelig, wie bei mäßig gestreckten Exemplaren, sondern mehr linsenförmig, ja etwas oval. Es ist in der sagittalen Serie, schräg zur Linsenfläche auf 4 Schnitte von 20  $\mu$  Dicke vertheilt. Der erste und vierte Schnitt enthält davon bloß je ein tangenciales Segment, welches die Schnittdicke nicht ausfüllt; jener, der medialste, außer dem entsprechenden Theil der Pigmentschale etwas von den Zellen 1, 6 und 7, namentlich ein Segment der kugeligen Glaskörper; dieser, der lateralste von den vieren, außer zum Theil den Rand der Pigmentschale, eine tangentiale Schicht des Kernes von 4, über welcher das Neurofibrillengitter mit der sich theilenden Primitivfibrille in besonders günstiger Lage zu sehen ist. Die pigmentlose Fläche des Auges ist nämlich hier, in Folge der Contraction des Thieres, etwas mehr als sonst lateralwärts gekehrt, und gerade deshalb kann man so viel von der Ausbreitung des Neurofibrillengitters in den Zellen im 3. Schnitt, in Fig. 2 sehen. In dieser Weise sind, wenn auch nicht vollkommen, sämtliche neun Retinazellen im 2. und 3. Schnitt enthalten und konnten in Fig. 1 und 2 gezeichnet werden. Der Augennerv *sb* von Fig. 1 verläuft schräg durch die Schnittdicke und erreicht die rostrale, pigmentlose Hemisphäre der Augenkugel noch nicht; die distalen Enden der Fibrillenstücke sind an einer kleinen Krümmung quer durchgeschnitten. Hier sind bloß 7 sichtbar; die zwei rostralsten fallen schon in den folgenden Schnitt, in Fig. 2. Wäre das Thier gestreckt gewesen, so könnte man in einem solchen sagittalen Schnitt bloß das Querschnittbild des Nerven mit neun sich beim Drehen der Mikrometerschraube auf und ab bewegenden Punkten oder krummen

Strichen sehen. So aber hat sich der Nerv zu einem Bogen gekrümmt, dessen proximal liegender Theil in Fig. 1, der distale in Fig. 2 wiedergegeben werden konnte. In der letzteren sind schon alle neun Primitivfibrillen sichtbar; zwei, nämlich die für Zelle 7 und 4, konnten nicht unmittelbar mit dem Zeichenapparat eingezeichnet werden, da sie genau unter den Fibrillen für Zelle 2, 3 und 8 liegen, von diesen also in der Zeichnung verdeckt worden wären. Desshalb habe ich sie nachträglich in etwas veränderter Lage eingezeichnet. Alle sind bis in ihre Zellen innerhalb der Schnittdicke zu verfolgen; nur von *spf* 4 und *spf* 7 liegt das verbindende Stück in anderen Schnitten: für *spf* 7 im vorhergehenden, für *spf* 4 im folgenden Schnitt. Die Zusammengehörigkeit der Stücke ist aber so deutlich, dass ich das Fragezeichen auch ganz gut hätte weglassen können.

Die Retinazellen oder subepidermalen Sinneszellen bei *Hirudo*. Das ursächliche Moment, worauf ihr Unterschied von denen bei *Pseudobranchellion* zurückzuführen ist, besteht in der viel stärkeren Entwicklung ihres Glaskörpers, welcher in Folge des wulst- oder höckerförmigen Hineinwachsens von Somatoplasma gegen das Centrum des Glaskörpers seine Kugelform verloren und eine ziemlich schwer definirbare, wechselnde Form, bald mehr die eines Napfes oder einer Kappe, bald die einer Bohne, bald die eines dicken, gebogenen Lappens angenommen hat.

Sie sind sehr verschieden groß, sogar in den Augen; die größten etwa wie bei *Pseudobranchellion*. Auch ihre ursprüngliche Form, die sie, wenn sie vereinzelt im Bindegewebe liegen, aufweisen, ist kugelig; eine so große Abweichung davon, wie bei *Pseudobranchellion* kommt nicht einmal im Auge vor: hier sind sie mehr oder weniger regelmäßig ellipsoidisch oder ovoid mit abgeplatteten gegenseitigen Berührungsflächen. Dagegen kommen sie auch außerhalb des Auges in Gruppen vor, wo mehrere an einander gedrückt sind und dieselben Formen, wie im Auge annehmen. Überhaupt sind sie viel zahlreicher, als bei *Pseudobranchellion*.

Der vorspringende Somatoplasmahügel *vh* ist sehr verschieden geformt und sehr verschieden groß, besonders sehr verschieden hoch. Bald ist er mehr kegelförmig, bald mehr länglich; er kann eine breite Basis besitzen (*vh* in der Zelle *e* von Fig. 7 Taf. 31), oder er ist am Fuße verdünnt: er ist wie mit einem Stiele versehen oder sitzt einer dünneren Leiste auf (in Zelle *d* von Fig. 7 Taf. 31, oder in *g* und *f* von Fig. 3 Taf. 30). Bei einem länglichen Hügel kann die Basis z. B. in der Mitte schmaler, an den beiden Enden breiter

sein. Demnach muss der Glaskörper auf Schnitten ein sehr wechselndes Aussehen erhalten; natürlich wird sein Durchschnittsbild auch in derselben Zelle verschieden sein, je nachdem der z. B. längliche Hügel transversal, sagittal oder frontal durchschnitten ist. So erscheint er bei transversal durchschnittenem Hügel, z. B. *gkp* in der Zelle *g* oder *f* von Fig. 3 Taf. 30, hufeisenförmig; bei sagittalem Durchschnitt ist er ähnlich, aber weniger gekrümmt, mehr sichelförmig. Bei frontalem Durchschnitt des Hügels wird er, je nach der Schnittebene, bald einen ovalen Ring darstellen, wie in Zelle *a* von Fig. 7 Taf. 31, bald zwei von einander getrennte Ovale von gleicher oder verschiedener Größe, wie in Zelle *b* von Fig. 12 Taf. 28; endlich kann er, wie in Zelle *c* von Fig. 5 Taf. 31, in Form von zwei gegen einander gekrümmten Würsten erscheinen. Gelegentlich trennt der Schnitt auch mehrere, am häufigsten drei verschieden geformte Stücke des Glaskörpers von einander, wie in Zelle *b* von Fig. 7 Taf. 31.

Sonst ist der Glaskörper ganz so wie bei *Pseudobranchellion* beschaffen. Leider sind seine Bestandtheile in Dauerpräparaten noch schwerer zu erhalten, am ehesten bei Osmiumfixirung, welche aber das Gelingen meiner Goldchlorid- und Hämateintinction sehr beeinträchtigt. Stets deutlich und unversehrt zu sehen ist nur die Radiärzone: *gzo*, z. B. in den Zellen *g* von Fig. 3, Taf. 30 und *c* von Fig. 5 Taf. 31. Wo die Striche, wie in der letzteren Zelle, in Punkte übergehen, sind die Stäbchen der Radiärzone im optischen Querschnitt zu sehen. Die Grenzschicht zeigt sich im Durchschnitt als eine mit Punkten besetzte Linie, ausgenommen am vorspringenden Hügel, wo die Punkte an der sonst ebenso deutlichen Grenzlinie fehlen. Die äußere Contourlinie des Außenhofes ist schärfer, als bei *Pseudobranchellion*, und ist ebenfalls mit Punkten besetzt. Der Außenhof könnte bei *Hirudo* wegen seines feingekörnten Aussehens auch äußere Körnchenzone genannt werden (*akzo* in Fig. 3 Taf. 30). Der Außenhof wird gegen die Basis des Hügels zu immer schmaler, bis endlich die Grenzlinie des Glaskörpers und die äußere Contourlinie des Hofes mit einander verschmelzen. Dieses Verhältnis ist besonders in den eben erwähnten zwei Zellen zum Ausdruck gebracht. Dagegen habe ich die inneren Zonen des Glaskörpers nicht eingezeichnet, sondern sie der Einfachheit wegen überall als eine Zone, helle Zone, *hzo*, behandelt.

Das Somatoplasma bildet, außer im vorspringenden Hügel, eine viel schmalere Zone, als bei *Pseudobranchellion*, und da der vor-

springende Hügel, besonders in den freiliegenden Zellen, oft ganz klein ist, so kann die ganze Zelle wie ein großer Glaskörper mit einer dünnen Umhüllung von Somatoplasma aussehen. Der vorspringende Hügel deckt einen anderen, niedrigeren Hügel, *izo* in Zelle *c* Fig. 7 Taf. 31, welcher bei frontaler Ansicht gewissermaßen eine Innenzone des Hügels darstellt, wie in Zelle *a* derselben Figur. Diese Innenzone des Hügels besteht aus einem grobkörnigeren, sich dunkler tingirenden Somatoplasma, welches durch zwei concentrische, ebenfalls mit Punkten besetzte Linien begrenzt wird. Die Innenzone verbreitert sich gegen die Basis des Hügels und verliert sich sammt ihren zwei Grenzlinien im übrigen Somatoplasma allmählich. Besonders in frontaler Ansicht sieht man, dass die Innenzone des Hügels, namentlich gegen die Basis des letzteren, von längsverlaufenden Zügen von Fäserchen durchsetzt ist, die an den Enden des Hügels im Somatoplasma aus einander strahlen (Zelle *b* von Fig. 12 Taf. 28). Von der Natur dieser sich mit Goldchlorid und Hämateinlösung I. A. stärker tingirenden Fäserchen kann ich nichts weiter mittheilen, als dass sie nichts mit den Neurofibrillen, von denen sie leicht zu unterscheiden sind, zu thun haben. — Eine Zellmembran ist nicht vorhanden, auch eine verdichtete Grenzschicht wenig ausgesprochen.

Der Kern ist verhältnismäßig sehr klein, nicht größer als der der Nervenzellen. Er ist auch ähnlich beschaffen, ebenso chromatinarm; er ist kurz oval, aber mehr oder weniger abgeplattet, nicht selten gegen den Glaskörper zu concav. Stets liegt er an der Peripherie der Zelle; obwohl meist in der Basis des vorspringenden Hügels, dringt er nie in diesem gegen das Centrum der Zelle vor. Das Kernkörperchen ist, wenn auch excentrisch, nicht bis zur Abplattung wandständig, wie in den Kernen der Ganglien- und Nervenzellen; und in dieser Beziehung gleicht der Kern der subepithelialen Sinneszellen bei *Hirudo* den Kernen der epithelialen, nur ist sein stets einziger Nucleolus etwas größer. Das ohnehin spärliche Kerngerüst habe ich in den Figuren nicht eingezeichnet: Zelle *c* von Fig. 3 Taf. 30 und Zelle *c* in Fig. 5 Taf. 31 zeigen den Kern *k* von der Fläche, Zelle *b* in Fig. 12 Taf. 28 schräg, Zelle *c* ebendort mehr von der Seite und entfernter von der Basis des Hügels als gewöhnlich.

Jede subepidermale Sinneszelle erhält auch bei *Hirudo* nur eine leitende Primitivfibrille. Diese ist zwar stärker, als die, welche in die epidermalen Sinneszellen eindringen, jedoch nicht so stark, wie bei *Pseudobranchellion*. Sie dringt ebenfalls von der Kernseite, aber keineswegs immer in der Nähe des Kernes ein, schreitet nicht in

radiärer Richtung, etwa in den Hügel hinein, vor, sondern biegt sich sofort parallel zur Peripherie um und fängt an, sich gleichzeitig zu verästeln; aber schon die ersten Äste sind mit einander und mit dem Stamm durch Querbrücken verbunden. Der Stamm der Primitivfibrille verliert sich übrigens sehr bald in dem Neurofibrillengitter, welches er bildet. Das Neurofibrillengitter liegt überall in der schmalen Somatoplasmazone, außerhalb des den Glaskörper umgebenden Außenhofes, aber doch noch in einiger Entfernung von der Peripherie der Sinneszelle. Es ist ringsherum vollkommen geschlossen und in gleicher Weise ausgebildet, mit verschieden geformten, kleineren und größeren Maschen und verschieden dicken Drähten. Im Allgemeinen kann man sagen, dass dickere Drähte größere Maschen bilden, und diese durch dünnere Drähte in kleinere eingetheilt werden. Im Ganzen und Großen ist das Gitter von einer erstaunlichen Regelmäßigkeit: eine zierliche Gitterkugel, welche ebenso wie bei *Pseudobranchellion* den Glaskörper sammt dem Kern einschließt und auch an der Basis des vorspringenden Hügels vorbeizieht, sich in diesen nicht mit einstülpt. Indessen treten mehrere Drähte, die das Gitter verlassen, in den Hügel ein, dringen dort eventuell bis beinahe an den Glaskörper vor, biegen sich dann um und kehren nach einem kürzeren oder längeren Weg im Hügel in die Gitterkugel zurück. Besonders die Basis des Hügels wird häufig von einer Neurofibrille durchsetzt, von welcher Äste weiter in den Hügel hinaufsteigen. Zur Bildung eines Neurofibrillengitters auch im Hügel kommt es nicht (s. die Zellen *b*, *d*, *e* in Fig. 7, *c* in Fig. 5 Taf. 31, *b* in Fig. 12 Taf. 28 und *g* in Fig. 3 Taf. 30). Ebenso wenig wird der Kern allseitig umgittert: außen und von den Seiten umgeben ihn die Maschen des gemeinsamen Gitters, aber besondere Drähte, die ihn auch von der dem Glaskörper zugekehrten Seite durchkreuzen würden, giebt das Gitter nicht ab.

In die Zellen *a*, *b*, *c*, *d*, *e* von Fig. 3 Taf. 30 sind sämtliche Drähte des Neurofibrillengitters, die in der Schnittdicke von 10  $\mu$ , welche von den durch den Schnitt abgetragenen Segmenten dieser Retinazellen nicht ganz ausgefüllt wird, nur enthalten, beziehungsweise mit dem ABBE'schen Apparat verfolgbar gewesen sind, in eine Ebene projicirt, bei 1070facher Vergrößerung eingezeichnet. Ebenso bei der Zelle *a* von Fig. 5 Taf. 31, welche einer stärkeren, 1350fachen Vergrößerung entspricht. Hier ist der Eintritt von Primitivfibrille *pf* 2 in die Zelle *a*, von *pf* 1 in die Zelle *d* innerhalb der Schnittdicke verfolgbar. In Zelle *d* sind die Neurofibrillen nur in so fern einge-

tragen, als sie direct auf Äste von *pf 1* zurückführbar sind. In Zelle *b* tritt Primitivfibrille *pf 3* ein und geht unmittelbar in das Neurofibrillengitter über, von welchem weniger zu sehen ist, weil von Zelle *b* eine ziemlich äquatoriale, nach oben und unten offene Zone in den Schnitt gefallen ist. Von Zelle *c* fällt in die Schnittdicke schon eine mehr polare, aber noch ebenfalls nach oben und unten offene Zone.

Bei äquatorialer Einstellung und ohne Veränderung der gerade eingestellten Ebene während der Beobachtung bietet das Neurofibrillengitter eine innerhalb der Zellgrenze mit dieser parallel liegende Reihe von Punkten, welche hier und da durch eine Linie mit einander verbunden sind. Man sieht die Punkte — Drähte des Neurofibrillengitters im optischen Querschnitt — stets nur in einer Reihe. Innerhalb einer Schittdicke von  $10 \mu$  erkennt man schon durch Heben und Senken des Tubus die Verbindung eines jeden Punktes mit dem benachbarten, und als Projectionsbild bekommt man, wenn man unter dem Zeichenapparat den sich bewegenden Punkt mit der Bleistiftspitze genau verfolgt, eine mehr oder weniger zickzackförmige, im Ganzen doch mit der Zellgrenze parallele Linie, an den Ecken mit je einem Punkte besetzt, welcher die optische Täuschung hervorruft, als ob er einen größeren Durchmesser hätte, als die Dicke der die Punkte verbindenden Linien. Solche mehr oder weniger genau äquatoriale Projectionsbilder sind in die Zellen *a, b, d* und *e* von Fig. 7, in *b* von Fig. 5 Taf. 31 und in *g* und *h* von Fig. 3 Taf. 30 eingezeichnet. Genau äquatoriale Projectionsbilder des Neurofibrillengitters bekommt man natürlich am leichtesten in den größten Retinazellen oder subepidermalen Sinneszellen, wenn die richtige Zone von ihnen in der Schnittdicke enthalten ist. Ich meinerseits war in den gewählten Figuren mehr auf die Darstellung der Neurofibrillen in Form eines Gitters bedacht. Ein besonders schönes Beispiel dafür bietet das in Fig. 8 Taf. 31 bei 1500facher Vergrößerung dargestellte, etwa  $5 \mu$  hohe Segment einer Retinazelle *rz* in einem  $10 \mu$  dicken Schnitt. Über dem Segment befindet sich eine sehr durchsichtige, kaum irgend welche Structurelemente enthaltende Interstitialsubstanz, so dass die Neurofibrillen — das leitende Gitter *lg* — mit einer geradezu idealen Schärfe hervortreten. Die Punkte sind die bereits nach unten gekrümmten Drähte, wo sie der Schnitt getroffen hat. Es handelt sich um die von einer frontalen Serie des *Hirudo*-Kopfes zuerst getroffene dorsalste, schon außerhalb der Pigmenthülle und am nächsten zum Epithel liegende Retinazelle des dritten rechten Auges, von welchem

weiter in der Serie in Fig. 8 Taf. 25, Fig. 3 Taf. 30, Fig. 4 und 6 Taf. 31 das betreffende Schnittbild ganz, in Fig. 12 Taf. 28, Fig. 5 und 7 Taf. 31 zum Theil dargestellt wurde. Fig. 4 und 5 Taf. 31 beziehen sich auf denselben Schnitt: erstere stellt bei schwächerer Vergrößerung bloß die Anordnung der Retinazellen ( $r$ ) und den Eintritt des Nerven ( $n$ ) dar, mit theilweiser Andeutung des Neurofibrillengitters in den Zellen  $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $d$ , in welche es in Fig. 5, wie gesagt, bei starker Vergrößerung eingezeichnet ist.

Die Neurofibrillengitter der an einander stoßenden Retinazellen sind mit einander durch Neurofibrillenbrücken mehrfach verbunden. Diese Brücken sind nur selten so stark, wie zwischen Zelle  $c$  und  $d$  in Fig. 12 Taf. 28. Meist sind sie sogar außerordentlich dünn, und der Übergang findet nicht auf dem kürzesten Wege, senkrecht auf die sich berührenden Grenzflächen, sondern ziemlich schräg, unter geringem Winkel auf die Grenzflächen, statt. Desshalb ist es in den meisten Fällen sehr schwer sicher zu unterscheiden, ob ein Übergang wirklich stattfindet oder bloß vorgetäuscht wird dadurch, dass sich die benachbarten Zellen schräg über einander schieben, und man nicht genau bestimmen kann, wie weit in der Schnittdicke die eine und die andere Zelle reicht. Man glaubt beim Verfolgen einer Primitivfibrille die Grenze der benachbarten Zelle bereits überschritten zu haben, während man die Fibrille noch immer in derselben Zelle, aber über oder unter der anderen verfolgt. Um diesen Irrthum zu vermeiden, verfuhr ich in der von Fig. 4 und 5 Taf. 30 illustrierten Weise. Ich habe von den fraglichen Zellen, hier  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  und  $e$ , in drei verschiedenen Höhen innerhalb der Schnittdicke die Contouren genau mit dem Zeichenapparat nachgezogen, nämlich in der tiefsten und höchsten möglichen und in einer mittleren Einstellungsebene, um zu sehen, wie weit sich die Zellen einander decken: das ist in Fig. 5 geschehen. Dann habe ich die Contouren bei der mittleren Einstellung, die in Fig. 5 dicker ausgezogen sind, in einer anderen Figur, hier in 4, unter ungeänderten Bedingungen noch einmal gezeichnet. In diese Contouren projicirte ich nun die genau verfolgten Neurofibrillen. Wenn sich die die Verbindung herstellenden Fibrillen weiter über die in dieser Fig. 4 gezeichnete Grenzlinie von einem Gitter in das andere verfolgen ließen, als wie breit sich die Zellen in der Schnittdicke decken, dann findet in der That ein Übergang aus dem Neurofibrillengitter der einen Zelle in das der anderen statt. So greift in der Zeichnung die am weitesten gegen  $c$  vorgeschobene höchste Contourlinie 1 von Zelle  $b$  über die am weitesten gegen  $b$  vorge-

schobene tiefste Contourlinie 3 von Zelle *c* im Maximum etwa 10 mm weit hinweg. Aber sowohl die verbindende Brücke  $\gamma$ , als auch  $\delta$  und  $\varepsilon$  gehen eine viel weitere Strecke ununterbrochen sowohl in das Neurofibrillengitter von *b* als auch von *c* über, also führt sicher ein ununterbrochener leitender Weg von *c* in *b* über. Dasselbe gilt aber von *a* und *b* mit den Brücken  $\alpha$  und  $\beta$ , von *d* und *b* mit  $\zeta$ , von *e* und *c* mit  $\delta$ . In derselben Weise wurden die Neurofibrillenbrücken zwischen den Zellen von Fig. 5 Taf. 31, Fig. 12 Taf. 28 etc. geprüft. Ich kann also die Behauptung, dass benachbarte Retinazellen durch leitende Brücken mit einander verbunden sind, trotz der erwähnten Schwierigkeiten aufrecht halten, dabei indessen auch einige Irrthümer früherer Autoren berichtigen.

Um das Verhältnis der Retinazellen zu den Augennerven darstellen zu können, brauche ich wohl bei *Hirudo* nicht erst die Anatomie des Auges zu schildern. Diese ist schon zu gut bekannt, und desshalb will ich mich darauf beschränken, dem Leser Folgendes in die Erinnerung zu bringen.

Die Retinazellen, welche als eine länglich ovoide Gruppe, mit dem breiteren, pigmentlosen Pole nach außen, das Auge eigentlich ebenso wie bei *Pseudobranchellion* allein darstellen, reichen im Gegensatz zu *Pseudobranchellion* bis ganz an das Epithel (Fig. 8 Taf. 25). Die Pigmenthülle bildet einen Kelch, dessen Wand die Retinazellen in einer Reihe belegen, aber nichtsdestoweniger das ganze Lumen ausfüllen. Einzelne kleinere Retinazellen sind indessen, besonders am Boden des Pigmentkelches wie von den großen verdrängt und in die Pigmentwand eingedrückt. Auch können hier und da einzelne kleine Zellen von der Peripherie zwischen die großen eingekeilt sein, so dass der Retinazellenbelag stellenweise wie zweireihig aussieht.

Die Retinazellen berühren nicht unmittelbar die Pigmentwand, da die ganze Gruppe von ihnen zunächst von einer dünnen gemeinsamen Bindegewebshülle umgeben wird. Diese Hülle bildet keine so dichte Membrana propria für die Gruppe der Retinazellen, wie bei *Pseudobranchellion*, an der Öffnung des Pigmentkelches ist sie kaum von dem sonstigen, das Auge umgebenden Bindegewebe zu unterscheiden; im Inneren des Auges sendet sie einzelne Fibrillen zwischen die Retinazellen.

Der Pigmentbecher ist mit den Retinazellen bis über den Rand gefüllt, und einzelne Zellen scheinen darin nicht einmal Platz gefunden zu haben, sondern liegen neben dem Kelchrande zerstreut. Das virtuelle Lumen, umgeben, wie gesagt, von einer Lage von Retinazellen, entspricht der Augenachse. Man kann sich also auch

so ausdrücken, dass die Retinazellen eine Zelllage um die Augenachse herum bilden. Da nun diese Augenachse bei dem in den erwähnten Figuren dargestellten 3. Auge rostrad und laterad, aber auch etwas dorsad gerichtet ist, so konnte die Schnittrichtung jener frontalen Serie unmöglich parallel dieser Achse sein. In dieser Achse verläuft aber der Augennerv, welcher den Pigmentbecher am hinteren Augenpole, etwas laterad vom proximalen caudalen Ende der Augenachse, durchbohrt und so in die Achse selbst einlenkt. Die Richtung des Augennerven, bevor er in das Auge eintritt, bildet mit der Achse des dritten Auges einen kleinen, caudad und mediad geöffneten Winkel. Deshalb werden vom Rücken her gemachte frontale Schnitte von 10  $\mu$  Dicke zuerst vor und über dem dorsalen Rande des Pigmentbeckers liegende Retinazellen und nur einen Theil des Kelchrandes enthalten, wie dies mit dem Schnitte von Fig. 8 Taf. 31 eben beginnt. Dann kommt die Öffnung des Bechers mit dem distalsten Theil des Augennerven, weiter nach innen die Öffnung mit dem mittleren Theile des intraocellären Verlaufes vom Augennerven: einen Schnitt zwischen diesen beiden Grenzen stellt Fig. 8 Taf. 25 dar. Wo der proximale Theil des Nerven innerhalb des Auges im Schnitte erscheint, da schneidet die Schnittebene gerade den ventralen Kelchrand: ein Theil dieses Bildes sind die Zellen und der Nerv in Fig. 7 Taf. 31. Kommt schon die Eintrittsstelle des Nerven in der Schnittreihe zum Vorschein, so ist die Öffnung des Pigmentbeckers gegen das Epithel zu verschwunden, denn die Schnittebene schneidet die ventrale Kelchwand: so ist Fig. 4 Taf. 31 zu erklären. Weiter bleiben bloß die ventralsten Fibrillen des Nerven und die hintersten Zellen des ventralen Wandbelages — Fig. 3 Taf. 30 — noch weiter ventrale Segmente der Zellen am Grunde des Bechers, wie in Fig. 6 Taf. 31, und schließlich bloß Pigment vom Auge übrig.

Etwas anders gestaltet sich das Verhältnis des Augennerven zur Augenachse in dem vierten und noch mehr im fünften Augenpaare. Um kürzer zu sein, wollen wir bloß noch das fünfte Auge etwas näher berücksichtigen. Bei diesem ist die Öffnung des Pigmentbeckers, wie man weiß, ebenfalls laterad und etwas dorsad, aber im Gegensatz zu dem dritten Auge (und natürlich auch zum ersten und zweiten) nicht rostrad, sondern caudad gerichtet. Aber der Augennerv erreicht das fünfte Auge ebenso wie das dritte mit einer rostralen, etwas lateralen und dorsalen Verlaufsrichtung; mit der Augenachse bildet er also einen sehr großen, über 140°, gegen die Medianebene offenen Winkel. Bei allen Augenpaaren drin gt e

übrigens durch das Pigment meist etwas ventral<sup>1</sup>, beim 5. Augenpaar an der Seitenwand des Bechers ein, nicht am Fuße desselben, sondern sogar ziemlich weit lateralwärts davon. Mit der Achse des vierten Auges bildet der Augennerv einen kleineren, aber noch weit über 90° großen Winkel; in den Pigmentbecher dringt er weniger weit vom Fuße desselben ein. Mit der Achse des ersten Auges, welche in der Regel ebenso wie die des 2. und 3. Auges, nur meist etwas mehr, gekrümmt ist, bildet der Augennerv schon einen geringen Winkel, durchbohrt aber die Pigmenthülle ebenfalls etwas lateral am hinteren Pole des Bechers.

Der Augennerv besteht aus einem sehr dicken Bündel von verschieden, aber durchgehends ziemlich starken, sogar bei dem in Rede stehenden, gestreckten Thiere auffallend welligen Primitivfibrillen (*spf* in *n* von Fig. 7 und 4 Taf. 31, Fig. 8 Taf. 25, Fig. 4 Taf. 30). In Fig. 5 Taf. 31 sind fünf Primitivfibrillen, *pf* 1—5, bei 1500 facher Vergrößerung, so weit sie in der Schnittdicke und Raum im Zeichenfelde des ABBE'schen Apparates vorhanden, genau gezeichnet<sup>2</sup>: von *pf* 5 und *pf* 4 nur kleinere Strecken, von *pf* 1 die längste Strecke bis in Zelle *d* hinein, indessen mit einer kleinen Unterbrechung dort, wo sie Zelle *a* überschreitet. (Die verbindenden Stückchen sind im vorhergehenden Schnitte aufzufinden.) Auch die Primitivfibrille *pf* in Fig. 3 Taf. 30 ließ sich durch das ganze Zeichenfeld bis in die Zelle *f* hinein verfolgen.

Die im Augennerv vereinigten Primitivfibrillen müssen sehr zahlreich sein, weil jede Retinazelle eine besondere erhält; dass sich welche vorher spalteten, und ein Ast die eine, der andere eine zweite Retinazelle versorgen würde, kommt nicht vor. Die Retinazellen am Grunde des Pigmentbechers sind bedeutend kleiner, als die am Rande desselben, aber nichtsdestoweniger hat jede ihre Primitivfibrille vom Schlundringe her gesondert. Und die Zahl der Retinazellen ist sogar in den Augen des am wenigsten entwickelten fünften Paares in der Regel mindestens dreimal so groß, wie bei *Pseudobranchellion*.

Die Retinazellen des *Hirudo*-Auges sind sehr verschieden orientirt; keineswegs liegt der Kern von allen der Augenachse, beziehungsweise

<sup>1</sup> Ob der Nerv die Pigmentwand mehr dorsal oder ventral zu durchbohren scheint, kann auch von Zufälligkeiten abhängen, namentlich vom verschiedenen Contractionszustand des vorderen Körperendes. Ganz constant ist aber bei allen Augenpaaren das, wenn auch nicht immer gleich ausgesprochene, laterale Eindringen des Nerven.

<sup>2</sup> In der Lithographie musste ein Theil ihres proximalen Verlaufes wegen Mangels an Raum auf der Tafel weggelassen werden.

dem Nerv zugekehrt, wie man es vielleicht nach dem bei *Pseudobranchellion* Mitgetheilten erwarten könnte. Desshalb muss manche Primitivfibrille, um ihre betreffende Zelle von der Kernseite zu erreichen, einen kleineren oder größeren Umweg machen, nachdem sie sich vom ganzen Bündel getrennt hat. Dieser Austritt aus dem Bündel geschieht z. B. im dritten Auge bald erst in der Höhe, wo die zu versorgende Zelle liegt, wie bei Primitivfibrille *pf* 2 und *pf* 3 in Fig. 5 Taf. 31, bald schon bedeutend früher, wie bei *pf* 1 ebendort. Dass aber eine Primitivfibrille distaler, als die zu versorgende Zelle liegt, heraustreten würde und demgemäß in eine proximale Richtung umkehren müsste, habe ich nie beobachtet; indessen kommt es gelegentlich vor, dass sich die Primitivfibrille unmittelbar vor dem Eindringen in die Zelle mehr oder weniger nach rückwärts krümmt.

Man darf jedoch nicht sagen, dass die einzelnen Retinazellen in einer den Lichtstrahlen, die in das Auge eindringen können, parallelen Richtung innervirt würden, ebenso wenig, wie das ganze Auge. Nur vom vierten und noch mehr vom fünften Auge könnte man es theilweise sagen. Hier müssen die in das Auge an der Seitenwand des Pigmentbeckers eingedrungenen Primitivfibrillen sofort, wenn sie das virtuelle Lumen des Auges erreicht haben, in zwei Richtungen divergiren: der kleinere Theil wendet sich in rostraler und medialer Richtung gegen den Boden, der andere größere in caudaler und lateraler Richtung gegen die Öffnung des Pigmentbeckers. Demnach wird der größere Theil der Retinazellen in einer der in das Auge eindringenden Lichtstrahlen entgegengesetzten Richtung, der kleinere Theil in der Richtung der Lichtstrahlen von den leitenden Bahnen erreicht. Im Allgemeinen kann man aber behaupten, das *Hirudo*-Auge sei gegen die Lichtrichtung, das *Pseudobranchellion*-Auge in der Lichtrichtung innervirt. In dieser Beziehung ist also zwischen *Hirudo* (auch *Aulastoma* und, wie ich glaube — mich zu überzeugen habe ich noch keine Zeit gehabt — allen Gnathobdelliden) und *Pseudobranchellion* (vielleicht allen Rhynchobdelliden) ein nicht unwesentlicher Unterschied vorhanden.

Einen Austritt von Neurofibrillen aus den Retinazellen in die Pigmenthülle des Auges und aus den subepidermalen Sinneszellen in das interstitiale Bindegewebe glaube ich hier und da gesehen zu haben. Jedenfalls sind die austretenden Neurofibrillen sehr dünn. Von einem Sammeln der im Neurofibrillengitter netzförmig angeordnet gewesenen Neurotagmen zu parallelen Längsreihen, die in einer austretenden starken Primitivfibrille vereinigt wären, wie das bei den epithelialen

Sinneszellen so außerordentlich deutlich zu sehen ist, kann bei *Hirudo* keine Rede sein.

Demnach kann der ganze Zusammenhang zwischen den Tastkegelchen und den subepidermalen Sinneszellen auch bei *Hirudo* lediglich in nichts Anderem bestehen, als in der Nähe von gewissen subepidermalen Sinneszellen, eventuell Gruppen von solchen zu gewissen epidermalen Sinneszellen.

Die Retinazellen des *Hirudo*-Auges reichen, wie gesagt, ganz bis an die Epidermis; dass aber diese in der Umgebung der Öffnung des Augenbeckers, oder geradezu über diesem an epidermalen Sinneszellen nothwendigerweise stets besonders reich wäre, könnte ich nicht sagen. Allerdings giebt es, wenn auch nicht immer genau über dem Auge, so doch in der Nähe der Stelle, wo das Auge an das Epithel stößt, in den meisten Fällen ein größeres Tastkegelchen. Solche giebt es aber in den bekannten charakteristischen Längslinien des Körpers auf dem ersten Ringe von allen Somiten, auch wo keine Augen sind. Der eigentliche Augennerv trennt sich, ebenso wie bei *Pseudobranchellion*, erst unweit vom Auge von dem gemeinsamen Nervenstamm, mit dem er bis dorthin anatomisch vereinigt ist. Er bildet von den zwei Ästen desselben, ausgenommen beim ersten und zweiten Augenpaare, den dünneren. Der andere spaltet sich bald darauf, und ein Zweig von ihm versieht das eventuell über dem Auge befindliche Tastkegelchen, die anderen Zweige andere Tastkegelchen und isolirte Sinneszellen der betreffenden Seite des Somits. Der eigentliche Augennerv enthält nur für die Retinazellen des Auges Primitivfibrillen; ja sogar die meisten um die Mündung des Augenbeckers herum in der Nähe der Epidermis liegenden Retinazellen werden nicht von den im Augennerven enthaltenen Primitivfibrillen, auch nicht vom Auge aus innervirt, sondern von Primitivfibrillen, die in dem anderen Aste des gemeinsamen Stammes verlaufen und in den Augenbecher überhaupt nicht eintreten.

Die Primitivfibrillen des Augennerven stellen auch bei *Hirudo* ein stets deutlich unterscheidbares, vom Anfang an isolirtes Bündel im gemeinsamen Nervenstamm dar. Es ist also nicht richtig, epidermale Sinneszellen als integrirende Bestandtheile des *Hirudo*-Auges zu betrachten; es liegt für die Annahme der physiologischen Zusammengehörigkeit einer bestimmten Gruppe von solchen mit der im Pigmentbecher steckenden Gruppe von Retinazellen kein wirklicher Grund vor.

Bevor wir das *Hirudo*-Auge verlassen, muss ich die Thatsache noch besonders betonen, dass jedes Auge von *Hirudo*

(und auch von *Aulastoma*) einen eigenen intraocellären Augenmuskel besitzt. Wir haben es bei der Besprechung der Nervenmuskeln schon kurz erwähnt, dass die sich innerhalb der Neurilemm-scheide an die Gruppe von Nervenfasern eng anschmiegende Muskelfaser den Augennerven bis in das Auge hinein begleitet. Der Augennerv behält den weitaus stärksten der Äste, in welche sich die Muskelfaser des Nervenstammes, aus welchem der Augennerv entspringt, bei der Verästelung des Nerven theilt. Aber auch der Muskel des eigentlichen Augennerven spaltet sich in mehrere Schenkel, meist schon bevor der Nerv in das Auge eintritt. Ausgenommen einige kleinere Zweige, tritt der ganze Muskel in das Auge, sich fächerförmig ausbreitend, ein. Die contractilen Primitivfibrillen, in welche er sich dabei spaltet, dringen zwischen den Retinazellen bis an die Pigmentwand, und ein Theil von ihnen erreicht sogar den Rand des Pigmentkelches. Vom intraocellären Augenmuskel ist ein mehr proximaler Theil in Fig. 3 Taf. 30 (*m*) angedeutet, ein etwas mehr distaler, nahe zur ventralen Pigmentwand, in Fig. 6 Taf. 31 abgebildet. Mehrere Muskelzweige schmiegen sich auch von außen dem Auge an, und desshalb kann man auch von extraocellären Augenmuskeln reden. — Schließlich sei noch erwähnt, dass auch die Glia-scheide des Augennerven mit in das Auge einzudringen und sich dort zwischen den Retinazellen in Fibrillen aufzulösen scheint.

Die Retinazellen und die subepidermalen Sinneszellen von *Aulastoma* unterscheiden sich von denen von *Hirudo* vielleicht am Wesentlichsten dadurch, dass, obwohl sie selbst kleiner, doch die in sie eindringenden Primitivfibrillen bedeutend dicker, beinahe so dick wie bei *Pseudobranchellion* sind. Auch das Neurofibrillengerüst, zu dem sich die meist in radialer Richtung eingedrungene Primitivfibrille ausbreitet, ist viel weniger fein, weniger complicirt als bei *Hirudo*. Die Maschen davon sind größer, demgemäß auch weniger zahlreich, und die Drähte dicker. Der Glaskörper ist noch größer, der vorspringende Somatoplasmahügel viel kleiner. Meist bildet letzterer einen nur wenig vorspringenden, schmalen Wulst. Es kommen hier und da, wie übrigens auch bei *Hirudo*, eigenthümliche Doppelzellen vor, Verwachsungen von je zwei, sehr selten mehr ursprünglich vielleicht getrennten Retinazellen, etwas häufiger von subepidermalen Sinneszellen.

Bei *Aulastoma* ist es mir besonders aufgefallen, wie wellig, gewissermaßen wie mit einer zitternden Hand gezeichnet (indessen nie varicös, mit Verdickungen besetzt) sogar die Drähte, des Neuro-

fibrillengitters erscheinen, wenn man sie in Schnitten aus einem stark contrahirten Thiere untersucht. Sie sind dagegen schön glatt bei gestreckten Thieren, so wie ich sie bei *Hirudo* gezeichnet habe.

Die subepidermalen Sinneszellen sind bei *Aulastoma* überhaupt viel spärlicher als bei *Hirudo*. In der Nähe der meisten, ja der größten Tastkegelchen, sogar im Kopfe, giebt es überhaupt keine. Wenn sie nur bei den großen Tastkegelchen des Lippenrandes, bei den eigentlichen LEYDIG'schen becherförmigen Organen fehlten, so könnte man die Ursache davon vielleicht darin suchen, dass diese Tastkegelchen eine andere Function ausüben, als diejenigen, welche sich z. B. am Rücken, in einiger Entfernung vom Mundrande, befinden. Aber sie fehlen ebenso bei sehr vielen, vielleicht der Mehrzahl von den letzteren. Daraus kann man also wohl nur folgern, dass subepidermale Sinneszellen ebenso wenig integrirende Bestandtheile der Tastkegelchen sind, wie die epidermalen Sinneszellen solche des Auges der Hirudineen. Auch in Betreff des letzteren schon an *Hirudo* gewonnenen Schlusses lieferte mir *Aulastoma* besonders beweisende mikroskopische Bilder. An richtig geführten Serienschnitten von verschiedener Richtung kann man sich leicht davon überzeugen, dass die epidermalen Sinneszellen jene Stellen der Epidermis, welche den vom Pigment nicht bedeckten Zellen des Auges am nächsten liegen, eher vermeiden, und Tastkegelchen mehr nur neben der Stelle entwickelt sind, wo die Augenachse die Epidermis trifft. Häufig berühren Gruppen von langgestreckten epidermalen Sinneszellen von außen den Pigmentbecher des Auges; oft ziehen sie allerdings, namentlich bei den letzten zwei Augenpaaren, schräg über die Öffnung des Bechers weg. Nie fällt die Achse des Tastkegelchens mit der Augenachse zusammen, und der Augennerv ist vom Nerv für das Tastkegelchen auch hier stets deutlich getrennt, sie sind bloß eines gemeinsamen Nervenstammes Äste, und auch das nur, weil sie in derselben Region eines Somits liegen.

Die Zahl der Retinazellen ist in den einzelnen Augen bedeutend geringer als in den entsprechenden von *Hirudo*. Auch sind sie weniger dicht gelagert und weichen von der ursprünglichen Kugelform desshalb auch weniger ab. In dieser Beziehung sind sie also von den Retinazellen bei *Pseudobranchellion* noch verschiedener. Im wichtigsten Punkte stehen sie ihnen aber, wie gesagt, näher, darin nämlich, dass mit der abnehmenden Zahl der Retinazellen eine Verstärkung der einzelnen Primitivfibrillen, aber gleichzeitig auch eine geringere Complicirtheit des Neurofibrillengitters Hand in Hand

geht. Wenn bei *Pseudobranchellion* das Neurofibrillengitter doch weniger einfach, etwas maschenreicher ist, so kann das gewissermaßen eine Compensation für die allzu geringe Zahl der Retinazellen sein.

cc. Die freien Verästelungen von leitenden Primitivfibrillen in der Haut.

Bevor wir die sensorischen Primitivfibrillen verlassen, müssen wir noch derjenigen gedenken, welche, wie gesagt, in der Epidermis in ein intercelluläres Geäst übergehen, ohne, wie die bisher besprochenen, erst in eine epitheliale Sinneszelle eingetreten zu sein. In den meisten Fällen passiren diese, wie es ebenfalls schon erwähnt wurde, eine kleine alleinstehende Ganglienzelle im subepidermalen Bindegewebe, bevor sie zwischen die Epithelzellen eindringen.

Diese Art von intercellulärer, sensorischer Endverästelung will ich diesmal mit den Fig. 7, 8 und 13 auf Taf. 29 illustriren. Es wird wohl genügen, diese Figuren etwas zu besprechen. In Fig. 13 ist die kleine Ganglienzelle *gz* bei 1800 facher Vergrößerung, wo die *pf1* hineindringt, bloß angedeutet. Sie füllt den Raum, den sie im Leben wahrscheinlich ganz eingenommen hat, im Präparat nicht mehr aus, sondern es bleibt um sie herum ein kleiner Hohlraum *hr*. Vom Neurofibrillengitter, welches den Kern umgiebt, sind bloß die zwei Schenkel, in welche sich die Primitivfibrille spaltet und die sich hinter dem Kern wieder vereinigen, und eine quere verbindende Neurofibrille differenzirt, möglicherweise überhaupt nicht mehr vorhanden. Ein viel reicheres Neurofibrillengitter befindet sich in der bei bloß etwa 1000 facher Vergrößerung gezeichneten, ebenso liegenden Ganglienzelle von Fig. 7. Zu den Neurofibrillen *pf2* in Fig. 13, *pf* in Fig. 8 und Fig. 7 ist die Ganglienzelle, von der sie kommen, nicht gezeichnet: sie liegt etwas weiter weg von der Epidermis. Bei *pf2* in Fig. 13 und *pf* in Fig. 7 zeichnete ich das Eintreten der Endäste in die Subcuticula nicht, weil die Primitivfibrille vor dem Eintreten in die Subcuticula umbiegt, und ihr weiterer Verlauf sich im optischen Querschnitt zeigt; an *pf* in Fig. 7 sieht man jedoch wenigstens einen in der Schnittebene liegenden, mit der Subcuticula parallelen Seitenast. *pf1* in derselben Figur ist der stärkere Endast, in Form eines Punktes an der Verzweigungszelle auch im optischen Querschnitt zu sehen; der schwächere Ast dringt radiär in die Subcuticula ein. Von *pf* in Fig. 8 liegen zwei und von *pf1* in Fig. 13 drei Endäste in der Schnittebene; alle verlieren sich in der Subcuticula, die zwei seitlichen der letzteren Primitivfibrille, nachdem sie sich parallel zur Cuticula umgebogen haben.

Ich habe solche Stellen zur Darstellung gewählt, wo die Verhältnisse möglichst einfach sind, wo in der unmittelbaren Nähe keine epidermalen Sinneszellen liegen, wo also eine Verwechslung dieser Primitivfibrillen, welche von einem sehr dünnen perifibrillären Mantel umhüllt sind, mit Primitivfibrillen in den in ihrem distalen Abschnitt, wie wir wissen, eventuell ebenfalls außerordentlich dünnen Sinneszellen nicht möglich war.

In Betreff des weiteren Schicksals der Endäste in der Subcuticula müssen wir auf das von den Endästen der aus den Sinneszellen herausgetretenen Primitivfibrillen Mitgetheilte verweisen (s. oben pag. 656—657): wahrscheinlich nehmen sie an der Bildung eines leitenden Elementargitters in der Subcuticula Theil. Eine Endigung des Leitenden ist nirgends zu constatiren.

#### b. Das leitende Element in den Muskelfasern von Pontobdella.

In was für physiologische Beziehungen auch leitende Primitivfibrillen mit was für Zellen immer treten, so geschieht dies bei Hirudineen und *Lumbricus*, und, so weit ich nach meinen bisherigen Erfahrungen urtheilen kann, wahrscheinlich bei allen Thieren in der Weise, dass die leitende Primitivfibrille erstens in die Zelle eindringt und zweitens sich dort verästelt.

Bei den Ganglienzellen, einerlei ob sie sensorisch, motorisch oder bloß übertragend sind, sowohl als auch bei den Sinneszellen, epithelialen und subepithelialen, führt diese Verästelung zur Bildung eines Neurofibrillengitters; und aus dem Neurofibrillengitter treten bei den Ganglienzellen und in noch einfacherer Weise bei den epithelialen Sinneszellen sämmtliche Elementarfibrillen, die an seiner Bildung Theil genommen haben, wieder heraus und verlassen, stets wenigstens zum größten Theil, meist aber alle, auch die Zelle selbst: die leitenden Primitivfibrillen endigen nicht in der Zelle. Bei einem Theile der Ganglienzellen und in den epithelialen Sinneszellen umschließt das Neurofibrillengitter mehr oder weniger eng den Kern.

Bei den Muskelfasern fand ich zwar auch stets ein Eindringen von einer Primitivfibrille oder von mehreren in die Zelle, und die Primitivfibrille verästelt sich dort in einer meist ebenfalls complicirten Weise, aber es kommt nie zur Bildung eines geschlossenen Neurofibrillengitters, in den glatten Muskelfasern überhaupt zu keiner Gitterbildung, sondern die Primitivfibrille spaltet sich bei steter Gabelung in immer dünnere Primitivfibrillen, vielleicht schließlich in

Elementarfibrillen. Diese, sagen wir, Elementarfibrillen bleiben aber nicht in der Muskelzelle, sondern treten aus ihr in irgend einer Weise heraus. Eine Endigung der leitenden Bahn findet also eigentlich auch in der Muskelzelle nicht statt. Dagegen existirt in der Muskelzelle keine innigere Beziehung, wie in den motorischen Ganglienzellen von *Hirudo* und in den epithelialen Sinneszellen, zwischen Kern und Leitungswegen. Leitende Anastomosen zwischen den Muskelfasern sind viel häufiger und leichter nachweisbar als zwischen den bisher betrachteten Zellen.

Bei allen untersuchten Thieren (*Ascaris*, *Lumbricus*, Hirudineen, *Anodonta* und *Unio*, *Rana* und *Triton*) geschieht die Innervirung der glatten Muskelfasern in einer im Wesentlichen ganz gleichen Weise; aber nirgends fand ich die Verhältnisse zur Demonstration davon so günstig wie bei *Pontobdella*. Auch *Ascaris* ist in mancher Beziehung, namentlich wegen ihrer verhältnismäßig dicken contractilen Leisten, der großen Entfernung der Leisten von einander in der Rindensubstanz und auch wegen der starken Entwicklung der Medullarsubstanz der Faser ein sehr geeignetes Object. Die Anordnung des leitenden Elementes in der *Ascaris*-Muskelfaser habe ich indessen bereits wiederholt genau beschrieben<sup>1</sup>, und so will ich mich diesmal auf *Pontobdella* beschränken, um so mehr, als auch die Innervirung der quergestreiften Muskelfasern der Wirbelthiere leicht und ungezwungen auf den gleich zu beschreibenden Typus bei *Pontobdella* zurückgeführt werden kann, wie ich es in der nächsten Mittheilung zu zeigen beabsichtige. Diesmal bin ich, wegen des so schon zu großen Umfanges dieser Mittheilung, gezwungen, mich vergleichender Betrachtungen mit Wirbelthieren zu enthalten.

Die Goldchloridfunction, und zwar sowohl die alte, die Vorvergoldung, als besonders die von mir eingeführte Methode der Nachvergoldung, leistet bei der Untersuchung der Innervirung der Muskelfasern auch nach meinen Erfahrungen weitaus die besten Dienste. Um nun zu zeigen, in wie überraschender Weise unser Einblick in das Wesentlichste bei der Innervirung durch die bei meinem Verfahren gegebene Möglichkeit, die leitenden Primitivfibrillen selbst in den Nervenbahnen zu differenziren, gefördert wird, will ich die innervirte Muskelfaser dem Leser erst nach der gewöhnlichen

<sup>1</sup> Über die Muskelfasern von *Ascaris*, nebst Bemerkungen über die von *Lumbricus* und *Hirudo*. in: Zeit. Wiss. Mikr. 10. Bd. 1893 pag. 36—73 Taf. 3 und pag. 319—361. — Das leitende Element in den Muskelfasern von *Ascaris*. in: Arch. Mikr. Anat. 43. Bd. 1894 pag. 886—911 Taf. 36.

Vergoldung (Vorvergoldung ohne Differenzirung des eigentlich Leitenden) und dann nach meinem Verfahren (Nachvergoldung mit differenzirten leitenden Primitivfibrillen) vorführen. Fig. 1 und 2 Taf. 32 stellt sie im ersteren, Fig. 3 im letzteren Falle dar.

Ich muss den Leser zunächst daran erinnern, dass die Muskelzellen (stets einzellige Muskelspindeln, nach der von mir gebrauchten Bezeichnung) der Hirudineen meist sehr langgezogene, oft auch sehr abgeplattete Schläuche sind mit mehr oder weniger weitem Lumen und mehr oder weniger dicker Wand. Das Lumen des Schlauches ist von dem eigentlichen Somatoplasma der Muskelzelle (Medullarsubstanz) erfüllt, und die Wand von der contractilen Substanz (Corticalsubstanz) gebildet. Das Somatoplasma ist ein durch Zellsaft sehr gelockertes alveolares Protoplasma. Der Kern liegt meist in der Mitte der Faser; er ist bei *Pontobdella* groß und chromatinarm. Ein dichteres, körnigeres und stärker tingirbares Somatoplasma umgibt ihn und dehnt sich an seinen beiden Polen bis in eine gewisse Entfernung vom Kerne in die Länge. Die contractile Substanz besteht aus den homogenen, stark und einachsig doppelbrechenden contractilen Leisten (die längere Achse des Elasticitäts-Ellipsoids parallel der Muskelfaser), die ich als in radiären Reihen dicht angeordnete contractile Primitivfibrillen erkannt habe. Mit den contractilen Leisten alterniren radiäre Zwischenleisten aus Interfibrillärsbstanz. Bei Vergoldung der frischen Muskelfaser tingiren sich die contractilen Leisten sehr wenig, oft gar nicht: sie erhalten höchstens einen blassen, rosarothten Farbenton; die Zwischenleisten werden dagegen kirschroth, mehr oder weniger fein gekörnt, immer viel dunkler, als die contractilen Leisten. Noch dunkler wird das Somatoplasma und grobgekörnt. Der Kern färbt sich in der Regel nicht mit, oder nur sehr wenig. Diese Tinctionsverhältnisse sind in zwei Muskelfasern in Fig. 1 Taf. 32 am Querschnitt wiedergegeben. Von den übrigen Muskelfasern sind hier, ebenso wie in Fig. 2 bloß die Contouren genau eingezeichnet. In Betreff der Structur sind nur die helle, contractile Rinde *cs* und die dunkle Medullarsubstanz *mpl* (Medullarplasma) unterschieden (*q.long.m* sind die quer getroffenen Fasern der Längsmuskelschicht, *s.diag.m* die schräg getroffenen der diagonalen Schichten und *l.circ.m* die längs getroffenen der circulären). Die inverse Färbung bekommt man, wenn man die Muskelfasern nach der Fixirung (z. B. in Sublimat, Sublimatalkohol etc.) in den Schnitten vergoldet: die contractilen Leisten sind die dunkelsten, die Zwischenleisten sind die hellsten Bestandtheile des Bildes, erstere

intensiv kirschroth, letztere beinahe ganz farblos. Das Somatoplasma ist hell rosaroth, stets viel heller als die Rinde im Ganzen; der Kern ist stark gefärbt, wie sich ein so wasserreicher Kern nur färben kann. Desshalb habe ich die contractilen Leisten, wo Muskelfasern in den weiter oben besprochenen anderen Figuren nur angedeutet sind, dunkel gezeichnet (u. A. in Fig. 3 u. 7 Taf. 23, Fig. 3 Taf. 30, Fig. 6 Taf. 31).

Die Muskelfasern der Hirudineen sind an ihren Enden zum Theil in der Regel unverästelt: so die longitudinalen, diagonalen und circulären Fasern des Hautmuskelschlauches, welche in eine feine, lange Spitze ausgezogen endigen, und in welchen das Medullarplasma schon vor dem Ende der Faser aufhören kann. Unverästelt sind auch gewisse kurze Muskelfasern, namentlich die Homologa der eben erwähnten in der Haftscheibe und im Saugnapf; diese sind aber an beiden Enden kaum verjüngt, sondern abgestumpft oder schräg abgeschnitten; in ihnen geht das Medullarplasma bis zum Ende der Faser. Andere Muskelfasern sind in der Regel an beiden Enden stark verästelt: so die dorsoventralen und die Fasern der beiden Muskelschichten in der Darmwand.

Die parallel neben einander verlaufenden Muskelfasern sind nicht nur mit ihren unmittelbaren Nachbarn, sondern auch mit entfernteren durch mehr oder weniger feine Querbrücken verbunden, die im letzteren Fall von einer Muskelfaser bis zur anderen mehrere dazwischen liegende kreuzen, gelegentlich aber auch an diese feine Ästchen abgeben.

Besonders schön sind diese Verbindungen in der Darmwand von *Pontobdella* zu sehen, von welcher wir bereits mitgeteilt haben, dass sie sich mit Leichtigkeit in der ganzen Ausdehnung des Mittelkörpers lospräpariren und, wenn nöthig, auch vom Epithel befreien lässt. Sie bildet, wenn man sie aus einem mit Blut vollgesogenen und auf das physiologische Maximum gestreckten Thiere nimmt, sogar sammt Epithel eine so dünne Membran, dass man mit den stärksten Vergrößerungen zu allen ihren Schichten hinzukann. Auf das Epithel folgen, wie ebenfalls schon erwähnt, nach einer Bindegewebsschicht, welche u. A. ein reiches Capillarnetz führt, erst die longitudinalen Muskelfasern in regelmäßigen Abständen im Ganzen und Großen parallel mit einander in einer Lage; darauf folgen die breiteren circulären Muskelfasern ebenso. Das oben beschriebene Netzwerk von Nervenfasern, welches größtentheils zwischen den beiden Muskelschichten liegt, und die zweierlei Muskelfasern bilden zusammen ein

merkwürdiges contractiles und leitendes Gewebe vom größten Interesse und von günstigster Beschaffenheit für die Untersuchung. Wenn man solche Membranen sowohl frisch, als auch nach Sublimatfixirung vergoldet und sie in concentrirtes Glycerin, oder in mancher Hinsicht noch besser in meinen Gummisyrup einschließt, so bekommt man absolut haltbare mikroskopische Bilder von der größten Klarheit und Eleganz, welche nicht nur in Betreff des Zusammenhanges und des Verlaufes der Elemente, sondern auch in Betreff ihrer feinsten histologischen Beschaffenheit so viel zeigen, wie man an Schnittpräparaten kaum je herausbekommen könnte.

Die Längsmuskelfasern der Darmwand sind bis zu 5 mm lang und  $50 \mu$  breit, kaum  $\frac{1}{5}$  so dick wie breit, ausgenommen in der Mitte, wo der Kern liegt und sie etwas dicker sind; die Quermuskelfasern sind bis zu 8 mm lang,  $100 \mu$  breit und verhältnismäßig eben so dünn, wie die Längsmuskelfasern. Jede Muskelfaser kann also bei der sehr durchsichtigen Färbung, die ihnen vom Goldchlorid gegeben wird, in ihrer ganzen Dicke leicht durchforscht werden, sogar mit den allerstärksten Ölimmersionssystemen, was ich zu betonen nicht versäumen wollte.

Die queren oder schrägen dünnen Verbindungsbrücken, die Muskelbrücken, geben Paaren der neben einander bis zu  $\frac{1}{3}$  mm weit liegenden Quermuskelfasern und der von einander bis zu  $\frac{1}{10}$  mm entfernten Längsmuskelfasern ein strickleiterförmiges Aussehen. Schräge Brücken verbinden auch Längsmuskelfasern mit Querfasern. Jede Muskelfaser spaltet sich, indem sie sich gegen ihr Ende allmählich verzweigt, wiederholt in mehrere Endäste; diese verschmelzen entweder mit ebensolchen Endästen von anderen Muskelfasern, denen sie begegnen, oder sie gestalten sich zu schrägen Seitenästen der letzteren. Manche Äste werden äußerst dünn, kreuzen mehrere Fasern und sehr oft verlaufen sie lange Strecken hart an anderen Fasern, bis sie sich schließlich noch einmal spalten, und die Zweige in die nächstliegenden oder in entferntere Muskelfasern eindringen.

Solche sehr verzweigten Muskeläste verschmelzen aber gewöhnlich auch mit dünnen Nervenästen, welche aus dem intermuskulären Nervengitter der Darmwand heraustreten, und es ist meist gar nicht möglich, anatomisch zu unterscheiden, wo der Muskel aufhört und der Nerv anfängt. Natürlich handelt es sich in der That bloß um eine eigenthümliche Art von Innervirung, wo der Nervenzweig auf dem durch den Muskelast vorgezeichneten Wege in die Faser eindringt, wie man sich davon nach Differenzirung der betreffenden

leitenden Primitivfibrille im Nervenzweig überzeugen kann. In solchen Präparaten überzeugt man sich aber auch davon, dass die Querbrücken nicht alle aus contractiler Substanz bestehen. Ein Theil von ihnen entspricht je einer contractilen Primitivfibrille, ein anderer je einer sehr dünnen leitenden Primitivfibrille, vom perifibrillären Mantel umgeben; endlich giebt es auch Querbrücken, welche aus contractilen und leitenden Primitivfibrillen bestehen.

Die Innervirung der Muskelfasern der Darmwand geschieht, wenn wir vorläufig von dem nur nach Differenzirung der leitenden Primitivfibrillen sichtbaren Vorgang im Inneren der Faser absehen, in der Weise, dass ein dünner Nervenzweig, sich entweder bis zur Berührung seitlich an sie schmiegend oder in ganz geringer Entfernung von ihr, eine Strecke lang mit der Muskelfaser parallel läuft, dann ein Seitenästchen, welches in die Muskelfaser eindringt, abgiebt und eventuell in derselben Richtung weiter zieht, um bald schräg die Faser zu durchkreuzen und sich in derselben Weise an die benachbarte Faser zu schmiegen und sowohl für diese, als auch für noch mehrere andere je ein Ästchen eben so abzugeben.

Ähnlich ist das äußere Bild der Innervirung der Muskelfasern des Hautmuskelschlauches. Was man davon an Goldchloridpräparaten ohne Differenzirung des Leitenden sehen kann, ist in Fig. 1 und 2 Taf. 32 dargestellt: erstere zeigt die Innervirung der Längsfasern, letztere, an einer anderen Stelle desselben Querschnittes vom Vorderkörper einer kleineren *Pontobdella*, die Innervirung der diagonalen und circulären Fasern. Das Thier wurde in toto frisch vergoldet, in Celloidin eingebettet, und der Vorderkörper in eine Serie von 15  $\mu$  dicken transversalen Schnitten zerlegt.

Fig. 1 zeigt, wie ein zwischen der longitudinalen und der diagonalen Muskelschicht in lateraler Richtung (— die gezeichnete Stelle ist eine mediane dorsale Partie —) verlaufender Nerv (*mm*: Muskelnerv) mehrere Seitenäste nach innen abgiebt. Diese Äste geben wieder Seitenäste ab, und zwar wiederholt, an zwei Stellen sogar gleichzeitig nach beiden Seiten. Solche Seitenäste zweiter Ordnung dringen in die longitudinalen Muskelfasern, die hier durch ihre Querschnitte vertreten sind, ein. Der eingetretene Nerv scheint sich in der contractilen Rinde kolbenförmig zu verdicken und damit zu endigen. Die Verdickung dringt also nicht bis zum Medullarplasma vor, sondern bleibt, radiär stehend, in der contractilen Rinde. Das Bild der längsgetroffenen Muskelfasern *l. circ. m* in Fig. 2 beweist, dass die kolbenförmige Verdickung das Querschnittbild einer

longitudinalen Leiste oder eines Wulstes ist, welcher von der Oberfläche der Muskelfaser in radiärer Richtung in die contractile Substanz hineinragt. Die Länge des Wulstes ist schwer genau zu bestimmen, da er sich an seinen beiden Enden allmählich verliert: 60—80  $\mu$  lang sah ich ihn oft deutlich. Seine maximale Höhe besitzt er in der Mitte, dort, wo der Nerv in ihn übergeht; auch diese ist aber, wie schon Fig. 1 zeigt, verschieden. Dieses scheinbare Endgebilde des in die Muskelfaser eingedrungenen Nerven, welches man nach unseren bisherigen Kenntnissen auch in der That schlechthin als die »motorische Nervenendigung« bei Hirudineen hätte bezeichnen können, besteht aus einer auffallend dunkel tingierten, bald mehr grobkörnigen, bald mehr homogenen Substanz, welche wie eine directe, nur etwas dunklere und etwas mehr körnige Fortsetzung der Substanz des innervirenden Nervenastes aussieht. Von der Existenz der leitenden Primitivfibrillen sieht man nämlich bei dieser Vorvergoldung höchstens eine vage Andeutung, eine verschwommene Längsstreifung besonders an den dickeren Nerven. Im Allgemeinen haben hier die Nerven das Aussehen des Wirbelthier-Achseneylinders in den üblichen Goldchloridpräparaten für die Untersuchung der Nervenendigungen: sie sind mehr oder weniger dunkel rothviolett.

Fig. 2 ist eine besonders lehrreiche Stelle des Präparates: sie beweist, dass die beiden diagonalen Muskelschichten und die circuläre Schicht durch successive abgegebene Seitenäste gemeinsamer Nerven, ja wahrscheinlich Nervenfasern, innervirt werden. Ein solcher, radiär gegen die Peripherie gerichteter kleiner Nerv giebt innerhalb der Schnittdicke — denn es wurde sowohl hier, als auch in Fig. 1 nur so viel gezeichnet, als in jenem einen Schnitte vorhanden war, nichts wurde, um die Beweiskraft des Bildes nicht zu beeinträchtigen, durch Zuhilfenahme der benachbarten Schnitte ergänzt — 12 Äste ab, und zwar meist nach einander, aber einige auch gleichzeitig, in gleicher Höhe. Die Äste sind in ihrer Reihenfolge numerirt, und man sieht, dass jeder in die nächstliegende Muskelfaser eindringt. Die Äste 5 und 9 sind bald nach ihrem Ursprunge abgeschnitten; die Fasern, die sie innerviren, sind nicht im Schnitte. Bei dem Sternehen ist der schon sehr dünn gewordene Stamm ebenfalls durchgeschnitten. Die letzten Äste im Schnitt 11 und 12 sind auffällig dünn, 12 auch äußerst lang zu verfolgen, ohne dass er in eine Muskelfaser eintreten würde.

Die Muskelfasern werden nicht nur von verschiedener Seite, sondern auch in sehr verschiedener Höhe innervirt, wie man schon

aus den Schnitten nach den verschiedenen großen Durchmessern der Stellen, wo der Nerv eintritt, folgern kann, wenn man in Betracht zieht, dass die einzelnen Fasern derselben Schicht unter einander ziemlich gleich stark sind und sich gegen ihre beiden Enden in ziemlich gleicher Weise verjüngen. Ein Querschnitt von geringerem Durchmesser zeigt, dass die Faser weiter vom Kern durchschnitten wurde, als die Faser mit größerem Querschnitt in derselben Lage. Von den 15 Muskelfasern, deren Innervirung an den gezeichneten zwei Stellen in der Schnittdicke stattfindet, hat nur eine ihren Kern (Faser *h* in Fig. 2 Taf. 32) in der Höhe der Eintrittsstelle des Nerven. Die Innervirung braucht also keineswegs in der Nähe des Kernes zu geschehen.

Manche Muskelfasern, vielleicht alle, die über ein gewisses Maß lang sind, erhalten mehrere Nerven. Von denen der Darmwand weiß ich es sicher; die Längsfasern des Hautmuskelschlauches sind aber noch viel länger, als die Darmmuskelfasern, nämlich meist so lang, wie das ganze betreffende Somat, können also gelegentlich eine Länge von über 15 mm erreichen. Auch kann eine und dieselbe Muskelfaser in verschiedener Höhe Äste von Nerven, die sogar aus Ganglien von verschiedenen Somiten entspringen, empfangen. In Fig. 1 Taf. 32 erhält die eine der ausgeführten Muskelfasern *m(b)* am selben Querschnitt zwei Nervenzweige, die von verschiedenen Ästen eines Nerven abgegeben werden.

Von Verbindungsbrücken sieht man in den dargestellten Partien nur eine in Fig. 1, zwischen der Muskelfaser *m(a)* und der nächstliegenden. Es könnte kaum deutlicher sein, dass sie keine contractile, auch keine protoplasmatische, sondern eine leitende Verbindung ist. Hätte die Tinction die leitenden Primitivfibrillen differenzirt, so würde man in der Brücke *vne* eine äußerst feine, wahrscheinlich stark wellige schwarze Primitivfibrille wahrnehmen können, welche von blass violetter Perifibrillärs substanz umhüllt ist. Und in der That liegen solche Bilder in meinen Serien mit nachträglicher Vergoldung von *Hirudo* vor mir.

Dies führt uns aber schon zu den intimeren Beziehungen zwischen Nerv und Muskelfaser, welche meine Goldchloridmethode enthüllt.

Zunächst muss ich betonen, dass an jeder Stelle, wo wir das Eindringen eines Nervenästchens in die Muskelfaser schon nach der obigen Methode gesehen haben, stets nur je eine leitende Primitivfibrille in die Zelle eintritt. Indessen geschieht dies, wie bewiesen wurde, bei

einer und derselben Muskelzelle an verschiedenen Stellen wiederholt. Allerdings kann die eintretende Primitivfibrille von sehr verschiedener Dicke sein. Manchmal entspricht sie mit ihrer Umhüllung (mit dem farblosen peribrillären Mantel und — bei *Hirudo* — der Gliascheide) einer noch unverästelten motorischen Nervenfasern, wie wir sie in den Nerven schon kennen gelernt haben. Ein anderes Mal, besonders charakteristisch in der Darmwand, verästelt sich die starke Primitivfibrille vorher, nicht selten mehrere Male, und in die Muskelzelle dringt nur je ein Zweig hinein, und zwar pflegen die Äste derselben Primitivfibrille nicht an verschiedenen Stellen in dieselbe Muskelzelle, sondern in verschiedene Zellen einzutreten. Die Spaltung der motorischen Primitivfibrille kann schon im Nerv, bevor die Faser ihn verlassen hat, geschehen; in der Regel enthält aber die herausgetretene motorische Faser die noch einheitliche motorische Primitivfibrille, welche sich erst nachher verästelt. Übrigens scheinen auch in solchen Fällen, wo die Primitivfibrille der noch unverästelten motorischen Faser ganz in eine Muskelzelle eindringt, nicht sämtliche Elementarfibrillen, die in der eingedrungenen Primitivfibrille enthalten sind, für jene eine Muskelzelle zu dienen; denn einer oder mehrerer von den Ästen, in welche sich die Primitivfibrille in der Muskelzelle immer spaltet, treten ohne reichlichere weitere Verästelung früher oder später aus der Muskelzelle wieder heraus und in eine andere, benachbarte oder entferntere Muskelzelle ein. Es handelt sich also bloß darum, dass der betreffende Ast der motorischen Primitivfibrille nicht außerhalb, sondern in einer Muskelfaser abgegeben wird und seinen Weg nicht zwischen den Muskelfasern, sondern durch eine, vielleicht mehrere solche zu derjenigen, für welche sie eigentlich bestimmt ist, einschlägt. Das allgemein Gültige bei allen diesen Möglichkeiten ist also, dass die starke Primitivfibrille der motorischen Nervenfasern mehrere Primitivfibrillen in sich vereinigt, die zur Innervierung von verschiedenen Muskelzellen dienen. Auch in dieser Beziehung entspricht sie also vollkommen dem motorischen Achsencylinder der Wirbelthiernerven.

Was nun das Weitere bei der intramuskulären Verästelung der innervirenden Primitivfibrille betrifft, so spaltet sich letztere dichotomisch oder trichotomisch öfter nach einander, meistentheils in Endäste, und zwar in der Weise, dass die Äste mit der Strecke der Neurofibrille, aus welcher sie entstehen, meist einen rechten Winkel bilden. Aus querverlaufenden Strecken entspringen meist zwei longitudinale Äste, die in einer Linie entgegengesetzt verlaufen, oder

zwei longitudinale und ein querer ebenfalls senkrecht auf den gemeinsamen Stamm. Der longitudinale Ast biegt sich meist rechtwinkelig quer um und giebt dann selbst wieder zwei longitudinale Zweige oder auch noch einen queren und so weiter, bis die resultirenden Primitivfibrillen so dünn werden, dass sie vielleicht schon Elementarfibrillen entsprechen; aber sie endigen auch dann noch nicht, sondern entziehen sich aus bloß technischen Gründen der weiteren Beobachtung. Sämmtliche longitudinale Strecken der Äste liegen zwischen je zwei contractilen Leisten, in der Zwischenleiste; kurze quere Strecken liegen ebendort und sind stets radiär, nie durchbohren sie die contractilen Leisten. Längere quere oder schräge Strecken durchsetzen das Medullarplasma, aber zur weiteren Verzweigung von ihnen kommt es in der Regel erst, wenn sie wieder eine Zwischenleiste der betreffenden anderen Seite der Muskelfaser erreicht haben. Anastomosen zwischen den Ästen der innervirenden Primitivfibrille habe ich bei *Pontobdella* und bei anderen Hirudineen nicht gesehen; wahrscheinlich kommen solche in glatten Muskelfasern überhaupt nicht vor.

Die geschilderte Verästelung der innervirenden Primitivfibrille dehnt sich auf sehr lange Abschnitte der Muskelfaser aus, bis auf Millimeter in beiden Richtungen. Der Längswulst beim Eintritt der Primitivfibrille beschützt bloß so zu sagen die ersten Schritte ihrer Laufbahn im Muskel: eine longitudinale, noch unverästelte Strecke oder die ersten, in entgegengesetzter Richtung verlaufenden Hauptäste; die eigentliche, reichlichere Verästelung beginnt erst außerhalb des Wulstes.

Woraus besteht nun dieser Wulst außer der eingedrungenen Primitivfibrille und ihren ersten Ästen? Die Perifibrillärsubstanz hat an seiner Bildung nur einen geringen Antheil, indem sie nicht weit von der Oberfläche mit in den Wulst eindringt, sondern sich darin bald verliert. Der Hauptmasse nach besteht er aus Somatoplasma, und zwar aus einem besonders dichten, feinkörnigen und stark tingirbaren. Er hängt durch feine Protoplasmabrücken, die sich zwischen die contractilen Leisten schieben, an mehreren Stellen mit dem Medullarplasma zusammen.

Ich habe es betont, dass die schon sehr dünn gewordenen intramuskulären Zweige der innervirenden Primitivfibrille sich deshalb unserer weiteren Beobachtung entziehen, weil sie, wenn sie auch trotz ihrer Dünne an und für sich noch verfolgbar wären, unter ungünstigen Verhältnissen ihren Weg fortsetzen, oder, wenn es sich um ihre Verfolgung an Schnitten handelt, durchgeschnitten wurden,

und ihre Fortsetzung im folgenden Schnitt nicht aufgefunden werden kann. Doch sah ich oft, dass solche dünnste Neurofibrillen aus der Muskelzelle heraustreten. Von den dickeren Ästen erwähnte ich schon, dass sie oft in eine andere Muskelfaser hinübergehen; diese dünnsten scheinen in dem intermuskulären Bindegewebe, beziehungsweise in der interstitialen Grundsubstanz zu bleiben und sich dort zu verästeln. Es kommt mir am wahrscheinlichsten vor, dass sie mit anderen ähnlichen ein intermuskuläres Elementargitter bilden.

Alle diese Verhältnisse sind in Folge der großen Ausdehnung des innervirenden Geästes an Schnitten sehr schwer darzustellen, obwohl man die auf- und absteigenden Neurofibrillen als Punkte, und ihre in der Schnittebene liegenden Strecken als Linien, auch in diesen gut erkennen kann. Ein oder zwei Schnitte, die ich hier noch abbilden könnte, würden nothwendigerweise nur einen kleinen Theil des Geästes enthalten, und nach solchen Bruchstücken, die ich nicht selbst zu einem zusammenhängenden Ganzen reconstruiren will, könnte sich der Leser nur einen unvollkommenen Begriff von der Innervirung des Muskels machen. Deshalb wählte ich eine Quermuskelfaser der Darmwand zur Abbildung, welche in der dünnen Membran, die die Muskelschicht bildet, das innervirende Geäst in einem Stück verfolgen lässt.

Die Darmwand von *Pontobdella*, welche für Fig. 3 Taf. 32 als Substrat diente, wurde zwar in frischem Zustande, aber so vergoldet, dass sich sogar die allerdünnsten Neurofibrillen in ihr schwarz gefärbt und äußerst scharf differenzirt haben. Das Präparat trägt trotzdem ganz den Charakter der frischen Vergoldung, der Vorvergoldung: die Zellkerne sind ungefärbt, das Somatoplasma der verschiedenen Zellen mehr oder weniger hell kirschroth, das der Muskelfasern besonders hell, die contractilen Leisten sind kaum merklich, die Zwischenleisten etwas stärker, aber nicht so tingirt, dass sie die in ihnen verlaufenden dünnen Neurofibrillen verdecken würden.

Von der Muskelfaser *m* selbst sind nur die Contouren eines so großen Stückes, wie ich bei einer 500fachen Vergrößerung auf das Zeichenfeld des ABBE'Schen Apparates bekommen konnte, gezeichnet; schon die Andeutung der etwas dunkleren parallelen Längslinien, die die Zwischenleisten im optischen Längsschnitt bedeuten, hätte das ganz genaue Hineinzeichnen von sämtlichen verfolgbaren Verästelungen der leitenden Primitivfibrille *pf* erschwert, und ohne diese wäre der eigentliche Zweck des Bildes nicht erreicht. Verfolgt wurde die Fibrille bei einer 500fachen Vergrößerung (Apochromat 2 mm, Apertur 1,40

von REICHERT, mit Compensationsocular 4), aber jede Stelle wurde nachträglich noch bei einer 1500fachen Vergrößerung controllirt, und die Fibrillen so stark ausgezogen, wie sie bei einer solchen Vergrößerung aussehen.

Die Primitivfibrille *pf* kreuzt die Muskelfaser *m* von *a* bis *b* in schräger Richtung und liegt hier im Präparate über ihr. Von *c* angefangen ist es schon deutlich, dass sich die Primitivfibrille in zwei gespalten hat. Diese, 1 und 2, erreichen bei *b* die Seitenfläche der Faser. 1 geht dort weiter, giebt das Ästchen 3 für die Muskelfaser ab, zieht weiter (4) und dringt bei *e* selbst ein: ein Verhalten, welches im Hautmuskelschlauch nur höchst selten vorkommt. 2 spaltet sich bei *d* ebenfalls in zwei Äste, 5 und 6. 6 bleibt noch länger an der Oberfläche und erfährt mit dieser eine Einknickung. Das weitere Schicksal habe ich bloß von 5 dargestellt. Er dringt quer in das Somatoplasma ein, erreicht die untere contractile Wand der Faser und spaltet sich in drei Zweige, 7, 8, 9. 9 tritt aus der unteren Wand bald heraus und erreicht in schräg longitudinaler Richtung die oberen contractilen Leisten; bei *y* ist er ganz nahe zur oberen Fläche der Faser; dort giebt er successive mehrere longitudinale Zweige ab, welche bei *z* in der betreffenden Zwischenleiste noch weit zu verfolgen sind, aber nicht mehr in das Zeichenfeld hinein gingen. Ast 7 senkt seine longitudinalen Zweige in die Zwischenleisten der unteren Muskelschlauchwand. *u* ist der optische Querschnitt eines Zweiges, welcher sich nach oben, gegen das Medullarplasma richtet; *u*<sub>1</sub> sind Querschnitte von dünnsten Neurofibrillen, die nach unten die Muskelfaser verlassen. Und so haben wir Neurofibrillen, als Äste der eindringenden Primitivfibrille, in der ganzen Dicke der Muskelfaser verfolgt.

Nach dem Mitgetheilten ist es wohl klar, dass es auch bei Hirudineen ein wichtiges Moment für die Innervirung der Muskelfasern ist, dass das leitende Element seine hauptsächlichste Ausbreitung in der contractilen Rinde, zwischen den contractilen Elementen, parallel mit diesen erfährt. Der Vermittler des Nervenreizes scheint die Substanz der Zwischenleisten zu sein. Genau dieselben Verhältnisse habe ich bereits vor längerer Zeit bei *Ascaris* (l. c.) nachgewiesen und gedenke sie nächstens auch bei Wirbelthieren darzuthun.

## c. Das leitende Element in den Flimmerzellen.

Eine gewisse, wie ich glaube, principielle Übereinstimmung besteht in der Anordnung der leitenden Elemente im Somatoplasma zwischen Flimmerzellen und Muskelzellen. Ich kann nämlich die Structurelemente, die ich im Folgenden in den Flimmerzellen noch kurz schildern möchte, nicht gut für Anderes, als für Neurofibrillen halten. In den bisher betrachteten Fällen konnte es keinem Zweifel unterliegen, dass die Gebilde in den Zellen, die wir als solche behandelten, wirklich Neurofibrillen, wirklich das Leitende sind, weil wir das Eindringen der leitenden Primitivfibrille, die sich in jene Gebilde durch unmittelbare Verästelung umgestaltet, direct nachweisen, vom Nerv, ja von der Ganglienzelle her verfolgen konnten. Das Eindringen von leitenden Primitivfibrillen in die Flimmerzellen nachzuweisen, ist mit großen Schwierigkeiten verbunden, die ich bis jetzt noch nicht in befriedigender Weise überwinden konnte.

In dieser Richtung habe ich besonders die Flimmerzellen des Darmes und der Excretionsorgane bei *Lumbricus* und die verschiedenen Flimmerepithelien von *Anodonta* und *Unio* untersucht. So viel habe ich überall gesehen, dass leitende Primitivfibrillen in das Flimmerepithel eindringen; ich konnte aber nicht sehen, dass sie direct in die Zellen eindringen. Sie blieben, so weit ich sie zu verfolgen vermochte, zwischen den Zellen und verästelten sich dort. Mir scheint, dass sie ein intercelluläres, intraepitheliales Neurofibrillengitter bilden, und aus diesem stammen die fraglichen Gebilde, welche in der Zelle mit einer um so größeren Deutlichkeit zu sehen sind, und welche ich für ein System von intracellulären Neurofibrillen halten zu können glaube.

Am allerklarsten liegen die Verhältnisse in den großen, hohen Flimmerzellen des Mitteldarmes von *Anodonta* und *Unio*. Auf diese will ich mich gegenwärtig beschränken.

Die feinere Beschaffenheit dieser Flimmerzellen hat seiner Zeit ENGELMANN in mustergültiger Weise beschrieben. Meine Untersuchungen über diesen Gegenstand, die ich auch schon vor langer Zeit veröffentlichte<sup>1</sup>, haben seine Befunde in den meisten Punkten

<sup>1</sup> Tanulmány a Najadeák Szövettanáról. — Értekezések a Természettudományok köréből, kiadja a M. T. Akademia. XVI köt. VIII f. 1884 121 pp. 102 fig. (Ungarisch.) Studien über die Histologie der Najaden. (Ein Auszug der vorigen Arbeit.) in: Biol. Centralbl. 7. Bd. 1887 pag. 621—630.

bestätigt und in einigen vielleicht ergänzt. Meine Methode der Vergoldung der Schnitte ergibt nun auch in Betreff der Flimmerzellen mikroskopische Bilder, welche die bisher möglichen an Deutlichkeit weit übertreffen und färberische Differenzirungen zeigen, die mich veranlassen, bereits bekannte Bestandtheile der Flimmerzelle in der folgenden neuen Weise aufzufassen.

Schon ENGELMANN zeigte, dass sich die Cilien von gewissen Zellen der Darmwand unseres Objectes nicht einfach eine kurze Strecke weit in die Zelle hinein fortsetzen, um sich dann im Somatoplasma allmählich zu verlieren, sondern dass diese vermeintlichen intracellulären Fortsätze, Wurzeln, der Cilien konisch convergiren und sich zu einem Faden vereinigen, welcher in der Zellachse gelegentlich bis über den Kern proximad hinwegzieht.

Meine Goldchloridpräparate zeigen nun diesen Faden mit einer außerordentlichen Schärfe, sie zeigen, wie er sich pinselförmig in eine Anzahl von feineren, aber doch einzeln verfolgbaren Fibrillen spaltet, die sich an die Füße der Cilien begeben; sie zeigen aber auch mit einer eben solchen Deutlichkeit, dass diese Fibrillen nicht die intracellulären Wurzeln der Cilien, nicht die Fortsetzung der Substanz der Cilien sein können, denn sie sind von den Cilien, wie sie sich außerhalb der Zelle zeigen, tinctoriell und auch sonst in optischer Hinsicht gänzlich verschieden. Die Cilien mögen auch in diesen Zellen mit Fibrillenpinsel eine intracelluläre Fortsetzung, eine Wurzel besitzen, aber die Fibrillen dieses Pinsels bestehen sicher nicht aus der Substanz, aus der die contractile Cilie besteht. Jede Cilie kann als eine contractile Primitivfibrille aufgefasst werden; aber die Fibrillen des fraglichen Pinsels sind keine contractilen, keine Myofibrillen. Wenn die Substanz der Cilie, die Myofibrille, auch hier eine intracelluläre Fortsetzung besitzt, was ich trotz genauer Betrachtung meiner Präparate nicht für ausgeschlossen halte — eine Gewissheit über diesen Punkt ist sehr schwer zu erreichen — so können diese sich intracellulär fortsetzenden Cilien-Myofibrillen mit den Fibrillen jenes Pinsels nur alterniren. Letztere will ich schon jetzt Neurofibrillen nennen; meine Gründe dafür folgen im Weiteren. Dass also die Neurofibrillen in dem distalen Drittel der Flimmerzellen mit Myofibrillen alterniren, dafür scheint die ganze Anordnung und die Richtung der ersteren zu sprechen.

In Fig. 7 Taf. 26 habe ich einen Theil des Flimmerepithels vom *Anodonta*-Darm gezeichnet, und zwar des Epithels über der Typhlosolis, der Darmleiste, d. h. an der convexen Seite des durch den Vor-

sprung der Darmleiste halbmondförmig gewordenen Darmlumens. Die Vergrößerung ist eine 1500fache. Von den Zellen selbst, die mit ihrer Längsachse meist genau in der Schnittebene direct auf der Grundgallerte der Darmleiste stehen und durch keine besondere Basalmembran vom darunter liegenden Gewebe getrennt sind, sowohl als auch von den Kernen wurden bloß die Contouren, diese aber mit dem Zeichenapparat, mit der größten Genauigkeit gezeichnet. Auch die Kernkörperchen wurden angedeutet; nicht jeder Kern enthält aber eines in der Schnittdicke von  $5 \mu$ . Dagegen habe ich den Flimmer- und Nervenapparat der Zellen sammt ihrem Saume in Form und Farbe bis auf alle sichtbaren Einzelheiten genau dargestellt: die mittlere Partie *A* des gezeichneten Epithelstückes bei gewöhnlicher Beleuchtung mit der ganzen Apertur 1,40 des ABBE'schen Condensors, die linke Seite *B* in polarisirtem Lichte bei gekreuzten Nicols und Stellung der Zellachsen unter  $45^\circ$  zu den Polarisations Ebenen, die rechte Seite *C* bei derselben Stellung der Zellachsen zu der Polarisations ebene des Polarisators, aber bei Drehung des Zeigers des Analysators um  $13^\circ$  gegen die Achse der betreffenden Epithelzellen im mikroskopischen Bilde, d. h. in der Weise, dass der ebenfalls  $45^\circ$ ige Winkel, den die Zeigerlinie des Analysators mit der Achse der untersuchten Zelle bei gekreuzten Nicols (Theil *B* der Figur) bildet, dadurch um  $13^\circ$  kleiner wird.

Betrachten wir zunächst das Bild bei *A*! In drei Zellen ist die gemeinsame Primitivfibrille *pf* innerhalb der Schnittdicke, in einer Zelle bis über den Kern, enthalten. (Noch länger, beinahe bis zur Basis der Zelle ist sie in einer Zelle der Seite *C* zu verfolgen.) Sie ist, bevor sie sich noch verästelt, ein homogener, sehr scharf gezeichneter Faden, welcher sich gegen die Basis der Zelle nicht verjüngt. (Eine scheinbare Verjüngung wird verursacht, wenn sie schräg durchschnitten sind.) Eine scheinbare Verdickung in distaler Richtung bedingt die beginnende Auffaserung in die einzelnen Strahlen des distalen Neurofibrillenpinsels. Die Strahlen erscheinen hier ebenso, wie die Stammfibrille, in graublauer Farbe. In noch gelungener tingirten Schnitten sind sie oft viel dunkler, ebenso schwarzviolett, wie die leitenden Primitivfibrillen z. B. in einer Ganglienzelle von *Lumbricus*.

Doch habe ich diese Stelle zum Abbilden gewählt, weil hier die Fibrillenstrahlen so weit, wie mit einander, auch mit der Schnittebene genau parallel laufen, was bei einer so großen Anzahl von Zellen innerhalb eines  $5 \mu$  dicken Schnittes ein sehr schätzbares Zusammen-

treffen der Umstände ist. Nun wurde als Grundlage für die Zeichnung die Einstellungsebene festgesetzt, bei welcher die in *A* gezeichneten drei Stammfibrillen gerade gleichzeitig am schärfsten zu sehen waren. Über und unter diesem Niveau gestattete ich kaum mehr als je  $1 \mu$  Spielraum für die Mikrometerschraube behufs feinerer Einstellung der übrigen Einzelheiten des Bildes. Deshalb kamen die Breiten der sonst ziemlich gleichen, im Querschnitt polygonalen Epithelzellen so verschieden im Bilde heraus. Dank dem angewandten vorzüglichen Objectivsystem (apochrom. homog. Immersionslinse von 3 mm äquiv. Brennweite und 1,40 num. Apertur von ZEISS) und der sehr starken Beleuchtung mit AUER'schem Gasglühlicht konnte ich trotz des sehr starken Oculars (Compensationsocular 18) bei der mit 165 mm Tubuslänge und 174 mm Entfernung des oberen Ocularrandes von der Zeichenfläche erzielten 1500fachen Vergrößerung jeden Fibrillenstrahl genau unterscheiden und verfolgen. Ich betone noch, dass das mit Sublimat in sehr schonender Weise fixirte Object in Celloidin eingebettet wurde.

Die Stammfibrillen haben den gewundenen Verlauf, den wir für die leitenden Primitivfibrillen auch intra cellulam so charakteristisch gefunden haben, desshalb konnte ja auch nicht jede Zelle in der gezeichneten Ebene ihre Stammfibrille, oder nur einen Theil von ihr aufweisen. In einem gewissen Gegensatz zu dem der Stammfibrille steht aber der Verlauf der Fibrillenstrahlen. Erstere theilt sich nämlich in eine Anzahl Anfangs divergirende und noch nicht straffe Strahlen; diese werden jedoch bald parallel mit einander und der Zellachse und stehen in regelmäßigen Abständen neben einander, wie mit dem Lineal gezogen. Schon dieser Umstand allein würde es wahrscheinlich machen, dass in dem distalen Theile des Zellkörpers eine Vorrichtung existiren muss, welche den Fibrillenstrahlen keine andere, als diese geradlinig parallele Lage erlaubt.

Nun kann jene Vorrichtung kaum in etwas Anderem bestehen, als in den intracellulären, parallelen, straffen Fortsetzungen der Cilien. Und Myofibrillen, contractile Primitivfibrillen haben in den betreffenden Zellen in der Regel einen mit der Zellachse parallelen, geradlinigen Verlauf in genau gleichen Abständen. Die Cilien sind aber Myofibrillen, die frei aus der Zelle hervorragen. Und in der That sieht man in den Flimmerzellen auf der concaven Seite desselben Darmdurchschnittes, wo sie sonst genau so gebaut, nur etwas niedriger (im vorliegenden Fall kaum  $50 \mu$  lang gegen über  $60 \mu$  auf der Convexseite) und breiter sind, keine Spur des dunkel tin-

girten Fibrillenconus, weder in gewöhnlichem, noch in polarisirtem Licht, aber ganz deutlich ist doch eine distale regelmäßige Parallelstreifung, welche weniger durch Farbenunterschied, als durch verschiedene Lichtbrechung der alternirenden Linien auffällt. Sie wird also bei mäßiger Verminderung der Apertur des Beleuchtungskegels auffälliger, wogegen der Fibrillenconus mit seinen einzelnen, genau unterscheidbaren Strahlen bei der größten Apertur die größte Deutlichkeit bekommt, ein Beweis dafür, dass seine Sichtbarkeit in der That auf besonderer, intensiver Färbung beruht. In gewissen Zellen erreicht die parallele Streifung nicht die Länge der parallelen geradlinigen Strecke der Fibrillenstrahlen; in anderen ist sie ebenso lang, aber länger ist sie nirgends. Da dort, wo die dunkel tingirten Linien im distalen Stück der Zelle fehlen, also weniger Structurelemente in derselben Breite liegen, die optische Aufgabe der Lösung des Bildes leichter ist, so kann man die einzelnen Linien trotz der geringen Farbendifferenz gut verfolgen und constatiren, dass die stärker brechenden Linien in die Fortsetzung der Cilien fallen und ebenso wie diese gefärbt sind. Die intracellulären Wurzeln der Cilien sind eben auch hier vorhanden, es fehlt aber der dunkle Strahlenconus, dessen einzelne Strahlen sich zwischen die Cilienwurzeln schieben. Die Streifung wird also in den Zellen der concaven Seite durch alternirende Myofibrillen und Linien von Somatoplasma verursacht, in den Zellen der convexen Seite dagegen durch alternirende Myofibrillen und Neurofibrillen, die an die Stelle der Somatoplasmaestreifen treten.

Es existirt indessen noch ein anderer, ebenfalls bei gewöhnlicher Beleuchtung wahrnehmbarer Unterschied in den die Streifung bei den zweierlei Zellen verursachenden Linien. An allen Stellen, wo ein nicht ganz tadelloser Theil der Schneide des Messers über die Zellen ging, wurden die distalen oder proximalen Enden der dunkel tingirten Fibrillenstücke, die etwas schräg zur Schnittebene lagen, durch die Schneide beim Durchschneiden etwas aus ihrem Niveau gehoben und hakenförmig nach oben gekrümmt, so dass die einzelnen Fibrillen für sich ihren punktförmigen Querschnitt dem Beobachter zukehren. Dass sie nun einen punktförmigen Querschnitt besitzen, ebenso wie die Stammfibrille, das kann man an jedem Schnitte quer zur Zellachse entscheiden; was aber der genannte Zufall der Behandlung unbestreitbar beweist, ist die Thatsache, dass die Fibrillenstrahlen, und natürlich auch die Stammfibrille, wahrscheinlich schon im natürlichen Zustande, aber sicher zur Zeit des Schneidens eine bedeutend größere Consistenz, als das Somatoplasma

(oder die damit vereinigte Einbettungsmasse) besaßen und darin wie harte, jedoch biegsame und unelastische Drähte eingebettet waren. Ganz in derselben Weise verhalten sich auf der Schnittfläche auch die leitenden Primitivfibrillen in den längs getroffenen Nerven, namentlich aber in den Connectiven (s. Fig. 1 Taf. 23 *pp* I, II, III).

Schon gegen die ENGELMANN'sche Beschreibung der Flimmerzellen erhoben sich Stimmen, welche behaupteten, dass die distale Längsstreifung auf einer parallelen Längsfaltung der Zelloberfläche beruhe. Würde nicht die genaue Beobachtung der gut, ohne Schrumpfung erhaltenen Flimmerzellen in dünneren Längsschnitten als die Zelldicke und gut geführten Querschnitten mit unseren heutigen Apochromaten allein genügen, um die Faltenlosigkeit der Zelloberfläche und die Lage der die Streifung bedingenden Gebilde im Zelllumen darzuthun, so würde doch sicher der eben geschilderte Befund jenen Einwand ad absurdum führen und das bereits ENGELMANN gelungene, aber etwas schwierige Herausmaceriren des Fibrillenconus in toto unnöthig machen. Nun habe ich — und darin besteht der erwähnte Unterschied — eine solche Heraushebbarkeit der Fibrillen, die die distale Streifung der Zellen der concaven Darmseite bedingen, nie bemerkt, ebenso wenig wie sich auch die Cilien nicht einzeln herausheben lassen. Daraus folgt, dass sie nicht jene große Härte wie die Strahlen des Fibrillenconus besitzen, sondern ungefähr dieselbe oder nicht viel größere Consistenz als das Somatoplasma, beziehungsweise die Einbettungsmasse. (Im Leben sind die Consistenzverhältnisse natürlich ganz anders: da stehen wohl die Myofibrillen obenan.)

Kehren wir aber zu Fig. 7 *A* zurück! Die Cilien selbst sind im mikroskopischen Bild blass ziegelroth, ihre Basaltheile im gleich zu beschreibenden Saum des Epithels, offenbar weil sie dicker sind, etwas dunkler, als die hervorragenden Schäfte. Ebenso sind sie auf der Concavseite des Darmlumens, und einen eben solchen Gesamteindruck macht dort der distale, gestreifte Theil der Zellen. Das sonstige grobwabig-körnige, sehr wenig dichte Somatoplasma ist um Vieles heller.

Das Epithel besitzt einen bis 3  $\mu$  breiten, sehr regelmäßigen Saum, welcher auch gegen das Darmlumen scharf begrenzt ist. Er ist weder ein Secretbelag, noch ist er einfach durch dichte Nebeneinanderlagerung der Basaltheile der Cilien entstanden, sondern entspricht einer zwar sehr wasserreichen, aber doch deutlich differenzirten Cuticula. Davon kann man sich an der Convexseite des Darmes

am besten überzeugen. Hier nehmen die Cilien nicht die ganze Breite der Zellen in Anspruch; zwischen der Basis des Cilienbündels der einen Zelle und der der anderen bleibt stets ein Zwischenraum, welcher manchmal beinahe so breit ist, wie die benachbarten Cilienbündel an ihrer Basis. Dieser Zwischenraum wird aber von der Substanz jenes Saumes, von der Cuticula, ausgefüllt: sie hat im Gegensatz zu den ziegelrothen Cilien eine kupferrothe Farbe. Sie ist also auch dort deutlich zu sehen, wo es keine Basaltheile, richtiger Bulbi von Cilien giebt. Und ein etwa durch die Fixirung niedergeschlagener Secretbelag oder dergleichen kann der Saum desshalb nicht sein, weil er so scharf begrenzt ist und die benachbarten Cilienbündel mit einander nicht verklebt und sie nicht verunreinigt. (Die benutzten Thiere hatten schon lange gehungert, und ihr Darm war ganz leer.) Ein präformirter Secretbelag mag er indessen sein, ist ja jede Cuticula nichts weiter, als ein mehr oder weniger erhärteter Secretbelag.

An dem Epithelsaum angelangt, stößt jeder Neurofibrillenstrahl an ein längliches Körperchen, welches auf den ersten Blick wie eine Verdickung des Strahles aussieht. Bei näherer Betrachtung sieht man jedoch, dass dieses Körperchen, Basalkörperchen (*bk* im Schema Fig. 5 B, Taf. 32) nicht dicker, als die Neurofibrille, nur äußerst intensiv und in einer anderen Farbe, dunkel kirschroth tingirt ist, was die Täuschung verursacht. Vom Basalkörperchen geht in radiär-distaler Richtung ein kurzer, sehr dünner Faden etwa  $1-1\frac{1}{2} \mu$  weit in den Cuticularsaum hinein und endigt dort mit einem kleinen, dunklen Knöpfchen, Endknöpfchen *ek*. Das Endknöpfchen liegt überall ganz deutlich zwischen den Cilien in der Höhe des Bulbus, wo diese am dicksten sind.

In der Grenzlinie, welche die benachbarten Flimmerzellen von einander trennt, finde ich hart am Cuticularsaum je ein schwarzes Körnchen, welches mehr als doppelt so groß wie die Endknöpfchen, also sehr leicht wahrnehmbar ist. Von diesem Zwischenkörnchen *zwk* geht ein verhältnismäßig dicker, schwarzer Faden, das Zwischenhärchen *zwh*, aus, dringt durch den Cuticularsaum und ragt einige Mikren weit zwischen zwei Cilienbündeln frei hervor. Das Zwischenhärchen ist im Leben offenbar sehr biegsam und flottirt in dem von den Cilien erzeugten Strom herum, denn im Präparat ist es meist in verschiedener Weise verbogen und gekrümmt. Proximalwärts geht das Zwischenkörperchen in einen dünneren Faden über, welcher zwischen den benachbarten Zellen entlang zieht. Ich glaube ihn

mit Drähten, die ich zu dem supponirten intercellulären Neurofibrillengitter gehörig halte, in Zusammenhang gesehen zu haben.

Genauerer über die Form der Cilie in dem Cuticularsaume und beim Übergang in das Somatoplasma der Zelle ist an diesen meinen Präparaten schwer zu entziffern. Die Cilie verdickt sich, hat sie ja hier eine viel intensivere Färbung; und sie schnürt sich dann ein: es zieht eine hellere Linie über die Cilien hart vor der Innengrenze des Cuticularsaumes hinweg. Nun kommt aber das *Punctum saliens*! Die äußerst intensiv gefärbten Basalkörperchen dominiren im mikroskopischen Bilde und stehen dem Blicke in dem Weg, so oft man eine bestimmte Cilie gegen die Zelle weiter verfolgen will. Es scheint, als ob das kirschrothe Basalkörperchen in die Fortsetzungslinie der Cilie fallen würde. Ein anderes Mal wird es aber ziemlich deutlich, dass bei vorsichtiger hoher Einstellung die gefärbten Basalkörperchen glanzlos bleiben, und zwischen ihnen stark glänzende Strecken auftauchen, welche einer kleinen, auf die Einschnürung folgenden Anschwellung der schon in die Zelle eingetretenen Cilie zu entsprechen scheinen. Will man aber im Verfolgen der Cilie weiter gehen, so werden auf einmal die ebenfalls stark brechenden Strahlen des Fibrillenconus vorherrschend. Durch einfache Betrachtung kann man also die Möglichkeit nicht ausschließen, dass letztere doch in die Fortsetzungslinie der Cilien fallen. Dass sie aber eine ganz andere Substanz sind, als die Cilien in diesen, und die Cilienwurzeln in anderen Zellen, geht aus Folgendem mit noch größerer Sicherheit, als aus dem mikroskopischen Bilde bei gewöhnlicher Beleuchtung hervor.

Wollen wir zunächst den Polarisator allein einsetzen! Drehen wir ihn herum, so finden wir, dass sich die Farbe des Fibrillenconus mit der Richtung der Polarisationssebene ändert, und zwar in einem überraschend hohen Grade. Der Fibrillenconus zeigt also einen starken Pleochroismus. Liegt die Achse der betreffenden Zelle parallel mit der Polarisationssebene, so erscheint der Fibrillenconus auffallend blass, bei tiefer Einstellung hell grauviolett, bei mittlerer Einstellung etwas mehr röthlich, bei hoher etwas weniger glänzend, aber mehr gelblich, als in gewöhnlichem Lichte, jedenfalls so schwach gefärbt, dass es einem schwer fällt, die einzelnen Strahlen zu unterscheiden. Dreht man aber den Polarisator um  $90^\circ$ , damit die Strahlen des Conus vertical auf der Polarisationssebene stehen, so wird der Conus auf einmal dunkel indigoblau, bei tiefer Einstellung beinahe schwarz, bei hoher Einstellung glänzend bronzefarbig, stets so intensiv gefärbt,

dass man die einzelnen Strahlen viel leichter, als bei gewöhnlicher Beleuchtung verfolgen kann. Im Gegensatz dazu ändert sich die matte, ziegelrothe Farbe der Cilien so zu sagen gar nicht, wie man den Polarisator auch drehe. Parallel mit der Polarisationssebene ist der Farbenunterschied zwischen den Cilien und den Strahlen des Conus ganz gering; nur die Basalkörperchen haben dieselbe starke kirschrothe Färbung, wie in gewöhnlichem Lichte; senkrecht auf die Polarisationssebene ist der Farbenunterschied um so größer, während die Basalkörperchen unverändert bleiben. Ebenso zeigen die intracellulären Fortsätze der Cilien in den Zellen an der Concavseite des Darmes keinen merklichen Pleochroismus. Darauf hin habe ich übrigens auch andere, sehr starke Cilien bei anderen Thieren nach Goldtinction untersucht und habe, obwohl sie gut fixirt und verhältnismäßig intensiv tingirt waren, keinen erwähnenswerthen Pleochroismus an ihnen gefunden.

Dagegen kann man an den leitenden Primitivfibrillen nach meiner Goldchloridbehandlung denselben hohen Grad von Pleochroismus und dieselben Farbenunterschiede nachweisen. Wie dunkel auch bei gewöhnlicher Beleuchtung eine leitende Primitivfibrille sei, in paralleler Lage mit der Polarisationssebene wird sie hell kirschroth und glänzend, in verticaler Lage auf dieselbe tief schwarzblau und matt, mit einem Stich ins Grünliche erscheinen. Einen ähnlichen, jedoch weniger starken Pleochroismus zeigen allerdings auch die contractilen Primitivfibrillen und die Bindegewebsfibrillen der Hirudineen und der Muscheln. An einer sehr dünnen Neurofibrille ist er noch deutlich, wenn er an einer Myofibrille oder Bindegewebsfibrille von derselben Dicke nicht mehr erkennbar ist.

Übrigens muss ich in Betreff der optischen Eigenschaften der Neurofibrillen hier noch nachträglich bemerken, dass sie auch nach Methylenblautinction stark pleochroitisch sind: röthlich violett, wenn sie parallel der Polarisationssebene, grünlich blau, wenn sie vertical darauf liegen. Dasselbe zeigen auch die contractilen Primitivfibrillen, wenn auch in geringerem Grade, falls sie eine Methylenblautinction angenommen haben.

Wenn wir, im Studium unseres mikroskopischen Bildes weiter schreitend, auch den Analysator einsetzen und die Nicols kreuzen und dann den centrirten Objecttisch so weit drehen, bis die Zellachsen  $45^\circ$  mit den Polarisationssebenen bilden, dann tauchen im dunklen Gesichtsfeld die Stammfibrillen und die Fibrillenstrahlen als leuchtende Linien allmählich auf, bis sie ihr Maximum von

Helligkeit erreicht haben, wobei sie eine glänzende hell bronzene Farbe zeigen. Die Doppelbrechung ist so hochgradig, dass bei dieser starken Vergrößerung trotz der vollkommenen Dunkelheit des Gesichtsfeldes jeder Fibrillenstrahl für sich scharf hervortritt. Dagegen ist von den Cilien, von den Basalkörperchen und anderen erwähnten Bestandtheilen, wie man auch das Präparat dreht, gar nichts sichtbar, wesshalb diese auf den dunklen Grund von Fig. 7 *B* Taf. 26 bloß mit Bleistift eingetragen sind. Die Cilien selbst (aber nicht auch die Basalkörperchen) sind indessen ja doppeltbrechend und zwar im Leben so stark, dass man die Doppelbrechung einer jeden einzelnen Cilie gut unterscheiden kann. Eine solche Behandlung aber, wie die unseres Präparates, schwächt ihre Doppelbrechung dermaßen ab, dass sie nicht nur an einzelnen Cilien unbemerkbar, sondern auch, wenn sie in einem  $5 \mu$  dicken Schnitt über einander liegen, eben nur nachweisbar ist. Eine so starke Aufhellung des Gesichtsfeldes, wie die Fibrillenkegel in einem  $5 \mu$  dicken Schnitt, verursachen die Cilien kaum in einer  $15 \mu$  dicken Lage. Wenn dabei die Zellenfronte genau vertical auf der Schnittebene steht, so sieht man, dass den Basaltheilen der Cilien ein dunkel bleibender Streifen entspricht zwischen den zwei leichten Bändern, die von den Cilien außerhalb der Zellen und den Cilienwurzeln innerhalb der Zellen zusammengesetzt werden. Das Band, welches die letzteren bilden, ist in Flimmerzellen ohne Neurofibrillenconus etwas weniger hell.

Vielleicht die allergrößte Farbendifferenz der einzelnen Bestandtheile erfolgt aber dann, wenn man die Anordnung, bei welcher Fig. 7 *C* Taf. 26 das mikroskopische Bild wiedergiebt, getroffen hat. Ein Blick auf dieses Bild überzeugt wohl Jedermann, dass die Cilien, welche ja blass ziegelroth sind, sich nicht in die Fibrillenstrahlen fortsetzen können, die ja dunkel indigoblau sind (bei etwas tiefer Einstellung ganz schwarz, bei etwas hoher auch nicht hell, nur um Etwas heller, da ja Gebilde, die das Licht stärker als ihre Umgebung brechen, bei hoher Einstellung heller werden müssen). Eine directe Fortsetzung ist um so weniger möglich, als zwischen ihnen, wenn sie auch in dieselbe Linie fallen sollten, die intensiv kirschroth gefärbten Basalkörperchen liegen. Und es giebt keine Lage, in welcher umgekehrt die Cilien die indigoblaue und die Fibrillenstrahlen die ziegelrothe Farbe bei diesem Verhältnis von Polarisator und Analysator zeigen würden, so dass auch die Annahme nicht zulässig wäre, dass die Bildner der Cilien und der Fibrillenstrahlen vielleicht doch dieselben Elemente, nur in anderer Orientirung, wären.

Aber auch in anderer Beziehung scheint mir das mikroskopische Bild bei dieser Einrichtung am meisten gegen die Fortsetzung der Cilien in die Fibrillenstrahlen zu sprechen. Nämlich bei einer gegebenen Einstellung und Beleuchtung mit der vollen Apertur des ABBE'schen Condensors, bei welcher die gerade am schärfsten im mikroskopischen Bild erscheinenden Fibrillenstrahlen dunkel indigoblau sind, alterniren mit den Streifen, die diese bilden, helle, ziemlich glänzende, ziegelrothe Streifen, die nun genau in die Fortsetzung derjenigen eben solchen Streifen fallen, welche im Cilienbündel den einzelnen Cilien selbst entsprechen dürften. Dagegen fallen in die Fortsetzung der indigoblauen Fibrillenstrahlen viel dünnere matt graue Linien, welche den Zwischenräumen zwischen je zwei Cilien, beziehungsweise der Farbe des dort durchscheinenden Gesichtsfeldes zu entsprechen scheinen. Auch bei gewöhnlicher Beleuchtung, bei ganz hellem Gesichtsfelde, sieht man in den Cilienbündeln das Alterniren von hellen, mehr glänzenden Streifen mit dünneren, grauen, allerdings scharf gezeichneten. Letztere fallen in die Fortsetzung der Fibrillenstrahlen: sie können kaum den Cilien selbst entsprechen, sind vielmehr nur der optische Ausdruck davon, dass stärker brechende, parallele Fäden durch enge Zwischenräume von einander getrennt sind.

In Betreff des Charakters der Doppelbrechung der Fibrillenstrahlen kann ich mittheilen, dass sie, ebenso wie die leitenden Primitivfibrillen überhaupt, einachsigt doppeltbrechend sind, und die längere Achse des Elasticitätsellipsoids bei ihnen mit der Richtung der Fibrille selbst zusammenfällt. Sie erzeugen nämlich bei Anwendung der üblichen Gipsplättchen die Additionsfarbe dann, wenn die lange Achse des Elasticitätsellipsoids des Gipsplättchens mit der Fibrillenrichtung parallel ist.

Die aufgezählte Reihe von Eigenschaften, durch welche sich der Fibrillenconus von den Cilien derselben Zellen unterscheidet, und in welchen seine Strahlen mit den Neurofibrillen übereinstimmen, wird meine Annahme, dass wir es im Fibrillenconus mit dem Innervierungsmodus der Flimmerzelle zu thun haben, wohl rechtfertigen. Der Mangel eines Neurofibrillengitters; die mit den contractilen Elementen wahrscheinlich doch alternirende Anordnung der Äste der innervirenden Primitivfibrille, welche sich in der Zelle verzweigt; das Fehlen einer innigeren topographischen Beziehung zwischen Kern und Neurofibrillen: Alles sind Verhältnisse, welche die Innervirung der Flimmerzelle auf denselben Typus,

wie die der Muskelzelle zurückführen lassen. Dieser Typus der Innervirung contractiler Zellen könnte dem Typus der Innervirung der sensiblen Zellen, den wir kennen gelernt haben, gegenübergestellt werden.

In Fig. 5 *A* Taf. 32 habe ich die geschilderte Beschaffenheit der Flimmerzellen der größeren Übersichtlichkeit wegen bei derselben Vergrößerung halb schematisch und in *B* bei einer viel stärkeren schematisch abgebildet. *B* ist bloß der Ausdruck davon, wie ich die Thatsachen, die Fig. 7 Taf. 26 wiedergiebt, deuten zu können glaube. Die Endknöpfchen *ek* könnten wohl Umbiegungsstellen der kurzen Fädchen zwischen diesen und den Basalkörperchen sein. Vielleicht bilden die Fädchen ein cuticulares Neurofibrillengitter, wenn sie, trotz ihres indifferenten optischen Verhaltens auch Neurofibrillen sein sollten. Sind sie solche, so halte ich nach meinen sonstigen Erfahrungen eine Endigung von ihnen in einem Knöpfchen nicht für wahrscheinlich.

## Anhang. Neurofibrillen in verschiedenen anderen Zellen.

(Vorläufige Mittheilung.)

### A. Neurofibrillen in muskellosen Gefäßwänden.

Bei *Hirudo* und *Lumbricus* habe ich nach Goldechloridtinction in der zelligen Wand von kleineren Gefäßen, die keine Muscularis besitzen, ein sehr scharf gezeichnetes Neurofibrillengitter beobachtet. Am schönsten sah ich sie in den verhältnismäßig weiten Gefäßen des subepidermalen Gefäßplexus bei *Hirudo*. Fig. 14 Taf. 29 giebt einige solche Stellen bei einer 1140fachen Vergrößerung wieder. Die blasse Färbung der Gefäßwand, die geringe Menge von Blut, welches das Gefäß in Folge einer starken Färbung sonst zu undurchsichtig gemacht hätte, wenn es damit ganz gefüllt gewesen wäre, und die schwarze Tinction der Neurofibrillen erlauben es, das Neurofibrillengitter in der ganzen Dicke des Gefäßes zu verfolgen.

Bei *D* sieht man den Querschnitt eines Gefäßes, welcher die Lage des Neurofibrillengitters in der Gefäßwand erkennen lässt. Letztere ist ganz so beschaffen, wie die Endothelwand der Capillaren bei Wirbelthieren, nur sind hier die Endothelzellen noch gestreckter und deshalb die Kerne in ihr spärlicher. Sie ist, ausgenommen an den Stellen, wo Kerne liegen, wie z. B. *wk* (Wandkern) in diesem Querschnitt, ebenfalls sehr dünn, aber doch nicht so dünn, dass man nicht deutlich sehen könnte, dass die Neurofibrillen im Somatoplasma

der Wandzellen liegen. Die Punkte sind natürlich auch hier quer getroffene Drähte des Neurofibrillengitters. Denn die Neurofibrillen bilden in der Gefäßwand ein geschlossenes Gitter mit ziemlich gleich dicken Drähten, wie man es aus in *A*, *B* und *C* wiedergegebenen Flächenansichten erkennt. Zur Bildung eines besonderen Gitters, welches den Kern umschlösse, kommt es nicht. In Durchschnitten zeigt sich das Gitter überall in Form von Punkten, die sich beim Heben und Senken des Tubus durch zickzackförmige Linien verbinden lassen. Die Maschen des Gitters sind vorwiegend quer gestellte Rhomben. An Stellen, wo sich, wie in *B*, ein Kern befindet, sind die Drähte meist mehr oder weniger deutlich radiär angeordnet. Hier und da sieht man im Lumen der abgebildeten Gefäße einzelne Blutzellen *bz.* In der Zeichnung wurde übrigens bloß auf die genaue Darstellung des Gitters Gewicht gelegt, die Contouren zwar auch mit dem Zeichenapparat gemacht, aber sonstige Einzelheiten des Baues weggelassen.

#### **B. Neurofibrillen in der Wand der Sammelblase der Nephridien.**

Diese zeichnet sich durch einen auffallenden Reichthum an Neurofibrillen aus. Letztere bilden zwei mit einander verbundene Gitter. Das eine liegt in der dünnen Bindegewebsschicht der Blasenwand, dicht unter den Epithelzellen, das andere in diesen selbst. Nicht jede Epithelzelle besitzt ein besonderes, für sich geschlossenes Gitter, sondern ein gemeinsames durchzieht das ganze Epithel. Es giebt stark wellige Primitivfibrillen, die, im Ganzen parallel der Blasenwand und zum Theil auch mit einander, etwas tiefer aus einer Epithelzelle in die andere ziehen. Außerdem giebt es ein oberflächlicheres, deutlicheres Gitter mit engeren Maschen, welches sich ganz nahe zur freien Oberfläche der Zellen, mit dieser parallel ausdehnt.

Die Epithelzellen selbst können je nach dem Zustande der Blase sehr verschieden, bis zu cylindrisch sein; hier im mäßig gedehnten Zustand sind sie flach polsterförmig, in der Mitte, wo der Kern liegt, emporgewölbt, an ihren Rändern in der Weise allmählich abgeflacht, dass hier das Epithel außerordentlich verdünnt wird und gegen den Kern der benachbarten Zellen wieder allmählich an Dicke zunimmt. Und so steht jede Epithelzelle als ein flacher Hügel für sich auf der bindegewebigen Unterlage, ohne Seitenflächen, mit welchen sich die benachbarten, wie in sonstigen Epithelien, an einander legen würden. Im verticalen Durchschnitt der Blasenwand, in Fig. 4 (*B*) Taf. 32, liegt die Zelle *a* mit der Zelle *b* in demselben Niveau;

*c* liegt etwas tiefer, mit *e* im selben Niveau, und *d* noch tiefer. Die Structur der Kerne ist in *A* angegeben, und ebendort in der mittleren Zelle an einer kleinen Stelle auch die des Somatoplasmas nach Sublimatfixirung und Goldchloridtinction, der auch die Differenzirung des Neurofibrillengitters zu verdanken ist. In ein feinkörnig fädiges, vielleicht feinwabiges Somatoplasma sind dunkel gefärbte, rundliche Körnchen mäßig dicht eingelagert. Die Schnittrichtung ist hier etwas schräg auf die Blasenwand.

Die Oberfläche der Epithelzellen ist mit radiär stehenden, gelegentlich bis 30  $\mu$  langen, gegen das Ende fein zugespitzten, ziemlich steif aussehenden Haaren sehr dicht besetzt. Sie fallen sehr leicht ab, liegen auch im Lumen der Blase, in der Nähe der Wand überall herum. Anfangs wäre ich geneigt gewesen, das Ganze nicht etwa als Flimmern, sondern als einen besonders entwickelten secretorischen Bürstenbesatz *brb* zu betrachten; ich finde es aber in jedem Zustande der Blase so: nie fehlen diese Haare, obwohl sie stets sehr leicht an ihrer Basis abbrechen und in verschiedenen Blasen sehr verschiedenen lang sein können. Wahrscheinlich sind sie doch als Cilien zu deuten. Die bei der Zeichnung angewandte starke Vergrößerung (1500fach, durch Apochromat 3 mm, Apertur 1,40 und Compensationsocular 18 erzielt) gestattet an der Basis eines jeden Haares ein Körnchen zu unterscheiden, welches mit dem Haare nicht abfällt, sondern in der oberflächlichsten Schicht des Somatoplasmas zurückbleibt.

Mit diesen Körnchen darf man nun die größeren und viel dunkleren ebenfalls nahe zur Oberfläche liegenden Punkte nicht verwechseln, welche Querschnittbilder von Neurofibrillen sind und mit einander beim Heben und Senken des Tubus in Verbindung gebracht werden können durch feine Linien, die einzelnen Drähte des oberflächlichen Neurofibrillengitters (*A* und *B*). *C* stellt einen kleinen Theil eines tieferen tangentialen Schnittes dar mit den tieferen Neurofibrillen in den Epithelzellen (*zknbz*: Zellkern einer Nephridialblasenzelle) und in dem subepithelialen Neurofibrillengitter, dessen Übergang in das oberflächlichere im schrägen Schnitt bei *A* zu sehen ist.

### C. Neurofibrillen in gewöhnlichen Epithelzellen.

Zum Schlusse will ich hier noch kurz erwähnen, dass bei *Hirudo* in gewissen Längslinien des Körpers auch Deckepithelzellen der Haut, die sich sonst in nichts von den gewöhnlichen Epidermiszellen unterscheiden, mit Neurofibrillen und zwar ziemlich dicken

versehen werden, die in sie von ihrem proximalen Ende eindringen und in ihnen ein Gitter mit wenigen Maschen bilden, ohne den Kern enger zu umschließen, wie in den Sinnesepithelzellen. Neurofibrillen glaube ich übrigens auch in den Epithelzellen des Darmes unterscheiden zu können.

### 3. Über die Methoden der färberischen Differenzirung der Neurofibrillen.

Kurze Bemerkungen über die verschiedenen anderen Methoden, die ich bei den oben vorgetragenen Untersuchungen in Anwendung brachte, hat der Leser hier und da eingestreut gefunden. Jene führten indessen zu keinen Resultaten, die nicht auch Andere vor mir schon erhalten hätten, ausgenommen die anderswo schon mitgetheilte Methode, nach welcher es möglich ist, die leitenden Primitivfibrillen ebenso wie die contractilen zu isoliren. Desshalb will ich mich mit ihnen hier nicht weiter beschäftigen, um die Methoden der färberischen Differenzirung um so eingehender behandeln zu können.

Es wurde schon wiederholt erwähnt, dass drei Methoden in dieser Beziehung alle anderen übertreffen. Diese sind: 1) die Tinction des frischen Objectes mit Methylenblau, 2) die Tinction des conservirten Objectes mit Hämateinlösung I. A, 3) die Vergoldung des frischen und des fixirten Objectes.

Die mikroskopischen Bilder, welche eine jede der drei Methoden für sich allein zu liefern im Stande ist, sind derart, dass sie den Verdacht vollkommen ausschließen, als ob sie die Neurofibrillen, welche vielleicht gar nicht präformirte, natürliche Zellbestandtheile wären, künstlich hervorzauberten, oder, falls solche überhaupt doch existiren, ihr Vorhandensein auch unter Verhältnissen, wo in der That keine existiren, vortäuschten. Außerdem bestätigen und ergänzen sich gegenseitig die Resultate der drei Methoden in jeder Beziehung. Wenn aber das Alles noch nicht genügen sollte, um die Beweiskraft der mit ihnen erzielten mikroskopischen Bilder über allen Zweifel zu erheben, so kann ich schließlich den skeptischen Leser noch darauf aufmerksam machen, dass auch gewisse andere Methoden zur Darstellung der leitenden Primitivfibrillen theils bereits früher bekannt waren, so die Säurefuchsin-Methode von KUPFFER nach Osmiumfixirung für Wirbelthiernerven, theils von mir für Wirbellose außer jenen drei wichtigsten noch gefunden worden sind. Das Constatiren der leitenden Primitivfibrillen in den Nerven sowohl von

Wirbelthieren, als auch von Wirbellosen ist, wenn man sie schon kennt und zu suchen weiß, überhaupt mit sehr verschiedenen Methoden eine leichte Aufgabe.

#### A. Die Tinction des frischen Objectes mit Methylenblau.

Wie ich diese Methode bei meinen Objecten anwende, habe ich seiner Zeit in meinem Aufsatz »Erfahrungen in der Behandlung des Nervensystems für histologische Zwecke. I. Mittheilung: Methylenblau. (Besonders bei *Hirudo* und *Lumbricus*.)« in der Zeitschr. f. wissensch. Mikroskopie, Bd. 9 (1892) pag. 15—37 ausführlich beschrieben und verweise den Leser dorthin und auf eine später ebendort pag. 466 erschienene Notiz. Nur in Betreff der Haltbarkeit meiner in Gummisyrup eingeschlossenen Präparate möchte ich meine seitherigen Erfahrungen kurz erwähnen. Sämmtliche Präparate, bei welchen ich die Differenzirung durch Ammoniak nicht bis zur optischen Isolirung der Neurofibrillen in Folge der Entfärbung der Interfibrillärsubstanz getrieben habe, sind auch heute noch, also nach 5—6 Jahren beinahe ganz unverändert; man kann in ihnen die feinsten leitenden Bahnen, die überhaupt tingirt gewesen sind, heute noch ebenso gut verfolgen. Dagegen sind diejenigen meiner damals gemachten Präparate, in denen die leitenden Primitivfibrillen färberisch ganz isolirt gewesen sind, in welchen also auch die leitenden Gitter in den Ganglienzellen etc. zu sehen waren, alle schon längst verblasst. Alle dauerten aber mindestens wochenlang, so dass man sie mit Muße untersuchen und zeichnen konnte.

Weitere Versuche, um Methylenblauobjecte einbettbar und in Schnittrihen zerlegbar zu machen, habe ich, trotzdem dass mich die bisher von Anderen gemachten Vorschläge keineswegs befriedigt haben, nicht gemacht, weil die Methylenblauschnitte durch meine Hämatein- und Goldchloridtinctionen ganz überflüssig wurden. Die unzerlegten Methylenblaupräparate sind in ihrer Art unübertrefflich; aber die Methylenblauschnitte, und erhielten sie noch so vollkommen alle Feinheiten des Präparates in toto, werden von den Hämatein- und Goldchloridschnitten nichtsdestoweniger übertroffen.

#### B. Die Tinction des conservirten Objectes mit Hämateinlösung I A.

Die Vorzüge, welche dieser Methode neben der Goldmethode (Nachvergoldung) einen hervorragenden Platz einräumen, sind folgende: a. Auch Material, welches schon seit längerer Zeit in Alkohol aufbewahrt gewesen ist, kann mit ziemlich sicherer Aussicht auf die Differenzirung der leitenden Primitivfibrillen tingirt

werden. b. Es ist eine größere Anzahl von verschiedenen Fixirungsmethoden zulässig, als nach meiner bisherigen Erfahrung bei der Goldmethode. c. Die noch brauchbare, ja in manchen Fällen vortheilhafteste Schnittdicke ist viel größer, als bei der Goldmethode, also man kann viel größere Strecken der Nervenbahnen in demselben Schnitt ununterbrochen verfolgen und den ganzen Fibrillenverlauf leichter reconstruiren. d. Die Schnitte können auch beliebig dünn sein ohne Beeinträchtigung der Differenzirung des Leitenden, wogegen die Goldreaction derselben von einer gewissen Schnittdicke ab, mit gewissen Ausnahmen, immer schwieriger zu erhalten ist. e. Man kann die Präparate rascher und bequemer als die Goldpräparate herstellen.

Mit der Goldechloridmethode gemein hat sie folgende Vorzüge vor allen anderen Verfahren mit theilweiser Ausnahme der Methylenblautinction: a. Die scharfe Differenzirung der Neurofibrillen von allen übrigen histologischen Bestandtheilen des Organismus, welche gelegentlich beinahe bis zur optischen Isolirung gehen kann. b. Die feine, die schwierigsten histologischen Untersuchungen gestattende Tinction der meisten anderen Bestandtheile der Gewebe. c. Die unbegrenzte Haltbarkeit der Differenzirung bei Balsameinschluss (unter den für Hämateintinctionen überhaupt einzuhaltenden Bedingungen). d. Die Sicherheit, das Object auch dann, wenn die specifische Reaction des Leitenden ausbleiben sollte, nicht zu verlieren, sondern die Präparate in Folge ihrer sonstigen schönen Tinction für die meisten mikroskopisch-anatomischen oder fein histologischen Untersuchungen brauchen zu können.

In folgenden Punkten steht sie der Goldmethode nach: a. Gewisse Neurofibrillengitter, z. B. in den epithelialen Sinneszellen, welche unter den nothwendigen Bedingungen durch Goldechlorid stets differenzirt werden, lassen sich nur selten und weniger vollkommen darstellen, und zwar in erster Linie in Folge des zweiten Nachtheiles, b. dass der Contrast in der Farbe der Neurofibrillen und der Substanzen, in welche sie eingebettet sind, wenn letztere zu viel Farbe behalten, weniger groß ist, als nach Goldechlorid. c. Die weitere Behandlung der Schnitte, welche sie zulassen, ohne dass die Tinction der Neurofibrillen gefährdet wäre, ist viel beschränkter, als nach der Goldechloridtinction.

Gemein mit der Goldmethode hat sie den (in manchen Beziehungen jedoch, wie bei der Methylenblautinction eher als Vortheil zu betrachtenden) Mangel, dass nicht nothwendigerweise sämt-

liche Neurofibrillen, die im betreffenden Schnitt enthalten sein müssen, differenzirt erscheinen. Das, was differenzirt wurde, ist allerdings vollkommen dargestellt, d. h. nicht nur stellenweise, mit Unterbrechungen: eine einmal differenzirte leitende Primitivfibrille ist es in ihrem ganzen Verlauf und zeigt deutlich die Continuirlichkeit des Leitenden. Eine entschiedene Schwäche von beiden Methoden ist dagegen, dass das Eintreten der specifischen Reaction des Leitenden, wie es scheint, von dem physiologischen Zustande desselben abhängt, in welchem es fixirt wurde. So kann man eine gewisse Bahn oft wiederholt mit der überraschendsten Schärfe tingirt haben, und doch scheint in der genau entsprechenden Bahn eines anderen Individuums manchmal etwas zu fehlen, dessen Vorhandensein die Reaction bedingt, und zwar scheint es nicht durch die Behandlung entfernt, sondern im gegebenen Momente physiologisch abwesend gewesen zu sein. Deshalb können die Präparate nicht immer in allen Punkten gleich gelingen. Gelingen werden aber die Hämatein- und Goldehloridpräparate, falls man keine der nothwendigen Bedingungen vernachlässigt, in so fern immer, als man in ihnen immer irgend eine Aufklärung über das Leitende findet, die man anderswo vergebens suchen würde. Capriciös in dem Sinne wie die GOLGI'schen Methoden und die früheren Vergoldungsverfahren, ja gewissermaßen auch die Methylblautinction, sind sie gewiss nicht. Sonst könnte ich nicht lange ununterbrochene Schnittreihen nach beiden Methoden hergestellt haben, in denen jeder Schnitt und jeder Objectträger voll von Schnitten die gleich vorzügliche specifische Tinction zeigt.

Meine Hämateinmethode besteht einfach darin, dass ich das Object in toto oder, wenn es zu groß ist, Stücke davon mit meiner Hämateinlösung IA. durchfärbe, in Paraffin, Celloidin oder Glycerinleim einbette und in eine Schnittserie zerlege, welche ich in Balsam einschließe. So einfach auch das Verfahren an und für sich ist, wird es doch gut sein, die einzelnen Phasen davon etwas zu beleuchten.

Das Object. Zur Anwendung kam die Methode bis jetzt, und zwar überall mit gleichem Erfolg, ausgenommen die Wirbelthiere, wo die Resultate denen bei Wirbellosen nachstehen, obwohl sie auch sehr werthvoll sind, bei folgenden Objecten: Hirudineen (*Clepsine*, *Hirudo* und *Aulastoma* von Süßwasser-, *Pseudobranchellion*, *Branchellion* und *Pontobdella* von See-Egeln), *Lumbricus*, *Astacus*, *Anodonta* und *Unio*, *Helix*, *Amphioxus*, *Petromyzon*, *Lophius*, *Triton* und Kalb. Ob sie Bewohner des Landes, von Süßwasser oder See-

wasser sind, scheint gar keinen Unterschied zu machen. Immer ist es besser, möglichst große, erwachsene Exemplare zu nehmen, weil bei diesen die Neurofibrillen nicht nur dicker, sondern, wie es scheint, der Differenzirung auch zugänglicher sind.

Die Fixirung. Jede Art von Fixirung scheint, wenn sie die leitenden Primitivfibrillen überhaupt gut fixirt und eine gute Hämateintinction nicht ausschließt, gleich geeignet zu sein. Ich habe die Tinction nach folgenden Fixirungen mit Erfolg versucht: Sublimat, Sublimat-Alkohol, Sublimat-Essigsäure, Pikrinsublimat-Essigsäure, Pikrinsäure, KLEINENBERG's Pikrinschwefelsäure, ZENKER'sche Flüssigkeit und Sublimat-Osmiumtetraoxyd. Heiß dürfen die Fixirungsmittel nicht angewandt werden. Bei *Pseudobranchellion* leistete zum Verfolgen des Fibrillenverlaufes die KLEINENBERG'sche Flüssigkeit vielleicht die besten Dienste, weil nach ihr die Interfibrillärsubstanzen, die Glia etc., am wenigsten Farbe behalten. Für die feineren Neurofibrillengitter und die Structur der Zellen, in welchen sie sich befinden, war sie nicht gut, um so besser aber Sublimat.

Aufbewahren des Materials. Das fixirte Material braucht nicht gleich weiter verarbeitet zu werden, wie für die Goldtinction, sondern kann in Alkohol beliebig lange aufbewahrt werden. Zwei Jahre lang in 90procentigem Alkohol aufbewahrte *Pseudobranchellion* erwiesen sich noch als vorzügliches Material. Schwächerer Alkohol, vielleicht schon ein 70procentiger, scheint mit der Zeit die Färbbarkeit zu beeinträchtigen.

Die Größe der Stücke. Geeignet zum Durchfärben mit meiner Hämateinlösung IA. behufs Differenzirung des Leitenden sind noch Stücke von 5 mm maximaler Dicke.

Die Färbung. Die Hämateinlösung IA. wird hergestellt durch successives Zusammengießen von gleichen Volumina der drei folgenden Ingredientien: A. 1procentige Hämateintinctur in 70procentigem Alkohol, B. concentrirtes Glycerin, C. 9procentige Alaunlösung mit Salicyl- und Essigsäure.

A stelle ich her, indem ich das Hämatoxylin in der von mir vorgeschlagenen Weise reifen lasse. Ich mache eine 1procentige Lösung von Hämatoxylinkristallen in reinem 70procentigem Alkohol. Reinheit des Alkohols, dass er weder sauer, noch, was besonders schädlich, alkalisch sei, ist von großer Wichtigkeit. Die Lösung lasse ich in einer Flasche von gutem Glase, welches nicht leicht löslich (stark alkalisch) ist, stehen. Die Flasche soll nicht ganz voll gegossen werden; in nicht ganz voller Flasche geht die

Reifung d. h. Oxydirung des Hämatoxylin's zu Hämatein bei gewöhnlicher Laboratoriumtemperatur (z. B. 16—20° C.) in 6—8 Wochen vor sich. Macht man die Flasche ganz voll, so dauert es länger; lässt man sie unverkorkt oder durchlüftet sogar die Flüssigkeit von Zeit zu Zeit durch Schütteln, so reift sie rascher. Die bereits brauchbare Tinctur reift zwar allmählich weiter, indem noch unoxydirtes Hämatoxylin zu Hämatein wird, aber eine weitere Oxydirung des Hämateins, wodurch die Lösung allmählich unbrauchbar werden würde, bleibt lange aus. Mindestens zwei Jahre lang ist diese Tinctur auch dann haltbar, wenn sie in nicht voller Flasche steht und davon hin und wieder zum Gebrauch abgossen wird. In voller und gut verkorkter Flasche habe ich Proben über drei Jahre stehen, welche noch vollkommen gut sind. Zu allen meinen Hämateintinctionen gebrauche ich diese Tincturen. Man kann sie vorrätzig halten und in ihnen stets gutes Hämatein zur Verfügung haben, was man vom käuflichen Hämatein leider keineswegs von vorn herein wissen kann.

C, welche man ebenfalls vorrätzig hält, wird hergestellt, indem man in destillirtem Wasser 1 pro Mille Salicylsäure, 3 Procent Eisessig und 9 Procent Alaun löst.

Die Hämateinlösung IA. ist durch das Zusammengießen der drei Bestandtheile zwar sofort fertig und zum Tingiren brauchbar, vortheilhafter ist es wohl aber, wenn man sie vorrätzig hält, was, wie es scheint, unbegrenzt möglich ist. Einmal schon gebrauchte Quantitäten kann man in die Flasche zurückfiltriren, und doch bleibt die Lösung lange genug brauchbar; allerdings, je öfter dies geschieht, um so eher wird doch die Grenze erreicht, wo die Überoxydation des Hämateins beginnt, und man schließlich das Ganze wegschütten muss.

Ob klein, ob groß, muss das Object mindestens 48 Stunden in der Farblösung gelassen werden. 3 Tage sind meist noch nicht zu viel, länger schadet schon manchmal. Nach der Färbung wäscht man es in öfters erneutem destillirtem Wasser aus und lässt es bis zu 24 Stunden lang, am besten, indem man es in der Flüssigkeitssäule hoch befestigt, in zweimal destillirtem Wasser, also in reinem H<sub>2</sub>O. Der schwierigste Punkt des Verfahrens ist, die Dauer des Auswässerns richtig zu treffen; wenn man sie aber bei einem bestimmten Object von einer bestimmten Größe einmal gefunden hat, so wird man mit derselben Dauer des Auswässerns stets gleich gute Resultate erhalten. Sie hängt nicht nur von der Größe des Objectes, sondern auch von der Beschaffenheit seiner Gewebe und namentlich von der Lage seines Nervensystems oder der Organe ab, deren Neurofibrillen man be-

sonders untersuchen will. Die Farblösung ertheilt zwar den Neurofibrillen a priori jene dunkelblaue bis schwarze Färbung, wenn sie lange genug einwirkt; aber bei der nothwendigen langen Einwirkung erhalten auch die sonstigen Gewebsbestandtheile, namentlich die Interfibrillär- und Gliasubstanz und das Somatoplasma der verschiedenen Zellen eine sehr starke Tinction, welche die Neurofibrillen beinahe ganz verdeckt. Nun kann man die Farbe aus sämtlichen Gewebsbestandtheilen mit Ausnahme der Kerne schon in destillirtem Wasser auswaschen, wenn letzteres zu einer sauren Reaction neigt, und diese bekommt es durch die ausgewaschene Farblösung selbst. Wird das Wasser, mit dem der betreffende Gewebsbestandtheil in Berührung kommt, auch nur im geringsten Grade alkalisch, so fixirt es dort die noch enthaltene Farbe. Anfangs wird die Färbung der Neurofibrillen durch das etwas sauer werdende destillirte Wasser nicht angegriffen, später fangen aber auch diese an zu verblassen. Ehe noch dies eingetreten ist, muss man der Farbenentziehung Inhalt thun dadurch, dass man das Object aus dem destillirten Wasser in ein schwach alkalisches Wasser, z. B. in Quellwasser mit etwas Kalk bringt. Ist dieses Quell-, Leitungs- oder Brunnenwasser zu alkalisch, oder wirkt es zu lange ein, dann verblassen die Neurofibrillen unter Grünlichwerden ebenfalls. 3—5 Stunden darin genügen. Indessen ist dieser Theil der Procedur weniger heikel, als das Auswaschen in destillirtem Wasser. Bei dem letzteren muss man eben den Punkt treffen, wo das Sonstige schon genügend entfärbt ist, aber die Entfärbung des Leitenden noch nicht begonnen hat. Bei großen *Pseudobranchellion* war schon ein 8 stündiges Auswässern genug, große *Branchellion* erforderten 16 Stunden, *Hirudo* noch mehr. Darüber wird sich übrigens Jedermann selbst Erfahrungen an seinem Objecte sammeln müssen. Nach dem alkalischen Wasser kommt das Object auf höchstens 2 Stunden in destillirtes Wasser zurück.

Einbetten. Das so bereits gefärbte Object kann man in Alkohol nicht aufheben, ohne die Differenzirung des Leitenden allmählich ganz einzubüßen. Am besten bleibt es in Alkohol so kurz wie möglich vor dem Einbetten. Desshalb hänge ich es möglichst hoch sofort in recht viel Alkohol absolutus auf, um es so rasch wie möglich zu entwässern. Übrigens kann man ebenso gut in Celloidin, wie in Paraffin einbetten. Nimmt man Paraffin, so diene Chloroform ohne Zuthat als Vormedium: das entwässerte Object befestige man in der Mitte einer hohen Chloroformsäule, damit es möglichst rasch auch vom Alkohol befreit werde. Es ist besser, wenn man es dabei nicht

am Lichte lässt. Bettet man in Celloidin ein, so darf man das Licht ja nicht lange auf das in den Celloidinlösungen befindliche Object einwirken lassen. Das in Celloidin eingebettete Object schneide man entweder sofort oder hebe es, wenn man später schneiden will, wie bei der Goldmethode weiter unten, in Glycerinleim auf. Auch in letzteren kann man es gut einbetten: aus dem zweiten destillirten Wasser kommt es in einer dünneren Glycerinleimlösung in einen Exsiccator bei einer zum Flüssighalten des Leimes gerade genügenden Temperatur, bis alles Wasser verdunstet ist. Dann Ausgießen in eine Form (ich nehme eine Glasplatte mit Metallrahmen, die nach dem Erkalten der Masse entfernt werden) und Einlegen auf einer Filtrirpapierbrücke hoch in Alkohol absolutus. Schneiden unter Alkohol absolutus, als Vormedium des Einschlusses Chloroform. Des Näheren zu schildern, wie ich dabei verfare, würde zu weit führen und gehört nicht zur speciellen Technik, die allein unser jetziger Gegenstand sein kann.

Einschluss. Alle Medien sind gut dazu, in welchen Hämateinthonerde-Tinctionen überhaupt gut haltbar sind, also neben Balsamen auch Glycerin, wenn es ganz neutral ist. Balsam ist wegen der stärkeren Lichtbrechung, besonders bei dicken Schnitten, natürlich vorzuziehen, da ja doch bei voller Beleuchtung mit dem Condensor untersucht werden muss.

### C. Die Vergoldung des frischen und des fixirten Objectes:

#### Vor- und Nachvergoldung.

##### a. Allgemeines.

Ich habe bereits vor längerer Zeit nachgewiesen und wiederholt mitgetheilt, dass die Tinction, welche nach Einführung des Goldsalzes in das Gewebe vor der Fixirung erfolgt, die inverse von der ist, welche nach Einführung des Goldsalzes in das bereits fixirte Gewebe resultirt.

Im ersteren Falle nimmt, wenn die Tinction als gelungen erachtet werden soll, das Somatoplasma der verschiedensten Zellen ziemlich viel Farbe an, und die Zellkerne bleiben beinahe farblos; die contractilen Primitivfibrillen sind sehr blass, bis farblos, die Interfibrillärsubstanz beinahe ebenso dunkel, wie das Somatoplasma der Muskelzelle; die leitenden Primitivfibrillen differenziren sich nirgends, ausgenommen bei einem gewissen Verfahren, sondern der ganze Nerv wird, von den Myelinscheiden abgesehen, mehr oder weniger dunkel rothviolett, so dass z. B. der Achsencylinder der Wirbelthiernerven zwar im Ganzen deutlich differenzirt und in seine

peripherischen Verästelungen verfolgbar, aber nicht in leitende Primitivfibrillen und Interfibrillärsubstanz färberisch gesondert ist. Diese Art von Goldreaction will ich Vorvergoldung nennen.

Im Falle der Einführung des Goldsalzes nach der Fixirung erfolgt zunächst eine sehr scharfe Kernfärbung, aber nicht nur die der chromatischen, sondern auch der achromatischen geformten Kernbestandtheile, natürlich derjenigen, welche zur Zeit der Tinction durch die vorhergehende Behandlung nicht entfernt, sondern durch letztere in einen geformten, mehr oder weniger festen Zustand gebracht oder in einem solchen erhalten worden sind. Demnach sind in Kerntheilungsfiguren sowohl die Chromosomen, als auch die verschiedenen Spindelfasern und die Centrosomen mit verschiedener Intensität gefärbt, am stärksten die Chromosomen und im ruhenden Kern die Nucleolen, einerlei ob chromatisch oder achromatisch. Das Somatoplasma ist stets blasser, aber etwaige Plasmastructuren doch sehr deutlich tingirt. Demgemäß ist auch das Muskelplasma sehr blass, oft kaum gefärbt, dagegen die contractilen Primitivfibrillen lebhaft kirschroth. Was aber das Wichtigste ist: die leitenden Primitivfibrillen und die Neurofibrillen überhaupt werden, wo sie sich auch befinden, intensiv schwarz, bis zur vollkommenen Undurchsichtigkeit trotz der geringsten Dicke, wenn gewissen Bedingungen bei der Fixirung und der Tinction Genüge geleistet wird. Die Inter- und Perifibrillärsubstanzen nehmen eine sehr geringe und andere Färbung an, so dass die Nervensubstanz, im Gegensatz zur gewöhnlichen Vorvergoldung, auf das Deutlichste in leitende Primitivfibrillen und in Interfibrillärsubstanz (beziehungsweise Somatoplasma der Nervenspindel) differenzirt wird. Diese Art von Goldreaction soll Nachvergoldung genannt werden.

Weder die Vorvergoldung, noch die Nachvergoldung darf zur Imprägnirung von irgend welchem Gewebsbestandtheile führen; stets müssen sie eine reine Tinction bewirken in dem Sinne, dass der färbende Stoff, mit oder ohne chemische Bindung, also in intramoleculärer oder bloß intermoleculärer Weise, sich in die gefärbten Gebilde in so feiner Vertheilung einlagert, dass nicht einmal mit unseren allerstärksten Vergrößerungen irgend eine Spur davon irgendwie geformt nachweisbar ist. Eine Ausnahme bilden die Myelinscheiden der Nerven von Wirbelthieren und Crustaceen, welche in sonst sehr gut gelungenen Präparaten unter gewissen Bedingungen eine Imprägnirung erfahren, d. h. es lagern sich in ihnen äußerst feine schwarze Körnchen, wahrscheinlich metallisches Gold, in gleichmäßiger Vertheilung ein.

Sonst ist eine Imprägnirung stets eine misslungene Goldfärbung. Die Farbenscala einer gelungenen Goldtinction bewegt sich für sämtliche Gewebe zwischen eben noch wahrnehmbarem hellem Rosa und Dunkelviolett; die verschiedenen Gewebstheile werden von einander durch verschiedene Intensität der Färbung und durch das Vorherrschen entweder eines mehr bläulichen oder eines mehr rüthlichen Tones unterschieden: ersterer kann für gewisse Bestandtheile bis zu Stahlblau, letzterer bis zu Rothbraun, die Vermischung von beiden bis zu Blaubraun führen. Und scharf inmitten von allen diesen Farbentönen treten die Neurofibrillen mit ihrem Schwarz hervor, dem Resultate einer sehr großen Concentration von Blau- oder Rothviolett.

Die an und für sich keine Färbung, nur einen diffusen schmutzig gelblichen Ton verleihende Goldsalzlösung muss, wie von jeher bekannt, nachträglich im Gewebe in den erwünschten Farbstoff umgewandelt werden. Mir scheint, dass sich zunächst das seiner Zeit von BERZELIUS prätendirte purpurne Goldoxyd, das Zwischenoxyd ( $AuO$ ) bildet, welches sich, indem es sich mit dem Gewebe verbindet, je nach dem Gewebe bald in dieser Form, bald als fein vertheiltes Goldmetall in mikroskopisch nicht mehr nachweisbaren Theilchen festsetzt. Ich habe lange Jahre hindurch experimentirt, um die Bedingungen der Umwandlung in den Farbstoff, welcher die oben beschriebene Tinction und keine andere giebt, festzustellen. Die sowohl für die Vorvergoldung, als auch für die Nachvergoldung gültige wichtigste Bedingung ist, dass die Lichtstrahlen die betreffende exponirte Gewebsschicht von beiden Seiten vollkommen und möglichst ungeschwächt durchdringen können. Aus dieser Hauptbedingung folgen direct oder als weitere logische Consequenzen beinahe sämtliche Maßregeln, die man beim Vergolden einzuhalten hat. Natürlich haben die Nachvergoldung und die Vorvergoldung nebenbei auch ihre besonderen Regeln. Betrachten wir zunächst die allgemeinen!

Das Verfahren selbst ist ja bei der Vergoldung an und für sich außerordentlich einfach. Es besteht, wie bekannt, und bei meiner Methode ist es auch nicht anders, aus zwei Theilen: a) aus der Einführung des Goldsalzes in das Gewebe; b) aus dem Einwirkenlassen des Lichtes auf das Gewebe. Eine gewisse Färbung kann auch ohne Einwirkung des Lichtes, bei Abschluss desselben vom Gewebe eintreten, und solche Verfahren wurden auch wiederholt direct empfohlen, da sie sich aber in keiner Beziehung

mit denen, bei welchen die Belichtung eine Rolle spielt, messen können, so werde ich sie hier gar nicht berücksichtigen. Überhaupt theile ich nur meine Erfahrungen mit, die Methoden, nach welchen meine Präparate entstanden sind, ohne zu fragen, ob auch Andere schon ähnlich verfahren, oder ob ich mit meinen Behauptungen in Widerspruch zu Anderen stehe: jedenfalls hat die Resultate, die ich erhalten habe, Keiner vor mir bekommen, und es handelt sich darum, auch Andere in die Lage zu setzen, ähnliche Präparate zu erzielen.

In Betreff des Untersuchungsmaterials habe ich die Überzeugung gewonnen, dass See- und Süßwasserthiere, Wasser- und Landbewohner an und für sich gleich geeignet zum Vergolden sind. Zu bevorzugende Objecte giebt es nur in so fern, als die Verhältnisse für die nothwendigen Manipulationen und besonders für die Bedingungen des Gelingens günstiger bei gewissen Objecten, als bei anderen liegen, und die morphologische Beschaffenheit des Leitenden die im Wesentlichen gleichen Einrichtungen bei einem Object leicht, bei einem anderen viel schwerer untersuchbar macht. Ich habe schon am Anfang dieses Aufsatzes hervorgehoben, dass deshalb z. B. *Lumbricus* und Hirudineen (einerlei ob See- oder Süßwasseregeln) ein unvergleichlich günstigeres Material sind, als Wirbelthiere, und auch erwachsene Thiere viel günstiger als Embryonen, und dass es mir nur von einem gewissen bereits vorgeschrittenen Stadium an in der morphologischen Differenzirung des Leitenden gelungen ist, dieses färberisch zu differenziren.

In Betreff der Größe des zum Vergolden einzulegenden Stückes kann, der Hauptbedingung gemäß, natürlich nur die Dicke von Belang sein, und zwar in erster Linie nicht deshalb, weil das Goldchlorid selbst nicht tief eindringt, sondern weil das Object, wenn es auch während des Lebens hinlänglich durchsichtig war, nach dem Coaguliren der Gewebssubstanzen durch das Goldchlorid undurchsichtig wird. Zwar dringt auch das Goldchlorid bei Weitem nicht so tief, wie die gebräuchlichen Sublimatlösungen ein; nimmt man aber auch vom Sublimat so wenig concentrirte, z. B. einprocentige, so zeigen sie auch keine bedeutend größere Eindringungskraft. Und die Concentration der Goldlösung kann man nicht gut steigern, denn, je concentrirter sie ist, um so dauernder und in so höherem Grad macht sie die Gewebe undurchsichtig. Man kann die Durchsichtigkeit durch Waschen nur bis zu einem gewissen Grade wieder herstellen; ehe aber dieser Grad erreicht ist, ist schon alles Goldchlorid auch heraus, und es erfolgt höchstens eine sehr unvollkommene

Tinction. Etwas ganz Anderes ist, wenn man das Goldchlorid nur als fixirendes Agens für Objecte benutzt, welche eingebettet und in Schnitten eigentlich bei nochmaligem Einführen von Goldchlorid tingirt, also zu einer Nachvergoldung dienen sollen, worüber weiter unten. Dann kann das Object ebenso dick sein, wie bei Fixirungen mit entsprechend starken Sublimatlösungen. — Je dicker die zu vergoldende Gewebsschicht ist, um so weniger lang darf die Goldchloridlösung wirken, wenn die nothwendige Durchsichtigkeit nicht eingebüßt werden soll, um so weniger Gelegenheit kann sie also dazu haben, das Gewebe genügend zu durchdringen oder sich auch in den un mittelbar zugänglichen Theilen genügend zu concentriren. Durch die Einwirkung von organischen Säuren erhalten auch etwas dickere Gewebstücke die hinreichende Durchsichtigkeit und behalten davon trotz eines etwas längeren Verbleibens in Goldchlorid mehr, als sonst. Dann war aber das Object beim Einführen des Goldsalzes in das Gewebe bereits fixirt, allerdings in keiner Weise, welche den bei der Nachvergoldung erwünschten Charakter der Tinction sichern könnte. Dazu sind Fixirungsmittel im engeren histologischen Sinne nöthig, nämlich solche, die das Eiweiß coaguliren. In diesen büßen aber die Objecte ihre Durchsichtigkeit erst recht ein, so dass das Object entweder eine dünne Membran sein oder aus dünnen Fasern bestehen oder aber vor der Vergoldung in dünne Schnitte zerlegt werden muss.

Was Puncto a des Verfahrens die Goldsalzlösung anbelangt, so gebrauchte ich früher mit dem besten Erfolg eine 1procentige Lösung von Aurum chloratum fuscum in Krystallen in destillirtem Wasser. In der neuesten Zeit wollte mir aber das Präparat, welches ich von MERCK unter dem Namen Aurum chloratum fuscum (sollte  $AuCl_3$  oder  $AuCl_3 + 2H_2O$  sein?) bekam, keine guten Resultate geben. Dagegen befriedigt mich Aurum chloratum flavum stets sehr gut. Das Aurum chloratum flavum (das Chlorwasserstoff-Goldchlorid,  $AuCl_4H + 4H_2O$  nach THOMSEN?) scheint weniger verschieden im Handel vorzukommen und desshalb ist es im Allgemeinen vorzuziehen. Jedenfalls sind wir in dieser Beziehung noch immer zu sehr in den Händen der chemischen Fabriken.

Die Lösung kann ganz gut am Lichte stehen, so lange kein Object darin ist. Organische Stoffe bewirken einen Niederschlag von metallischem Gold und dadurch Schwächung der Solution. Die Lösung des Chlorwasserstoff-Goldchlorids ist im Allgemeinen weniger veränderlich und bleibt länger brauchbar.

Die Quantität der Lösung für jedes Objectstück, braucht nicht größer zu sein, als es die nothwendige mäßige Saturirung der Gewebe mit dem Goldsalze, welches von der Lösung entzogen wird, erfordert. Die Anfangs strohgelbe Lösung kann durch ein eingelegtes zu großes Object binnen Kurzem ganz farblos gemacht werden: das Goldsalz wird von dem Gewebe aufgenommen und festgehalten und das Wasser allein zurückgelassen. Ein etwa 10mal so großes Volum wie das des Objectes dürfte stets genügen. Durch Obiges ist aber auch die Frage nach der wiederholten Brauchbarkeit der Lösung beantwortet: sie ist so lange brauchbar, wie sie noch intensiv gelb ist, und ist sie während des Verbleibens eines Objectes in ihr noch vor der nothwendigen Einwirkungsdauer ganz verblichen, so muss sie durch eine frische Lösung ersetzt werden.

Auch die Einwirkungsdauer ist durch die Thatsache bestimmt, dass die Gewebe nicht einfach von der Goldsalzlösung durchtränkt werden, sondern das Goldsalz in sich aufspeichern, und zwar können sie viel mehr davon aufspeichern, als es im gegebenen Fall, in Folge ihres Undurchsichtigwerdens, zum Gelingen der Tinction vortheilhaft wäre. Das Gewebe kann sich mit Goldsalz überladen, und dann genügt die mögliche Intensität der Durchlichtung nicht, um das Salz vollkommen in den tingirenden Stoff umzuwandeln, sondern es wird unmittelbar zu pulverigem Gold reducirt, welches sich auf und in dem Object niederschlägt und zur Imprägnirung, aber dabei zum Hervorrufen von künstlichen Structures führen kann. Je größer die Beladung des Gewebes, eine um so intensivere und vollkommene Durchlichtung von beiden Seiten ist erforderlich; kann sie aber ohne schädliche Nebenwirkungen, wie zu hohe Temperatur (s. weiter unten), erreicht werden, so wird eine um so intensivere und dennoch sehr differenzirte Tinction das Resultat sein. Dünne Schnitte können also gerade von einer gewissen Menge von Goldsalz in den Gewebsbestandtheilen richtig saturirt sein, während dieselbe Menge bei dickeren Objecten, ja schon bei weniger dünnen Membranen eine Überladung bedeuten würde. Ja, dünnen Schnitten muss man auch durch längeres Eintauchen Gelegenheit geben, möglichst viel Goldsalz in sich aufzuspeichern, denn in dem bei der Reduction nothwendigen Wasserquantum löst sich das Goldsalz wieder und würde aus dem Gewebe ausgelaugt werden, bevor sich dort von dem nicht mehr entfernbaren Farbstoff genug für die gute, intensive Tinction namentlich des Leitenden gebildet hat.

In Betreff der Art und Weise, wie das Object in die

Goldsalzlösung einzutauchen ist, muss bemerkt werden, dass letztere auf frische Gewebe eine sehr starke, auf fixirte eine geringere, aber doch in Betracht zu ziehende contrahirende Wirkung ausübt. Längliche Objecte, die sich nicht zusammenziehen und krümmen sollen, müssen an beiden Enden festgesteckt oder gebunden, Membranen ausgespannt, Schnitte auf dem Objectträger fixirt werden etc. Die Vorrichtungen zu diesen Zwecken seien derart, dass man das Object sammt ihnen zum Durchlichten hinstellen kann und nicht genöthigt ist, damit nach dem Goldbade viel zu manipuliren. Membranen z. B. spanne ich zwischen Glasringen oder auf Rahmen aus weißem Lindenholz u. dergl. aus, und nicht auf Platten, die den Zutritt des Lichtes nur von einer Seite gestatten. Zu stark darf man das Object vor dem Einlegen nicht spannen, weil dann die oft schon im Goldchlorid, aber sicher in der Säurelösung (im ersteren durch Schrumpfung, in der letzteren durch Quellung) eintretenden Contractionen zum Durchreißen der Membranen oder dergl. führen. Diese lasse man lieber etwas locker, in der Säurelösung werden sie sich schon spannen.

Puncto b ist zunächst das Medium, in welchem man das Object aufstellt, zu besprechen. Ich nehme stets eine 1 procentige Lösung von Ameisensäure in destillirtem Wasser, und zwar von der concentrirtesten, krystallisirbaren Ameisensäure (spec. Gewicht 1,223), weil ich damit, ich weiß noch selbst nicht wesshalb, auch bei der Vorvergoldung bessere Resultate bekam, als mit einer schwächeren, von geringerem specifischem Gewicht. Und doch glaube ich, ist die Rolle der Säure bei der Vorvergoldung lediglich einerseits ein Durchsichtigmachen oder das Erhalten der Durchsichtigkeit des Objectes, ohne die Umwandlung des Goldsalzes in den tingirenden Farbstoff zu beeinträchtigen, die auch in destillirtem Wasser vor sich gehen würde; andererseits dient sie dazu, um zu verhindern, dass das Wasser während des stets lange dauernden Durchlichtens alkalisch werde, was durch Löslichkeit des alkalischen Glases (z. B. des Objectträgers) oder aus anderen Ursachen erfolgen könnte. Eine alkalische Reaction des Wassers während des Durchlichtens bedingt aber eine sofortige Reduction des Goldsalzes zu pulverigem Golde und entzieht so der Bildung des tingirenden Farbstoffes das Substrat. Von anderen Säuren beeinträchtigt auch Essigsäure und Citronensäure an und für sich nicht die Tinctio; Essigsäure schadet aber, wenn sie dieselbe Aufhellung bewirken soll, den Geweben mehr, und Citronensäure bewirkt eine

zu geringe Aufhellung. Aus Obigem folgt nun: je dicker das Object, um so mehr Ameisensäure ist zur nöthigen Aufhellung erforderlich; dem ist aber durch die bald eintretende zu starke Quellung, welche für meine Zwecke meist nachtheilig war, eine Grenze gesetzt. Durch die Quellung nehmen faserartige Gewebsbestandtheile, namentlich Muskelfasern, an Volum zwar zu, aber sie verkürzen sich sehr beträchtlich, und eine Folge davon ist, dass z. B. zu stark ausgespannt gewesene Muskelmembranen (Darmwand von *Pontobdella*) durchreißen und sich zusammenrollen. Und dadurch werden die Bedingungen der Belichtung auch ungünstig.

Die Quantität des sauren Wassers soll nicht zu gering sein, denn sonst verleiht ihm das aus dem Object zum Theil austretende Goldsalz eine verhältnismäßig große Concentration, und das metallische Goldpulver schlägt sich durch die Einwirkung des Lichtes zu sehr in der Nähe des Objectes, ja, sehr oft auf demselben nieder. Ist die entstehende Goldlösung dagegen sehr diluirt, so erscheint zunächst eine violette Farbwolke (das  $\text{AuO}$  von BERZELIUS?), welche in Folge ihrer Schwere sich vom Object entfernt und sich erst weit davon zum Goldpulver umwandelt. Dazu muss im Gefäß natürlich genug Platz sein. Zu groß wird die Quantität des sauren Wassers eigentlich nie, wenn das Object darin ruhig steht. Das vom Gewebe aufgespeicherte Goldsalz wird nämlich durch das Wasser dort Anfangs zur concentrirtesten Lösung, die vom Goldsalz in Wasser nur möglich ist, umgewandelt, und diese wird durch Einwirkung des Lichtes zu einer concentrirten Lösung jenes purpurnen Farbstoffes umgestaltet, welcher nun von den Geweben allmählich aufgenommen, richtiger behalten und gebunden, beziehungsweise zu intermoleculär vertheiltem Golde reducirt wird. Es ist nicht zu vermeiden, dass ein Theil davon die Gewebe verlasse, ehe ihn diese festhalten können; aber wenn man das Object in viel Wasser herumbewegt, so wird davon leicht zu viel ausgeschwemmt, und es kann zwar eine mehr oder weniger intensive Tinction entstehen, aber das Leitende wird sicher nicht differenzirt. Dazu muss sich übrigens das Leitende schon vor dem Einführen des Goldsalzes in einem Zustande befinden, welcher es befähigt, das Goldsalz fester und in größerer Menge, vielleicht in einer anderen Form, an sich zu binden, als es dies im frischen Zustande, bei der Vorvergoldung thun kann. Und in diesen Zustand wird es durch gewisse Fixirungen gebracht.

Das Hinstellen des Objectes im sauren Wasser geschehe immer in der Weise, dass es den Lichtstrahlen, diffusen oder directen

Sonnenstrahlen, möglich sei, es von allen Seiten durchzudringen. Membranen dürfen zum Beispiel nicht auf einer undurchsichtigen, sei es auch weißen Unterlage befestigt sein, und, wenn sie etwa am Boden des Glasgefäßes liegen, so darf dieses selbst nicht auf einem undurchsichtigen Gegenstand stehen. Meist nehme ich irgend eine weiße Unterlage, stelle darauf eine umgekehrte Glasschachtel oder eine höhere Glasdose und auf diese das Gefäß, worin sich das Object befindet. Noch besser ist es, als Unterlage eine Spiegelplatte zu benutzen. Membranen und dergleichen spanne ich, wie gesagt, schon vor dem Einlegen in die Goldsalzlösung über einem Holzrahmen aus, den ich aus dünnen Holzstreifen, die mit Cactusstacheln zusammengeagelt sind, in einigen Minuten immer ad hoc in den nothwendigen Dimensionen verfertige. Den Rahmen lasse ich, mit dem Object nach unten, auf dem sauren Wasser schwimmen, damit auch die Flüssigkeit von beiden Seiten ungehindert heran kann. Die Nähe der Oberfläche des Wassers erlaubt auch den Zutritt des Oxygens der Luft, was beim Vorvergolden eventuell von Vortheil sein kann. Die Objectträger werden mit den Schnitten in Glascylindern aufgestellt (s. weiter unten).

In Betreff des Durchlichtens trachte man danach, so viel Licht, wie bei geringer Temperaturerhöhung des Wassers nur möglich, einwirken zu lassen. Je höher bei einer gegebenen Lichtmenge die Temperatur, welcher das Object gleichzeitig ausgesetzt ist, um so eher fängt es zwar an eine rothe Farbe anzunehmen, welche bis zu einem gewissen Grad immer dunkler wird, aber einerseits geht der violette Farbstoff, der als eine Wolke im Object und um das Object entsteht, zum Theil sofort in einen pulverigen Zustand über, und andererseits kann auch der Theil, welcher von den Geweben als solcher zurückgehalten wird, nicht die richtige Tinction bewirken. Bei einer je niedrigeren Temperatur der Farbstoff entsteht, um so sicherer wird er, wenn er in genügender Menge entsteht, die richtige Tinction hervorrufen. Aber je niedriger die Temperatur, um so langsamer entsteht er, um so mehr Goldsalz kann also aus dem Object durch das saure Wasser ausgelaugt werden, ohne die Zeit gehabt zu haben, sich im Gewebe in den Farbstoff umzuwandeln. Ich kenne nur ein einziges Mittel, welches die Umwandlung in allen Fällen ohne nachtheilige Nebenwirkungen beschleunigt, und das ist die starke Belichtung. Je niedriger also die Temperatur, um so stärkere Belichtung ist nöthig. Am einfachsten erhält man die besten Bedingungen, wenn man das Object an einem klaren Wintertage an ein günstig gelegenes Fenster,

oder zwischen zwei Fensterläden (bei 10—15° C.) an die Sonne stellt und dafür sorgt, dass es bis zum Sonnenuntergang nicht in Schatten kommt. Im Hochsommer kann diffuses Tageslicht im Freien oder in möglichster Nähe des Fensters genügen. Ja, meist werden die directen Sonnenstrahlen des Sommers eine zu große Erwärmung des Objectes verursachen und sind deshalb lieber zu vermeiden. Man gebe darauf besonders Acht, dass hinter den beschienenen Glasflächen kein Luftraum sich im Gefäß mit dem Object befinde, besonders, dass man auf ein nicht ganz volles Gefäß bei warmem Wetter an der Sonne nicht einen Glasdeckel auflege. In Neapel haben die Sonnenstrahlen des Sommers die Temperatur des Wassers in solchen Fällen bis auf 60° C. erhöht. Bei einer solchen Temperatur kann aber nie eine gute Tinction entstehen; 20° C. ist das Maximum, wobei directe Bestrahlung noch ein gutes Resultat geben mag.

Durch Zutritt des Oxygens der Luft darf die Tinction nur bei der Vorvergoldung, wo ja doch keine Differenzirung des Leitenden zu erwarten ist, beschleunigt werden. Die damit leicht sich verbindende Gefahr, das Goldsalz aus dem Gewebe vorzeitig auszuspülen, umging ich in der Weise, dass ich das Object entweder auf der Oberfläche des sauren Wassers in einem ganz vollen Gefäß schweben ließ, oder es in einer feuchten Kammer bei oftmaligem Lüften mit dem sauren Wasser von Zeit zu Zeit bloß befeuchtete. Bei directer Bestrahlung durch die Sonne ließ sich eine nachtheilige Erhöhung der Temperatur in der Kammer nur in der kühlen Jahreszeit vermeiden. Ein künstliches Zuführen von Oxygen in einer anderen Weise habe ich noch nicht versucht.

Die Dauer der Belichtung darf nie zu kurz sein; zu lange kann sie nicht werden, da die weitere Belichtung der einmal schon entstandenen Tinction gar nichts schadet. Dem Verweilen des Gewebes im sauren Wasser wird indessen durch die allmählich immer größer werdende, je höher die Temperatur, um so auffälligere schädliche Wirkung der Säure auf die feinere histologische Beschaffenheit eine Grenze gesetzt. Länger als 24 Stunden lasse ich meine Objecte nur gelegentlich im Winter im sauren Wasser. Die Hauptsache ist, dass man das Object zu einer Stunde einlegt, wo direct auf das Einlegen in der kühlen Jahreszeit mindestens 8 Stunden, in der warmen mindestens 6 Stunden ununterbrochener Belichtung folgen können. Einlegen gegen Abend und Fortsetzen des Belichtens am anderen Tage würde in den allermeisten Fällen ein Misslingen der Tinction zur Folge haben.

Die Resistenz der einmal eingetretenen Goldtinction übertrifft die aller anderen Tinctionen. Sie ist gegen Licht, Luft, Säuren, Alkalien und so weiter ganz unempfindlich, verblasst aber sehr rasch in Lösungen, welche freies Chlor, Jod oder Brom enthalten. Man kann deshalb das Object mit allen nur wünschbaren Mitteln nachfärben, in alle Medien einschließen. Man kann es einer nachträglichen Maceration in allen üblichen Flüssigkeiten unterwerfen. Das Epithel der Darmwand von *Pontobdella* pflege ich nachträglich dadurch leicht abpräparirbar zu machen, dass ich das vergoldete Stück auf 24 Stunden in mein Säuregemisch (10—15 % Essigsäure, 10 % Salpetersäure in einem Gemisch von gleichen Theilen von Alkohol abs., Glycerin und destillirtem Wasser) und weiter ohne Auswaschen auf 24 Stunden in wenig 70 procentigen Alkohol lege, dann in reinem Alkohol auswasche. In letzterem hebt sich das Epithel beinahe von selbst ab und bloß die Muskel- und Bindegewebsschicht bleiben als nunmehr sehr durchsichtige, dünne Membran zurück. Auch nach Macerirungen ist die Tinction ebenso unbegrenzt haltbar wie sonst.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen kann ich die Art und Weise, wie ich die zwei Goldmethoden bei meinen obigen Untersuchungen angewandt habe, mit einigen Worten beschreiben.

#### b. Vorvergoldung: Specielles.

Das frische Object kommt im Dunkeln in eine 1procentige Lösung von Aurum chloratum flavum auf mindestens zwei Stunden, sehr dünne Membranen länger, bis über Nacht. Ohne vorheriges Auswaschen kommt es dann auf 24 Stunden in eine 1procentige Ameisensäurelösung und wird sofort in der Weise an das Licht gestellt, dass es die Lichtstrahlen von allen Seiten durchdringen können, und zwar vom Einlegen in die Ameisensäurelösung an mindestens 6—8 Stunden lang ununterbrochen. Nach der ersten Stunde kann man, wenn die Flüssigkeit dunkel geworden ist und daher viel Licht absorbirt, dieselbe durch eine frische Ameisensäurelösung ersetzen, indessen gebe man Acht, das Object so wenig wie nur möglich zu bewegen. Auswaschen der Säure ist nicht nöthig, schadet aber auch nicht. Einschließen direct in Gummisyrup oder concentrirtes Glycerin. Einschließen in Balsam verursacht durch das unvermeidliche Entwässern und die Behandlung mit einem Vormedium überflüssige Arbeit, und es ist nicht ausgeschlossen, dass dabei manche Gewebsbestandtheile etwas schrumpfen könnten:

Die charakteristische Reaction der Vorvergoldung tritt auch am

bereits länger todt, aber histologisch noch wenig geschädigten Object ein; ja man bekommt sie sogar, wenn man das Object behufs leichteren Zerlegens in gehörig dünne Theile tagelang in Drittelalkohol macerirt hat. In dieser Weise isolirte Plättchen des elektrischen Organs von *Torpedo* ließen eine auffallend schöne Vergoldung der Endverästelungen der Nerven zu.

#### c. Nachvergoldung: Speciellcs.

Fixiren in Sublimat oder Sublimatalkohol: ganze Thiere oder größere Stücke bleiben in Sublimatalkohol 16—24, dünne Membranen 4—5 Stunden, in Sublimat höchstens halb so lang<sup>1</sup>. Entfernung des Sublimats aus den Geweben. Objecte, die, auch ohne in Schnitte zerlegt zu werden, genug dünn sind, um auch fixirt

<sup>1</sup> Dieses Verfahren ist in erster Linie für Wirbellose festgestellt. Bei Wirbelthieren kann man die fixirende Wirkung des Osmiumtetroxyds auf die Markscheiden und auch auf die Neurofibrillen nicht entbehren, aber ebenso wenig die des Sublimats, welches die Neurofibrillen am besten zur specifischen Schwärzung durch das Gold disponirt. Deshalb benutze ich ein Gemisch von gleichen Theilen einer 1procentigen Osmiumtetroxydlösung und einer concentrirten Sublimatlösung in  $\frac{1}{2}$ procentiger Kochsalzlösung. Nur diese beiden Lösungen werden vorrätzig gehalten und unmittelbar vor dem Gebrauch mit einander gemischt. Es ist von größter Wichtigkeit, die Schwärzung des Gewebes durch das Osmium möglichst zu vermeiden. Deshalb geschehe die ganze Procedur vom Einlegen des Objectes in die Fixirungsflüssigkeit bis zum Einbetten in Paraffin bei sorgfältigem Abschluss des Lichtes. Eine gewisse Bräunung ist indessen nie zu vermeiden; natürlich betrifft diese in erster Linie das Myelin. Bei den Wirbellosen ist aber das Myelin (bald reichlich, bald allerdings sehr spärlich) in der Regel in den leitenden Bahnen gleichmäßig vertheilt und nicht auf gesonderte Hüllen, wie die Markscheiden, beschränkt. Enthält die Interfibrillärsubstanz viel Myelin, so verdeckt letzteres, wenn es von Osmium gebräunt wird, wie in den sensorischen Bündeln der Hirudineen und von *Lumbricus*, die leitenden Primitivfibrillen. Je weniger nun in den betreffenden Elementen des Wirbelthier-Nervensystems Ähnliches der Fall ist, um so mehr Aussicht kann man auf eine scharfe Differenzirung des Leitenden haben. Günstig sind demnach z. B. die dicken Nervenfasern mit Markscheide, bei welchen die Neurofibrillen des Achsencylinders in vollkommen myelinloser Interfibrillärschicht eingebettet sind, nur müssen die Schnitte dünner sein, als der halbe Durchmesser der Nervenfasern, wenn es sich um Längsschnitte von Nerven handelt. Günstig sind auch die großen Ganglienzellen des Rückenmarks von *Lophius*, Kalb etc., sie erfordern aber schon einen sehr sorgfältigen Abschluss des Lichtes während der ganzen Procedur, bei Celloidineinbettung sogar während dieser. — Leider können die zu fixirenden Stücke nicht gut dicker als 1 mm sein (dünne Scheiben des Rückenmarks, dünne Nerven, kleine Ganglien etc.). Einwirkungsdauer mindestens 24 Stunden. Auswaschen in oft erneutem H<sub>2</sub>O bis 12 Stunden, dann in wässriger Jodjodkaliumlösung (1% KJ und  $\frac{1}{2}$ % J) 12 Stunden. Weiter, wie nach einfacher Sublimatfixirung.

durchsichtig zu sein, bringe man gar nicht in Alkohol, sondern entferne das Sublimat nach tüchtigem Ausschwenken in destillirtem Wasser mit einer Jodjodkaliumlösung in Wasser (1 % KJ und  $\frac{1}{2}$  % J). Sonst nach dem 6—8 stündigen Auswaschen in öfters erneuter wässriger Jodjodkaliumlösung Übertragen unmittelbar in starken (95procentigen oder stärkeren) Alkohol bis über Nacht, weiteres Entfernen des Sublimats aus den Geweben in einer alkoholischen Lösung von Jod und Jodkalium ( $\frac{1}{2}$  % J und 1 % KJ in 95procentigem Alkohol) bis das Object durch und durch gelb geworden ist, Entfernen des Jodjodkaliums durch Alkohol absolutus, welcher gleichzeitig zum Entwässern dient, Vorbetten für Paraffin in reines Chloroform (oder 4 Theile Chloroform und 1 Theil Äthyläther). Oder Einbettung in Celloidin. Der Celloidinblock ist, wenn er nicht sofort geschnitten wird, in Glycerinleim aufzubewahren. — Aufkleben der Paraffinschnitte auf den Objectträger mit destillirtem Wasser oder Eiweißwasser, der Celloidin-Schnitte nach meiner Bergamottöl-Methode. Entfernen des Paraffins mittels Chloroform. Die durch die sonst üblichen Medien in destillirtes Wasser gebrachten Schnitte bleiben dort mindestens zwei, höchstens sechs Stunden. Oder man stellt sie nach Abspülen in  $H_2O$  in die 1 procentige Ameisensäurelösung auf 1 Minute, spült sie wieder gut in  $H_2O$  ab und kann sie sofort weiter behandeln. Hineinstellen der Objectträger in Tuben in die 1 procentige Lösung von Aurum chloratum flavum auf 24 Stunden, mindestens über Nacht. Kurzes Eintauchen in destillirtes Wasser nach dem Goldchlorid oder Abwischen des letzteren mit Filtrirpapier vom Glase (nicht von den Schnitten), nicht längeres Auswaschen. Etwas schräges Aufstellen der Objectträger, je einen in einem Glastubus voll mit 1 procentiger Ameisensäurelösung, in der Weise, dass die Schnitte nach unten sehen. Allseitige Durchlichtung bei möglichst intensivem Lichte und möglichst geringer Temperaturerhöhung. Nach beendeter Belichtung oder erst nach 24 Stunden Abwischen des etwaigen Goldniederschlages, welcher so nur auf die Rückseite des Objectträgers beschränkt ist, mit einem Tuch, Abspülen in destillirtem Wasser, Einschluss des Präparates in der üblichen Weise in Balsam, oder direct in concentrirtes Glycerin oder Gummisyrup. Eventuell vorher noch Nachfärben in beliebiger Weise, am besten in irgend einer kernfärbenden Hämateinlösung.

Folgende Bemerkungen über die einzelnen Phasen des Verfahrens dürften von Nutzen sein.

In Betreff der Fixirung sei bemerkt, dass bei Wirbellosen

Sublimat (concentrirte Lösung in  $\frac{1}{2}$  procentiger Kochsalzlösung) und Sublimat-Alkohol (obige Sublimatlösung und Alkohol absolutus zu gleichen Theilen) zwar für das Leitende selbst die besten Resultate giebt, aber wo man viel auf die Erhaltung der äußeren Zellformen zu sehen hat, auch Sublimat-Osmiumtetraoxyd (obige Sublimatlösung und 1 procentige Osmiumtetraoxydlösung zu gleichen Theilen) zu empfehlen ist. Die Einwirkungsdauer sei dieselbe, aber man wasche nachher mindestens 6 Stunden lang in fließendem Wasser, und die sonst ganz gleiche weitere Behandlung bis zum Einbetten geschehe bei möglichstem Abschluss des Lichtes, damit sich das Somatoplasma möglichst wenig bräune. Bei Wirbelthieren ist Sublimat-Osmiumtetraoxyd meist vorzuziehen (s. die Anmerkung zu pag. 729). Fixirungen mit anderen Mitteln gestatten die Differenzirung des Leitenden durch Nachvergoldung entweder gar nicht oder wenigstens viel unvollkommener. Auch heiße Sublimatlösungen sind, mit Ausnahme von *Ascaris*, bei meinen Objecten ganz unbrauchbar gewesen. Übrigens sind meine Versuche mit anderen Fixirungsmitteln noch nicht beendet.

Durch das Sublimat werden die Neurofibrillen in einen Zustand gebracht, welcher ihnen sonst in der Regel nicht eigen ist und sie befähigt, das Goldsalz in sich dermaßen aufzuspeichern und so festzuhalten, dass bei der Umwandlung desselben in den tingirenden Stoff (das purpurne  $\text{AuO?}$ ) auch von diesem sich eine viel größere Menge als sonst in den Geweben festsetzt (und vielleicht in Goldmetall in intermoleculärer Vertheilung verwandelt).

Dieses Resultat ist unter Umständen auch ohne eigentliche Fixirung zu erreichen, und dann bewahren die Gewebe trotz der äußerst scharfen Differenzirung des Leitenden den Charakter der Vorvergoldung. Das dazu nöthige Verfahren ist sehr heikel, und ich habe es selbst noch nicht sicher in der Hand, wesshalb ich es auch vorläufig noch nicht veröffentlichen will. Fig. 10 und 11 Taf. 28 sind nach einem solchen Präparat gezeichnet. Ich besitze mehrere schon seit über 10 Jahren und habe sie wiederholt sowohl verschiedenen Fachgenossen, als auch auf dem 3. Zoologencongress öffentlich demonstriert, überdies stehen sie Jedem, der sie sehen will, jeder Zeit zur Verfügung.

Übrigens behalten die Neurofibrillen den durch Sublimatfixirung hervorgebrachten günstigen Zustand für ihre Differenzirung in flüssigen Medien nicht gar lange. Desshalb darf das ganze Verfahren vom Fixiren an bis in die nicht mehr flüssige Einbettungsmasse, Paraffin oder Celloidin, nur so kurz dauern, wie es bei Siche-

rung des guten histologischen Erhaltens, der richtigen Entfernung des Sublimats und der tadellosen Einbettung nur möglich ist. Je rascher und dabei in je besserer Erhaltung man das Object in die Einbettungsmasse bringen konnte, um so vollkommener die Nachvergoldung. Das in Paraffin eingebettete Object kann unbegrenzt aufbewahrt werden; würde man dagegen nach Celloidineinbettung den Celloidinblock mit dem Object, wie üblich, in Alkohol aufheben, so würde dieses die Tingirbarkeit des Leitenden bald einbüßen. Desshalb hebe ich ihn in Glycerinleim auf. Er wird in Wasser abgespült und in eine beliebig dicke Lösung von Glycerinleim gelegt; wenn diese bei gewöhnlicher Temperatur nur erstarrt, ist sie schon dick genug. Kleine Stückchen Thymol auf den Leim gelegt, verhüten die Schimmelbildung, die an der Oberfläche der Gelatine rasch einzutreten pflegt. Man nimmt das Object bloß unmittelbar vor dem Schneiden heraus, indem man den Leim (nach Entfernen der Thymolstückchen) durch gelindes Erwärmen flüssig macht, und wäscht es in lauem Wasser etwas ab. Man braucht es nicht erst in Alkohol zu bringen, sondern kann es mit dem mit 95 (sonst gewöhnlich 93)procentigem Alkohol befeuchteten Messer sofort gehörig dünn schneiden. — Xylol und andere Vormedien der Paraffin-einbettung sind zu vermeiden, nur Chloroform, höchstens mit etwas Äther versetzt, ist zu brauchen.

Die für die Differenzirung des Leitenden günstigste Schnittdicke ist im Allgemeinen 7—10  $\mu$ ; bei 15  $\mu$  wird die Tinction meist zu dunkel, bei 5  $\mu$  meist schon zu hell, und die Neurofibrillen schwärzen sich im letzteren Fall nur dann genügend, wenn die die Schwärzung bewirkende Energie-Constante (s. w. u.) sehr genau getroffen wurde, und die einzelnen Componenten der Constante gerade im günstigsten Verhältnis zur Wirkung kommen. Je dünner der Schnitt, um so größer ist besonders die Gefahr, dass das Goldsalz aus dem Gewebe zu sehr ausgelaugt wird, bevor noch die Tinction des Leitenden erfolgen kann.

Von allen Medien, mit welchen das Object, bis die Schnitte in die Goldsalzlösung gestellt werden können, in Berührung kommt, ist destillirtes Wasser in unserem Fall am wenigsten schädlich. Das Verweilen in allen muss möglichst kurz sein; nur in destillirtem Wasser müssen die Schnitte verhältnismäßig lange verbleiben, und zwar, wie es mir scheint, desshalb, damit die Neurofibrillen etwas aufgeweicht und dem Goldsalze zugänglicher werden. Dieses Aufweichen wird, wie gesagt, durch Eintauchen in Ameisensäure-Wasser

auf eine Minute sehr beschleunigt. Bei kleinen Objecten entferne ich auch das Sublimat bloß durch die wässerige Jodjodkaliumlösung.

Die Glasstuben, die ich zum Aufstellen der Objectträger beim Belichten am vortheilhaftesten fand, sind nur etwas höher als letztere und so weit, dass sie in ihnen bis zu etwa  $70^{\circ}$  schräg stehen können. Meine Tuben fassen 100 ccm. In jedem darf nur ein Objectträger aufgestellt werden. Würden die Schnitte auf dem schrägen Objectträger nach oben schauen, so könnte sich die entstehende Farbwolke durch Hinuntersinken im Wasser von den Schnitten nicht entfernen, und das Goldpulver, welches aus ihr entsteht, würde sich auf die Schnitte setzen. Dies wäre, wie leicht einzusehen, auch dann noch nicht vermieden, wenn der Objectträger vertical stünde. Und endlich würde das Zubodensinken der Farbwolke auch dann verhindert werden, wenn sie auf die Rückseite eines ebenfalls schräg nebenan, obwohl in Folge einer Glasleiste am Boden des Tubus zwischen den Objectträgern durch einen kleinen Zwischenraum getrennt stehenden anderen Objectträgers fiel. Der Winkel, welchen der Objectträger mit der Verticallinie bildet, ist an und für sich gleichgültig.

In Betreff der Belichtung ist die sofortige und mindestens 6 (im Sommer) bis 8 (im Winter) Stunden ununterbrochen fortdauernde Einwirkung der Lichtstrahlen von beiden Seiten des Objectträgers von noch größerer Wichtigkeit als beim Vorvergolden, denn nur unter dieser Bedingung kann man sicher auf die Differenzirung des Leitenden rechnen. Auch das Vermeiden einer Temperatur über  $20^{\circ}$  C. ist hier von ganz besonderer Bedeutung. Aber auch unterhalb dieser Grenze müssen die zur Wirkung kommende Lichtenergie und Wärmeenergie und die chemische Energie des sauren Wassers zusammen eine Constante von Energie ergeben, die die richtige Umwandlung des Goldsalzes in den tingirenden Stoff veranlasst. So erkläre ich mir wenigstens die Thatsache, dass bei niedriger Temperatur directes Sonnenlicht unerlässlich, bei höherer schon eher schädlich, und von einer gewissen Temperatur an überhaupt nur diffuses, aber unvermindertes Tageslicht brauchbar ist, und andererseits zu geringes Licht und niedrige Temperatur bis zu einem gewissen Grade durch größeren Säuregehalt des Wassers compensirt werden können. Die Wirkung der Lichtstrahlen liefert aber schon in ganz minimaler Tiefe des Objectes in keinem Falle mehr die nöthige Energie, und desshalb muss man ihnen sogar bei nur  $10 \mu$  dünnen Gewebsschichten von beiden Seiten directen Zutritt verschaffen, damit die Lichtwirkung sich auf die ganze Dicke erstreckt.

Möglich, dass diese Art und Weise, wie ich meine Erfahrungen beim Vergolden deute, falsch ist; momentan sehe ich aber keine andere Erklärung der Thatsachen. Manche habe ich in meinen früheren Mittheilungen über die Goldmethode anders gedeutet. So z. B. glaubte ich mich durch meine früheren Misserfolge bei gewissen Thieren zur Annahme veranlasst, dass diese für die Nachvergoldung a priori weniger günstig seien. Nun weiß ich, dass sie nur deshalb so schienen, weil ich mein Material von ihnen in Alkohol aufbewahrte und sie zu vergolden versuchte, als sie dazu durch die Einwirkung des Alkohols ungeeignet geworden waren. Andere Objecte erwiesen sich im Gegentheil deshalb als so sehr geeignet, weil ich sie sofort weiter behandelte und nicht erst in Alkohol stehen ließ.

Neapel, im Sommer 1896.

## Erklärung der Abbildungen auf Tafel 23—32.

### a. Allgemeine Erklärung.

Sämmtliche Figuren sind, mit Ausnahme von Figur 5 und 6, Tafel 32 mit dem ABBE'schen Zeichenapparat bei, wo nicht anders angedeutet, ganz genauer Verfolgung der Linien verfertigt. Das mikroskopische Bild wurde dazu, mit Ausnahme für die nicht gefärbten Contourlinien in den Methylenblaupräparaten, durch den vollen Beleuchtungskegel eines ABBE'schen Condensors von 1,40 Apertur belichtet, und nur das gezeichnet, was bei dieser Beleuchtung in Folge der durch die Behandlung verliehenen Färbung scharf hervorgetreten ist. Ungefärbte und nur bei Verminderung der Apertur des Beleuchtungskegels hervortretende Gebilde wurden beim Zeichnen nicht berücksichtigt, ausgenommen die erwähnten Contourlinien in Methylenblaupräparaten, die für die Orientirung im Ganglion unentbehrlich sind und erst bei gedämpfter Beleuchtung zeichenbar werden. Hingegen ist in der Regel nicht Alles gezeichnet, was bei voller Beleuchtung im mikroskopischen Bild noch so deutlich hervortritt, sondern bloß das, auf dessen Illustration es gerade ankam. Schematisirt wurde, mit der obigen Ausnahme, nichts, so dass die Zeichnungen, als objective Wiedergabe von Thatsachen, Anspruch darauf machen können, an Stelle der Präparate als Belege zu dienen. Zur Darstellung kamen mikroskopische Bilder nach Vorvergoldung (*Vrg.* s. pag. 728), Nachvergoldung (*Nvg.* s. pag. 729—734), Hämateintinction (*Häm.* s. pag. 712—718) und Methylenblautinction (*Meth.* s. pag. 712); einige anderswie gewonnene Bilder sind an betreffender Stelle besonders erläutert. *Ce* Celloidineinbettung, *Pa* Paraffin, *Cb* Canada balsam, *Gly* Glycerin, *Gsy* Gummisyrup.

Die dunkelsten, tief schwarzen, stets scharf gezeichneten Linien und Punkte sind, dem mikroskopischen Bilde entsprechend, die Längs- oder Quer-

schnittbilder der Neurofibrillen. Alle anderen Linien sind in den nicht farbigen Figuren gemäß der geringeren Intensität der Tinction und ihrer weniger scharfen Zeichnung im mikroskopischen Bilde in einem mehr oder weniger dunklen grauen Ton gehalten. Nur in den Methylenblaubildern sind die Neurofibrillen weniger dunkel als sonst gezeichnet, es sind aber stets härtere und schärfere Linien, als die sonstigen Elemente des Bilde.

## b. Erklärung der Zeichen und Buchstaben.

*Q* bedeutet Querschnitt oder quer, *L* Längsschnitt oder längs, *Ta* tangentialen Schnitt oder tangential in Bezug auf die Achse des betreffenden Nerven, der Zelle oder des Organs selbst, *Tr* transversale, *Sa* sagittale, *Fr* frontale Richtung des Schnittes in Bezug auf das ganze Thier. Eine arabische Zahl mit  $\mu$  dahinter ist die Schnittdicke in Mikromillimetern.

Folgendes ist die Bedeutung der Buchstaben bei den Figuren. Hier nicht aufgezählte suche man in der Erklärung der einzelnen Figuren.

- |   |  |
|---|--|
| <i>acy</i> Achsencylinder,  | <i>cfm</i> centrale Fasermasse in den Bauchganglien,   |
| <i>af</i> Achsenfibrille, d. h. meist motorische Primitivfibrille in der Achse eines Ganglienzellenfortsatzes (des Stielfortsatzes der birnförmigen Gangzelle),   | <i>cfpf</i> cellulifugal leitende Primitivfibrille,  |
| <i>afo</i> Achsenfortsatz, ein Theil des Fortsatzes oder ein Fortsatz einer Ganglienzelle, welcher direkt in einen peripherischen Nerven hinein zu verfolgen ist, | <i>chkk</i> chromatisches Kernkörperchen,  |
| <i>ag</i> Außengitter, das äußere intracelluläre Neurofibrillengitter in den Ganglienzellen des Typus K von <i>Hirudo</i> ,                                       | <i>ci</i> Cilie,   |
| <i>äh</i> äußere, bindegewebige Hülle eines Nerven, Connectivs oder Ganglions,  | <i>cl</i> contractile Leiste einer Muskelfaser im Querschnitt,                               |
| <i>akk</i> achromatisches Kernkörperchen,   | <i>Co</i> das Connectiv (Längscommissur) des Bauchstranges,                                  |
| <i>an</i> leitende Anastomose, hergestellt durch den Übergang einer Neurofibrille aus dem Neurofibrillengitter (oder Geflecht) einer Zelle in das einer anderen,  | <i>Col</i> das linke Connectiv,  |
| <i>bg</i> Bindegewebe,  | <i>Cor</i> das rechte Connectiv,   |
| <i>bh</i> bindegewebige Hülle,  | <i>com</i> Connectivmuskel, Muskelfaser in der Neurilemmhülle des Connectivs,                |
| <i>big</i> Binnengitter, das innere, perinucleäre Neurofibrillengitter in den Ganglienzellen des Typus K von <i>Hirudo</i> ,                                      | <i>cppf</i> cellulipetal leitende Primitivfibrille,  |
| <i>bk</i> Bindegewebszellkern,  | <i>cu</i> Cuticula,  |
| <i>bk(wz)</i> Kern einer bindegewebigen Zelle, wahrscheinlich einer wandernden Leukocyte in den Nervenfasern oder in ihrer Scheide,                               | <i>df</i> Dendritfibrille, d. h. Neurofibrille eines Nebenfortsatzes der Ganglienzelle,      |
| <i>bs</i> Blutsinus,  | <i>dglfod</i> durchgehende Longitudinalfaser in der Dorsalschicht der centralen Fasermasse,  |
| <i>cag</i> Capillargefäß,   | <i>dglfov</i> durchgehende Longitudinalfaser in der Ventralschicht der centralen Fasermasse, |
|   | <i>drz</i> Drüsenzellen,   |
|   | <i>dsche</i> doppelte äußere Scheide des Nerven,   |
|   | <i>ep</i> Epithelzellen, Epithel,  |
|   | <i>fre</i> freie, intercelluläre Endverzweigung einer leitenden Primitivfibrille,            |
|   | <i>ga</i> Ganglion,  |
|   | <i>gef</i> Blutgefäß,  |
|   | <i>gg</i> Grundgallerte verschiedener Gewebe,  |
|   | <i>gk</i> Ganglienkapsel (Ganglienpacket), von   |

- einer gemeinsamen Gliamembran umgebene Gruppe von Ganglienzellen,  
*gkllca* die laterale Ganglienkapsel links in einem Bauchganglion caudal,  
*gkllro* eine solche rostral,  
*gklrca* die rechte caudal,  
*gklrro* rostral,  
*gkmca* die mediane Ganglienkapsel caudal,  
*gkmro* rostral,  
*gkp* Glaskörper der Retinazellen,  
*glb* Gliabalken, hauptsächlich im Connectiv,  
*glf* Gliafibrillen,  
*glg* Gliagewebe,  
*glh* Gliahülle, z. B. der Ganglienzelle,  
*grefm* Grenzlinie der centralen Faser-masse,  
*gsche* Gliascheide der einzelnen Nervenfasern,  
*gz* Ganglienzelle,  
*gzo* radiär gestreifte Zone des Glaskörpers der Retinazellen,  
*h* bindegewebige Hülle des Ganglions etc.  
*hmsl* hinterer aus einem Bauchganglion entspringender Nervenstamm links,  
*hmsr* ein ähnlicher rechts,  
*hwl* Wurzel des aus einem Bauchganglion entspringenden hinteren Nervenstammes links,  
*hwr* dieselbe rechts,  
*hzo* helle Zone des Glaskörpers der Retinazellen,  
*ikp* Innenkörper im Glaskörper der Retinazellen,  
*ischl* intraganglionärer Schlitz zwischen der rechten und linken Hälfte und der vorderen und hinteren Quercommissur der centralen Faser-masse des Ganglions,  
*izo* innere Zone im vorspringenden Somatoplasmahägel der Retinazellen von *Hirudo*,  
*k* Zellkern überhaupt,  
*kgz* Kern einer Ganglienzelle,  
*kk* Kernkörperchen,  
*kzo* Körnchenzone des Glaskörpers der Retinazellen,  
*lc* Lymphcapillare, namentlich in der Epidermis,  
*lf* linke Hälfte der Centralfasermasse des Ganglions,  
*lsp* Lymphspalte, namentlich in den Nerven,  
*m* Muskelfaser,  
*mf* Muskelfibrille,  
*mgz* motorische Ganglienzelle,  
*MI* Medianlinie. Der Pfeil daneben zeigt die rostrale Richtung,  
*mnf* motorische Nerven-faser,  
*mns* motorische Nervenspindel,  
*mpf* motorische Primitivfibrille,  
*mu* Muskel,  
*mugz* mediane unpaare Ganglienzelle des caudalen medianen Gangliennackets,  
*mye* Myelinscheide,  
*n* Nerv,  
*nb* Nephridialblase,  
*ne* Nerv,  
*nF* der FAIVRE'sche Mediannerv des Bauchstranges,  
*nm* Nervmuskel, d. h. Muskelfaser, in die Neurilemmscheide eines Nerven eingebettet,  
*nsb* Sammelblase eines Nephridiums,  
*nsche* bindegewebige Neurilemmscheide eines peripherischen Nerven,  
*oe* Ösophagus, Lumen des Ösophagus,  
*p, pig* Pigment, Pigmentzellen,  
*pf* leitende Primitivfibrille, die Neurofibrille als anatomisches Individuum,  
*psni* Perineuralsinus,  
*qpf* quer getroffene leitende Primitivfibrillen, Neurofibrillen im optischen Querschnitt,  
*rf* rechte Hälfte der Centralfasermasse des Ganglions,  
*rfl* Radiärfibrillen, welche das Außengitter mit dem Binnengitter in den Ganglienzellen des Typus K von *Hirudo* verbinden,  
*s̄b* sensorisches Bündel, die eine Art sensorische Nerven-faser,  
*s̄bl* laterales sens. Bündel in der centralen Faser-masse eines Ganglions,  
*s̄bpl* paralaterales daselbst,  
*s̄bpm* paramedianes,  
*sc* Subcuticularschicht der Epidermis,  
*sgz* Ganglienzelle, welche sensorisch sein

dürfte oder früher von mir dafür gehalten wurde,  
*schek* Scheidenkern, Kern in der Gliascheide der Nervenfasern,  
*sschl* sensorischer Schlauch, die andere Art sensorische Nervenfasern, *a, b, c* die drei in den vorderen Nervenstämmen oder solche in den hinteren,  
*sschlhl* sensorischer Schlauch des hinteren linken Nervenstammes,  
*sschlhr* des rechten,  
*sschlvl* des vorderen linken,  
*sschlvr* des rechten,  
*Schw.k* SCHWANN'scher Kern in Wirbelthier-Nervenfasern,  
*Schw.sche* SCHWANN'sche Scheide,  
*siz* epitheliale Sinneszelle,  
*snf* sensorische Nervenfasern (sensorisches Bündel oder sensorischer Schlauch),  
*spf* sensorische Primitivfibrille (leitende Primitivfibrille in einem sensorischen Bündel oder Schlauch),  
*spl* Somatoplasma (der Ganglienzelle, Retinazelle etc.),

*st* Stielfortsatz einer birnförmigen Ganglienzelle,  
*sz* Stütz-Epithelzellen in den Tastkegelchen,  
*u* Umbiegungsstelle einer leitenden Primitivfibrille, überhaupt Neurofibrille, wo sie punktförmig (eventuell etwas angeschwollen) zu endigen scheint, indem sie ihr Querschnittbild zeigt,  
*vh* vorspringender Somatoplasmahögel in den Retinazellen von *Hirudo*,  
*vnsl* der linke vordere Nervenstamm, welcher aus einem Ganglion entspringt,  
*vnsr* der rechte,  
*vvl* Wurzel des vorderen linken Nervenstammes,  
*vvr* des rechten,  
*zkn* Kern einer Nervenzelle (nicht Ganglienzelle),  
*zpf* Zweig einer leitenden Primitivfibrille,  
*zwh* Zwischenhäärchen im Flimmerepithel von *Anodonta*.

Nach Angabe der Vergrößerung — eine arabische Ziffer — bedeutet: 2 mm die apochromatische Ölimmersionslinse von 2 mm Äquivalentbrennweite und 1,40 numerischer Apertur von REICHERT, 3 mm eine eben solche von 3 mm Brennweite und 1,40 Apertur von ZEISS,  $\frac{1}{12}$ " das so bezeichnete achromatische Ölimmersionssystem von ZEISS, 4 mm (8 mm, 16 mm) das apochromatische Trockensystem mit dieser Nummer von ZEISS, *Oc* mit nachfolgender arabischer Zahl das betreffende Compensationsocular von ZEISS; *T* bedeutet die Tubuslänge, *Z* die Höhe des oberen Ocularrandes über der Zeichenfläche beim Zeichnen mit der Camera.

Die Zahl in Klammern nach der Zeichenerklärung ist die Seitenzahl, wo die Figur im Text besonders besprochen wurde.

### c. Erklärung der einzelnen Tafeln.

#### Tafel 23.

Sämmtliche Figuren *Nvg* von Schnitten und Nachfärbung in Hämateinlösung I, 1, 2, 7—10 von *Hirudo*, 3—6 von *Aulastoma*; erstere in *Ce*, letztere in *Pa*, alle in *Cb*.

Fig. 1. Einige stärkere leitende Primitivfibrillen *L* in dem aufs physiologische Maximum gestreckten Connectiv (Mittelkörper, *Fr*). Das dunkle Längsfeld vor und hinter dem *zkn* (Connectivkern) bedeutet den protoplasmatischen Theil des *Cor*, das Somatoplasma der Nervenspinde (Nervenzelle), die das *Cor* in erster Linie hergestellt hat. Die *pf* I, II und III liegen nicht, wie die übrigen im Inneren des 10  $\mu$  dicken Schnittes, sondern auf der direct vom Messer getroffenen Fläche und wurden dadurch

zum Theil herausgerissen, ihre durchschnittenen Enden nach oben gekrümmt. — 1500: 3 mm, Oc. 18; *T*: 165 mm, *Z*: 174 mm. (pag. 522, 527, 540, 576).

- Fig. 2. Sämmtliche sichtbare leitende Primitivfibrillen in *Q* in einem medialen Sector eines *Cor* (Präclitellarsomit *Tr*, 5  $\mu$ ), gestreckt. Hier auch sämmtliche *glb* eingetragen. Sonst das Connectiv mit einigen besonders auffallenden *pf*, Hülle und Muskeln bloß skizzirt. — 1060: 3 mm, Oc. 18, *T*: eingeschoben, *Z*: 125 mm (pag. 542).
- Fig. 3. Zwei stärkere (motorische) Primitivfibrillen *L* im *Col* (etwas *Ta* getroffen zwischen Somit VIII und IX) eines stark contrahirten Thieres (*Fr*, 10  $\mu$ , Vorderkörper). — 1500, wie bei Fig. 1 (pag. 521, 540).
- Fig. 4. Leitende Primitivfibrillen *Q* und *L* im *Co Q*, etwas schräg. Stark contrahirtes Thier. (Vorderkörper *Fr*, 10  $\mu$ .) Von *pf*, *glb* und *glg* nur so viel und so weit eingetragen, als bei unveränderter Einstellung deutlich sichtbar, auch so nicht überall alle, doch ungefähr das Bild, welches bei gleich starker Differenzirung ein 2  $\mu$  dicker Schnitt geben würde. — 1500, wie bei Fig. 1 (pag. 521, 541).
- Fig. 5. Skizze des VIII. und IX. Ganglions mit dem nur an einer Stelle *Ta* getroffenen Connectiv zwischen ihnen im Schnitt von Fig. 3, um die topographischen Verhältnisse der dort gezeichneten Stelle (beim \* zwischen den zwei Linien) zu zeigen. *sgrl* seitliche Grenzlinie des Körpers. — 50: 16 mm, Oc. 4 (pag. 521, 540).
- Fig. 6. Dasselbe 100  $\mu$  weiter ventrad in der Schnittreihe, um das Verhältnis des Stückes in Fig. 5 zum ganzen Connectiv zu zeigen. — Wie vor.
- Fig. 7. Gemischter Nervenstamm *Q*. Dieselbe *Tr* Schnittreihe, wie Fig. 2 (5  $\mu$ ). Der vordere linke Nervenstamm nach Abgabe von mehreren *mf* und *sb*. — 1500, wie Fig. 1 (pag. 526—529, 539, 559, 568).
- Fig. 8. Rein sensorischer Nerv *Q*, im selben Schnitt. — 1500, wie vor. (pag. 539 etc.).
- Fig. 9. Rein sensorischer Nerv *Q*, jedoch mit einzelnen besonders starken *pf*, im selben Schnitt. *B* Einstellung desselben Schnittes 4  $\mu$  tiefer als bei *A*. *pf* in *snf1* eine und dieselbe Primitivfibrille im optischen Schnitt *A* bloß einmal, in *B* dreimal getroffen. *snf2* in *A* noch unverästelt, in *B* in drei Äste getheilt. — 1500, wie vor. (pag. 529 u. 539 etc.).
- Fig. 10. Kleiner, rein motorischer Nerv *Q*, im selben Schnitt. — 1500, wie vor. (pag. 532, 552).

## Tafel 24.

Sämmtliche Figuren, mit Ausnahme von Figur 8, nach einem Methylenblaupräparat mit optischer Isolirung der *pf* durch Ammoniakewirkung (*Hirudo*), sind *Nvg*; Fig. 1—7 aus einer und derselben *Ce*-Serie, *Fr*, 10  $\mu$ , Mittelkörper-somit von *Hirudo*, gestreckt; Fig. 9, 10 ebenfalls *Fr*, *Pa*-Serie, 5  $\mu$ , *Lumbricus*. Mit Ausnahme von 8, *Cb*.

- Fig. 1. Topographische Skizze eines Mittelkörperganglions und seiner Umgebung, in der Höhe, wo alle 6 *gk* getroffen. Derselbe *vnsrL* und, beim \*, auch *Q*. Letztere Stelle in Fig. 5 gezeichnet. *muI*, getroffen. *a* giebt die Lage der in Fig. 6, Taf. 28 gezeichneten *gz* wieder; *b* die *gz* von Fig. 5, *c* die der *gz*, welche aus dem folgenden Schnitt der Serie in Fig. 4 der Taf. 28 dargestellt ist. Sowohl *cg* im *bg* zwischen Darm und Längsmuskulatur, als auch die Bothryoidalgefäße *bog* bloß angedeutet. Bei *nb* liegt eine angeschnittene Nephridial-Sammelblase, bei *ho* ein

- Hoden. Eine Stelle des Connectivs *co* in diesem Schnitte in Fig. 7. — 85 (pag. 595, 612—613).
- Fig. 2. Dasselbe, 6 Schnitte (also  $60 \mu$ ) weiter dorsad in derselben Serie (die Ebene der sensorischen Bündel *sb*). Die *mns\** in Figur 3 und 4 gezeichnet. Eine Stelle des *cor* im selben Schnitt in Fig. 1, Taf. 23. — 85 (pag. 522).
- Fig. 3. Motorische Nervenspindel *L* des *vnsr* in Fig. 2. Das Somatoplasma der Nervenzelle bloß um den Zellkern *zkn* herum angedeutet. Neben dieser Nervenspindel einige Primitivfibrillen in sensorischen Bündeln *sb*. Die Contouren der *mns* entsprechen einer Einstellung etwas über dem Niveau des *kk*; die dabei sichtbaren Äste *mnf* sind *a*, *b*, *d*, *e*. — *pfI* auf die Zeichenfläche projicirt, so weit im Schnitte enthalten; fehlende Strecken punktirt. Beim \* Spaltung in zwei Schenkel. — 1500, wie bei Fig. 1 Taf. 23 (pag. 522, 576).
- Fig. 4. Dieselbe Spindel; *zkn* und *pfI* bei ungefähr derselben Einstellung ganz eingezeichnet, die Contouren bei einer Einstellung unter dem Kern. Die dabei sichtbaren Äste *a*, *c*, *f*, *g*. — Auch einige andere Nervenfasern angedeutet. — Wie vor.
- Fig. 5. Gemischter Nervenstamm *Q* (s. Fig. 1) noch vor der ersten Verästelung. Hauptsächlich zur Darstellung der Anordnung der verschiedenen Arten von Nervenfasern; die *mpf* alle und ganz genau. — 450:  $1/12''$ , Oc. 4, *T*: eingeschoben, *Z*: 151 mm (pag. 526, 552, 559, 568).
- Fig. 6. Ein Ast des *hnsr, L* (derselbe Schnitt wie Fig. 1, aber eine dort nicht gezeichnete Stelle). Nicht die ganze Breite des Nerven gezeichnet. Zur Darstellung der *pf*, namentlich im *sschlL*. Die Interfibrillärschicht des *sschl* wurde in der Lithographie zu dunkel. — 450, wie vor. — *mpfI* aus demselben Schnitt desselben Nerven stärker vergrößert (pag. wie vor).
- Fig. 7. Leitende Primitivfibrillen (im gestreckten *Co*, im etwas keilförmigen Schnitt tangential getroffen) durch das Messer etwas aus der Schnittfläche herausgehoben. Der schräg gekreuzte Verlauf der *glf* (*glb*). — 1500, wie oben (pag. 522, 540).
- Fig. 8. Ein Stück des etwas abgeplatteten *Co* und des *nF* mit den *pf* in *Gsy*. — 1000 (pag. 520, 522).
- Fig. 9. Motorische und sensorische Primitivfibrillen in einem quer verlaufenden Nerv; in *sb(a)* die *spf* eingezeichnet, ein anderes *sb(b)* mit *knz* bloß angedeutet. — 1000: 4 mm, Oc. 18, *T*: 153.5 mm, *Z*: 168 mm (pag. 522, 573).
- Fig. 10. Motorische Nervenfasern mit ihrer Primitivfibrille im tangential *L* getroffenen Nervenstamm, dicht nach dem Austritt aus dem Bauchstrang. 1000, wie vor. (pag. wie vor).

#### Tafel 25.

Figuren 4, 5 und 8 *Nvg* von Schnitten; die übrigen *Meth.*, Mittelkörperganglion. Alle von *Hirudo*; 4, 5 *Ce*, 8 *Pa*; 4, 5, 8 *Ca*, die übrigen in *Gsy*.

- Fig. 1. Verästelung der sensorischen Schläuche in einem Mittelkörperganglion mit den sogenannten centralen Endkolben *ek*, von welchen an die *spf* des Schlauches einen isolirten Verlauf annehmen. *sschla(vr)* der größte sensorische Schlauch der rechten vorderen Wurzel, *sschle(vr)* der kleinste derselben, *sschla(hw)* der größte der hinteren rechten. *Lf.x* eine longitudinale Faser, welche von einer *gz* des vorhergehenden

- Ganglions kommt. *dglfod* eine durchgehende Longitudinalfaser (motorische Primitivfibrille) in der Dorsalebene der Fasermasse. — 500 (pag. 520, 561, 566, 573).
- Fig. 2. Der Endkolben *ek* der vorigen Figur bei 1000 (pag. 563).
- Fig. 3. Die sensorischen Bündel der linken Seite eines Mittelkörperganglions. Das paramediane sensorische Bündel in zwei Stränge gespalten. — 250 (pag. 570).
- Fig. 4. Verlauf einiger von der hinteren Wurzel kommender starker Primitivfibrillen in der centralen Fasermasse. (Die Serie von Fig. 1 Taf. 23 etc.) Bloß Richtung der *sb* angedeutet. — 600:  $1/12''$ , Oc. 4, T: 160 mm, Z: 178 mm (pag. 530, 570).
- Fig. 5. Primitivfibrillen eines Ganglienzellenfortsatzes, die zum Theil direct in den Nerv, zum Theil in die centrale Fasermasse gehen. — Wie vor. (pag. 530—531).
- Fig. 6. Verzweigungen eines sensorischen Schlauches der hinteren linken Wurzel (*sschlhl*) in Verbindung mit dem diffusen Elementargitter und anderen Primitivfibrillen. Die *dglfod* (s. Fig. 1) vor ihrem Ein-, beziehungsweise Austritt aus dem Ganglion, in derselben Ebene. Einige Fibrillen des *nF* gehen direct in das diffuse Elementargitter über. — 300 (pag. 520, 561, 566, 573).
- Fig. 7. Eine unpaare mediane Ganglienzelle des caudalen Medianpackets mit ihren Nebenfortsätzen. — 250 (pag. 520, 596, 601).
- Fig. 8. Anordnung der Retinazellen im schräg *L* getroffenen 3. Auge von *Hirudo* (*Fr* Serie des ganzen Kopfes), 10  $\mu$ . In einigen Retinazellen das Neurofibrillengitter eingetragen. Bloß ein Theil des sensorischen Bündels im Auge fällt in die Schnittdicke. — 500: 2 mm, Oc. 4 (pag. 678, 679).

## Tafel 26.

- Fig. 1—4 etwas abgeplattete Mittelkörperganglien von *Hirudo* in *Gsy* nach *Meth.* 5 ebenfalls von *Hirudo*. 6 *Lumbricus Nög, Pa, Ca*. 7 *Anodonta Nög, Ce, Ca*.
- Fig. 1. Das ganze Ganglion; vorwiegende, symmetrische Tinction von Ganglienzellen. Das Bild sucht die Farben des mikroskopischen Präparates wieder zu geben. — 125 (pag. 561, 595—596, 600).
- Fig. 2. Die Verbindungen der *mugz*. Die *mugz* und die leitenden Bahnen mit Ausnahme des bloß angedeuteten *sipm* in den Farben des Präparates. — 250 (pag. 520, 561, 566, 601).
- Fig. 3. Eine kleine, wahrscheinlich sensorische Ganglienzelle mit charakteristischer Verästelung ihres Stielfortsatzes, in den Farben des Präparates. Verbindungen mit verschiedenen Bahnen, von welchen nur die im selben Niveau mit der Verästelung des Fortsatzes der *sgz* liegenden gefärbt wiedergegeben sind. — 250 (pag. 520, 566, 600).
- Fig. 4. Zwei zu einander symmetrische Gruppen von Ganglienzellen der *gkmca* und ihre Fortsätze in den Farben des Präparates. Die schwarz gezeichneten *sipm* liegen ventraler als die in *Sepia* wiedergegebenen *sschl*. Eine Anastomose *an* durch den Stielfortsatz: eine seltene Erscheinung. — 250 (pag. 561, 596).
- Fig. 5. Zwei aus der Ganglienkapsel frisch durch einen Riss hervorgetretene Ganglienzellen nach Behandlung mit Methylenblau und Kali hypermanganicum. Färberische Differenzirung der Gliahülle und des Somatoplasma. Zeichnung nach dem frischen Präparat. — 500 (pag. 607).

- Fig. 6. Pluripolare Ganglienzelle von *Lumbricus* mit starker ableitender Primärfibrille, welche sich aus den Neurofibrillen eines leitenden Gitters im Somatoplasma zusammensetzt (motorischer Typus). Dünnere Primärfibrillen treten an anderen Punkten in die Zelle und in das Gitter ein. Bauchstrang, gestrecktes Thier, *Fr.*, 5  $\mu$ , nachgefärbt in Hämäteinfärbung I. Die Farben des Präparates sollen genau wiedergegeben werden. Der Zellkern etwas tangential, daher seine unscharfen Contouren. — 2200: 2 mm, Oc. 18, T: 160, Z: 174 (pag. 625).
- Fig. 7. Theil des Flimmerepithels über der Darmleiste (Typhlosolis) von *Anodonta* (convexe Seite des halbmondförmigen Darmlumens). Wiedergabe des Fibrillenconus, der Cilien und des Epithelsaumes in Form und Farbe genau nach dem Präparat: in der Mitte (*A*) bei gewöhnlicher Beleuchtung; links (*B*) im polarisirten Lichte zwischen gekreuzten Nicols (die Achse der 4. Epithelzelle von links bildet 45° mit den Polarisations Ebenen); rechts (*C*) im polarisirten Lichte bei Belassung des Polarisators und des Präparates wie bei *B*, aber Drehung des Zeigers des Analysators um 13° in der Richtung, dass dadurch der 45° Winkel, den die Zellachsen im mikroskopischen Bilde mit der Zeigerlinie des Analysators bildeten, um 13° geringer wird (die Polarisations Ebene des Analysators bildet mit der parallel den Zellachsen auf das Gesichtsfeld gestellten Verticalebene einen Winkel von 32°). — *Q* 5  $\mu$ , 1500: 3 mm, Oc. 18, T: 165, Z: 174 (pag. 698 u. f.).

## Tafel 27.

- Fig. 1—4 etwas plattgedrückte Mittelkörperganglien von *Hirudo* nach *Meth.* in *Gsy.* 5, 6 *Lophius piscatorius* *Ce.*, *Ca.* 7 *Lumbricus* *Nvg.*, *Pa.*, *Ca.*
- Fig. 1. Sensorische Schläuche und Äste des Stielfortsatzes einer Ganglienzelle in ihren Verbindungen mit anderen Bahnen, namentlich mit dem diffusen Elementargitter in der Centralfasermasse. Die schwarz gezeichneten Bahnen (die des FAIVRE'schen Mediannerven) liegen in der Zeichnung am tiefsten, ventral, die mit *Sepia* ausgezogenen am höchsten, die graugrünen in der Mitte. — 300 (pag. 520, 561, 565, 566).
- Fig. 2. Die Collateralen des Stielfortsatzes verschiedener Ganglienzellen und des größten sensorischen Schlauches; das topographische Verhältnis des letzteren zu den sensorischen Bündeln. — 300 (pag. 561).
- Fig. 3. Eine mediane unpaare Ganglienzelle des hinteren Medianpackets mit Nebenfortsätzen, welche vom Zellkörper entspringen, und einige andere Bahnen, z. Th. bloß angedeutet: schwarz mehr frontomedial, *sepia* mehr dorsal verlaufende. — 300, aber vom Lithographen auf  $\frac{2}{3}$  reducirt (pag. 596, 601).
- Fig. 4. Ganglion mit einigen symmetrischen Ganglienzellen und Bahnen. Die vom vorhergehenden in das folgende Connectiv und vice versa durchgehenden Bahnen. Je eine große Ganglienzelle der vorderen Seitenpackete bloß durch die Tinction des leitenden Gitters angedeutet. — 125.
- Fig. 5. Aus dem Querschnitt einer ventralen (motorischen) Wurzel aus der Nähe des Rückenmarks. Querschnittsbilder der motorischen Nervenfasern. — Sublimat-Pikrinsäure. Hämäteinfärbung und Ammonium-pikrat. — 500: 2 mm, Oc. 4 (pag. 552—553).
- Fig. 6. Aus dem Querschnitt einer dorsalen Wurzel von daselbst, mit Quer-

- schnittbildern von großen (sensorischen) Nervenschläuchen, motorischen Fasern und dünneren (sensorischen) Nerven. — Wie vor. (p. 561—562, 571).
- Fig. 7. Große pluripolare Ganglienzelle des ventralen Paramedianfeldes vom Bauchstrang in einem  $10\ \mu$  dicken Schnitt, *Fr* Serie. Eine Primitivfibrille *spf*(?), welche auf ihrem Wege zur Ganglienzelle durch Abgabe von Zweigfibrillen immer dünner wird. Sehr entwickeltes intracelluläres Neurofibrillengitter, an dessen Bildung die Primitivfibrillen sämtlicher Fortsätze Theil nehmen. — 1500 (pag. 628).

## Tafel 28.

- Fig. 1—7 und 12 *Hirudo*, 8, 9 *Lumbricus*, 10, 11 *Pontobdella*.
- Fig. 1. Colossale Ganglienzelle eines vorderen Seitenpackets im etwas plattgedrückten Bauchganglion von *Hirudo*, *Meth*. Behandlung mit kohlen-saurem Ammonium, bis die Neurofibrillen allein gefärbt zurückgeblieben sind. Ganglienzelle vom Typus G: meridianartige Anordnung der Neurofibrillen im Zellkörper, ununterbrochener Zusammenhang der austretenden Neurofibrillen mit den eintretenden. — 1000 (pag. 608, 612).
- Fig. 2. Ähnliche Ganglienzelle eines hinteren Seitenpackets bei schwächerer Vergrößerung. Beide sofort nach der Differenzirung gezeichnet. — 400 (pag. 608).
- Fig. 3. Das leitende Gitter in einer colossalen Ganglienzelle des hinteren Medianpackets ebenso, aber ohne Differenzirung der einzelnen Neurofibrillen. — 600 (pag. 608).
- Fig. 4. Die Neurofibrillen einer Ganglienzelle vom Typus G: colossale Ganglienzelle eines hinteren Medianpackets, mit Andeutung der äußeren Glia-hülle und Bindegewebskernen darin, *Nvg*. Die Serie der Fig. 1 Taf. 23 (s. auch Fig. 1 Taf. 24 die Zelle c). — 1500, wie bei Fig. 1 Taf. 23 (pag. 612).
- Fig. 5. Querschnittbild einer Ganglienzelle vom Typus G mit Neurofibrillengitter. Dieselbe Serie (Zelle b in Fig. 1 Taf. 24). Wie vor. (pag. 613).
- Fig. 6. Quer abgetragene Calotte einer colossalen Ganglienzelle des vorderen Medianpackets mit Neurofibrillengitter: meridianartige Kreuzung der Neurofibrillen am Scheitelpole der Zelle. Dieselbe Serie (Zelle a in Fig. 1 Taf. 24). Wie vor. (pag. 613).
- Fig. 7. Drei birnförmige Ganglienzellen vom Typus K im Längsschnitt mit besonders deutlichem Binnengitter, Radiärfibrillen und Andeutung des Außengitters. Aus dem linken paramedialen Ganglienzellenpaket des ersten Ganglions (vom supraösophagealen Theil des Schlundringes). — *Nvg*, *Pa*, *Ca*.  $10\ \mu$ , *Fr* Serie der I.—VIII. Somite des Vorderkörpers. — 1350: 3 mm, Oc. 18, *T*: 160, *Z*: 149 (pag. 616—617).
- Fig. 8. Das Neurofibrillengitter von 4 Ganglienzellen von *Lumbricus* aus der Nähe einer Nervenwurzel. Die ableitenden starken motorischen Primitivfibrillen sind im Präparat direct in den Nerv hinein zu verfolgen. — *Nvg* und Nachfärbung mit meiner Hämateinlösung I. *Pa*, *Ca*.  $5\ \mu$ , *Fr* Serie. — 1500, wie bei Fig. 1 Taf. 23 (pag. 530, 630).
- Fig. 9. Das Neurofibrillengitter einer Ganglienzelle mit zwei je bloß eine starke Primitivfibrille führenden Fortsätzen. Aus dem Neurofibrillengitter, welches lediglich durch Verzweigung der einen entstanden ist, entsteht durch Wiedervereinigung von Neurofibrillen die andere starke

Primitivfibrille. Noch zwei andere von Weitem aus der Centralfaser-masse her und weit in einen Nerven hinein verfolgbare, wahrscheinlich ebenfalls motorische Primitivfibrillen *mpfI* und *mpfII*. — Wie vor. (pag. 530, 631).

- Fig. 10. Die Neurofibrillen eines sich verästelnden Nerven und zweier Ganglienzellen im Zusammenhang mit dem Nerven aus dem Nervengitter der Mitteldarmwand von *Pontobdella*. Leitende Anastomose der zwei Ganglienzellen. Besondere Vorvergoldung mit sehr scharfer Differenzierung des Leitenden. Flächenpräparat in Glycerin aus dem Jahre 1886. — 500 (pag. 518—519, 522, 639).
- Fig. 11. Das Verhalten einiger leitender Primitivfibrillen bei den Verästelungen eines Nerven und in einer kleinen accessorischen Ganglienzelle. — Wie vor. (pag. 518—519 u. 522).
- Fig. 12. Das Neurofibrillengitter in einigen Retinazellen des 3. rechten Auges von *Hirudo* (s. Fig. 8 Taf. 25). Verhältnis des Kernes zum Neurofibrillengitter. Leitende Anastomosen zwischen Zelle *c* und *d*. Die Neurofibrille, welche in Zelle *b* den an seiner Basis frontal längs durchgeschnittenen vorspringenden Somatoplasmahögel *vh* durchsetzt, befindet sich im Präparat nicht in dieser, sondern in einer anderen Retinazelle. In *a* und *d* ist das in der Schnittdicke enthaltene und sichtbare Neurofibrillengitter nur zum Theil eingezeichnet. Zelle *c* mehr äquatorial Kern von der Schmalseite gesehen. — *Nvg.* Die Serie von Fig. 7. — 1060 (pag. 672, 673, 674, 676, 677).

### Tafel 29.

Fig. 1, 5—14 *Hirudo*, *Nvg*, *Ca*, 1 *Ce*, 5—14 *Pa*. 2—4 *Pseudobranchellion*, *Häm*, *Pa*, *Ca*.

- Fig. 1. Topographie der ventralen Hälfte eines *Tr*-Schnittes vom 1. Ring des VIII. Somits (Serie, 5  $\mu$ ), zur Darstellung der Lage der auf Taf. 23 Fig. 7 (*vnsl*) und 8 *ksn[B]*) gezeichneten Nerven. Genau symmetrische Lage der beiderseitigen vorderen Nervenstämme [und ihres Hauptastes (*avns*)]. Die gekrümmte Linie oben ist die Grenze des Gesichtsfeldes. *Viz* Visceralzone, *Mz* Muskelzone (mit der Längsmuskulatur), *Hz* Hautzone; *sg*<sub>1</sub> und *sg*<sub>2</sub> die zwei Äste des Seitengefäßes; *neph* Nephridien, *dvm* dorsoventrale Muskelzüge, *rm* Ringmuskelfasern. In der Drüsenzzone *drz* sind namentlich die Körper und Bündel von Ausführungsgängen der Speicheldrüsen enthalten, welche an den Kieferrändern münden. Die großen Nervenstämme befinden sich in dieser Höhe ungefähr an der Grenze der Muskel- und Drüsenzzone. — 50: 16 mm, Oc. 4, *T*: eingeschoben, *Z*: 136 mm (pag. 526).

- Fig. 2. Topographische Skizze eines etwas schrägen, sagittalen Schnittes durch den rechten (schräg dorsad gerichteten) Schenkel des Schlundringes: Fasermasse, supra- und infraösophageale Ganglienzellenpakete. Zur Übersicht des Verlaufes der in Fig. 3 u. 4 bei stärkerer Vergrößerung dargestellten leitenden Primitivfibrillen. Serie 20  $\mu$ . *schlw* Schlundwand (Rüsselscheide), *rü* Saugstecher (Rüssel), *ausch* dorsoventral gerichteter Theil des Schlundringes, *ner* Nervus recurrens, aus diesem Seitenschenkel des Schlundringes entspringend, *lm* längsgetroffene Fasern der Längsmuskulatur, *dm* schräg getroffene Fasern der diagonalen, *qm*

quer getroffene der circulären Muskelschichten. — 150: 8 mm, Oc. 4, *T*: 160 mm, *Z*: 183 mm (pag. 525, 668).

- Fig. 3 und 4 der Verlauf von mehreren leitenden Primitivfibrillen in der Centralfasermasse des Schlundringes, namentlich von *pfI* genau verfolgt, welche aus einem seitlichen Ganglienzellenpacket des V. Ganglions der den Schlundring darstellenden Ganglienzellengruppe entspringt und durch den I. Nervenstamm den Schlundring verlässt. In Fig. 4 ist die in 3 angefangene und beim \* unterbrochene Primitivfibrille beim \* fortgesetzt und bis zu den \*\* (s. die Stelle in Fig. 2) weiter verfolgt. — 600:  $\frac{1}{12}$ ", Oc. 4, *T*: 160, *Z*: 179 (pag. 522 u. 525).
- Fig. 5. Die in einem Tastkegelchen am vorderen Rande des Saugnapfes peripherisch ventral liegenden gewöhnlichen Epidermiszellen, Stützzellen und epidermalen Sinneszellen. Letztere mit ihrer genau eingezeichneten leitenden Primitivfibrille und dem perinucleären Neurofibrillengitter. Bei *d* Austritt eines Schenkels der *pf* aus der Zelle 1. — Das Bild wurde aus den benachbarten Schnitten hier und da etwas ergänzt. — Frontalserie von Fig. 12 Taf. 28. — 1350 (pag. 645 u. f., 658).
- Fig. 6. Die Neurofibrillen in drei epidermalen Sinneszellen, von 1 bloß der distale Theil. Die Neurofibrille, welche in die Anschwellung *b* der Zelle 3 eintritt, kommt aus einer anderen Zelle, *a*, wo sie ebenfalls ein perinucleäres Neurofibrillengitter bildete. Die Neurofibrille *pf* theilt sich wiederholt dichotomisch; der eine Schenkel tritt aus der Sinneszelle heraus, dieser und auch die weiter bei *e* herausgetretenen Schenkel theilen sich zwischen den Zellen der Nachbarschaft intercellulär weiter. Das ganze Bild in einem und demselben Schnitte enthalten, ebenso wie bei den weiteren Figuren. Serie, wie vor. — 1500: 3 mm, Oc. 18, *T*: 165 mm, *Z*: 174 mm, sehr günstige Beleuchtung (pag. 642, 659).
- Fig. 7. Das Neurofibrillengitter in einer kleinen subepidermalen Ganglienzelle. Die austretende Primitivfibrille *pfI* nimmt einen intercellulären Verlauf in der Epidermis bis in die Subcuticula. *pf* ähnliche, aus einer anderen, etwas entfernteren Ganglienzelle ausgetretene leitende Primitivfibrille: Verästelung an der Grenze der Subcuticula. — 1000 (pag. 650, 684).
- Fig. 8. Eine aus einer Sinneszelle austretende Neurofibrille und eine frei in die Epidermis eingedrungene, mit ihren weiteren, freien Verästelungen. — Wie vor. (pag. 659, 684).
- Fig. 9. Leitende Anastomose zwischen eng neben einander liegenden kleinen subepidermalen Ganglienzellen: die drei ventralsten einer Gruppe von 8 Zellen. Besonders *pf3* ist weit in die Epidermis zu verfolgen, wo sie sich frei verästelt. *gr* ist die Grenzlinie der Grundgallerte gegen den kleinen Hohlraum, welcher die 8 Zellen einschließt. — 1060: 3 mm, Oc. 18, *T*: eingeschoben, *Z*: 125 mm (pag. 642).
- Fig. 10. Leitende Anastomose zwischen zwei hinter einander liegenden subepidermalen Ganglienzellen. — Wie vor. (pag. 641).
- Fig. 11. Neurofibrille und perinucleäres Gitter in einer epidermalen Sinneszelle. Myofibrillen schmiegen sich von außen an diese an. *bf* vom subepidermalen Bindegewebe her in die Epidermis eingedrungene Bindegewebsfibrille. — Wie vor. (pag. 659).
- Fig. 12. Neurofibrillengitter in einer sehr langen, schräg gegen die Epidermis gerichteten, schräg durchschnittenen epidermalen Sinneszelle oder spindel-förmigen subepidermalen Ganglienzelle. — Wie vor.

- Fig. 13. Freie Verästelung einer leitenden Primitivfibrille in der Epidermis, welche aus einer kleinen subepidermalen Ganglienzelle kommt. Eine Strecke des Verlaufes einer anderen, ebensolchen *pf*2: Wie vor. — 1800 (p. 684).
- Fig. 14. Neurofibrillengitter in der Wand von muskellosen Gefäßen des subepidermalen Gefäßplexus. *C* längs, in der Mitte tangential getroffenes Gefäß. *A* und *B* die entsprechenden, tangential getroffenen ergänzenden Theile des Stückes *C* im vorhergehenden Schnitt der Serie. *D* Querschnitt eines solchen Gefäßes, aus demselben Schnitt in der Nähe von *C*. *wk* Kerne der die Wand der Gefäße bildenden Endothelzellen. *bz* Blutzellen in dem sonst ziemlich leeren Lumen der Gefäße. Wie vor. 1140: 3 mm, Oc. 18, *T*: eingeschoben, *Z*: 145 mm (pag. 708—709).

### Tafel 30.

- Fig. 1. Anordnung der Retinazellen im Auge von *Pseudobranchellion*; der Augennerv vor dem Eintritt in das Auge längs getroffen und schräg durchschnitten, *Sa* Serie, 20  $\mu$ , *Häm*, *Ce*, *Ca*. Mittelgroßes Thier, contrahirtes und ventrad concav gekrümmtes Object. Die Contourlinien der einzelnen Retinazellen kreuzen sich mehrfach, da sie bei verschiedener Einstellung mit dem Zeichenapparat verfolgt und nur im Flächenbild, d. h. in Projection auf eine Ebene wiedergegeben wurden; desshalb sind sie auch, wo die Grenzflächen sehr schräg auf das Gesichtsfeld standen, verschwommen. Das sonst kugelige Auge bekam durch die Contraction des Vorderkörpers eine Linsenform; die Schnittrichtung steht etwas schief auf die Linsenfläche. — *pz* Pigmentzellen, *kpz* Kern der Pigmentzellen. *a* Glaskörper, *b* Zellkern, *c* Zellkörper. — 1000: 4 mm, Oc. 18, *T*: 153,5, *Z*: 168 (p. 522, 670).
- Fig. 2. Eintritt des Augennerven mit seinen 9 Primitivfibrillen in das Auge und von 6 Primitivfibrillen in ihre Retinazellen; in Zelle 2 und 3 das Neurofibrillengitter, in so fern in der Schnittdicke enthalten, genau eingetragen. Sonstige Structurverhältnisse, wie in Figur 1, bloß angedeutet. Hier und da sind Kerne von Wanderzellen *bk* zwischen den Retinazellen sichtbar. Dasselbe Auge, wie in der vorigen Figur im folgenden Schnitte der Serie. — Wie vor. (pag. 522, 666, 667, 670).
- Fig. 3. Das Neurofibrillengitter in den Retinazellen des Auges von *Hirudo*. Schräger Längsschnitt durch das 3. Auge rechts (s. Fig. 8 Taf. 25). Die Öffnung des Pigmentkelches fällt nicht in den Schnitt, welcher in distaler Richtung die ventrale Kelchwand, in proximaler die ventralsten leitenden Primitivfibrillen des Augennerven und den Nervmuskel, der mit in das Auge eintritt, getroffen hat. Von den wenigen in der Schnittdicke enthaltenen Primitivfibrillen des Augennerven ist bloß eine *pf* gezeichnet, welche direct in die distalste Retinazelle hinein zu verfolgen ist. Die Contouren der Retinazellen sind bei Einstellung der oberen Fläche des Schnittes gezeichnet; in Zelle *g*, *h* und *f* nur so viel, wie bei dieser Einstellung vom Neurofibrillengitter sichtbar. In Zelle *a*, *b*, *c*, *d* und *e* Alles, was vom Neurofibrillengitter in der Schnittdicke enthalten, in eine Ebene projicirt. In *g* auch die sonstige Zellstructur angedeutet. Die Pigmenthülle bloß skizzirt. *akzo* äußere Körnchenzone, *zm* eine Art Zellmembran. *Nvg*, die Serie von Fig. 7 Taf. 28. — 1070: 3 mm, Oc. 18, *T*: eingeschoben (p. 522, 672, 673, 674, 675, 678, 679).

- Fig. 4. Die Verbindungen der Neurofibrillengitter in benachbarten Retinazellen. Zelle *a* in äquatorialem Durchschnitt. Dieselbe Serie, wie vor., im 3. Auge links. — 1500, wie bei Fig. 1 Taf. 23 (pag. 676).
- Fig. 5. Die Contourlinien derselben Zellen bei drei verschiedenen Einstellungen, um zu zeigen, wie weit sie innerhalb der Schnittdicke über einander greifen. Die Contourlinie 3 entspricht der Einstellung, bei welcher die Contouren der Zellen für die vorige Figur gezeichnet sind.

## Tafel 31.

Alles von *Hirudo*, mit Ausnahme von Fig. 9. 1—3 *Meth.*, 4—8 *Nvg*, die Serie von Fig. 7 Taf. 28.

- Fig. 1. Charakteristische Ganglienzelle des linken hinteren Seitenpackets mit starkem, einheitlichem Achsenfortsatz, aber zahlreichen Collateralen und sogar in ihre kleinsten Verzweigungen constanten Nebenfortsätzen, welche z. Th. in das diffuse Elementargitter übergehen, z. Th. sich zu einem sensorischen Bündel gesellen. Der Achsenfortsatz der entsprechenden Ganglienzelle von der anderen Seite ist in der Figur rechts oben, bei seinem Austritt in die hintere Wurzel angedeutet. — 300 (p. 600).
- Fig. 2. Eine Ganglienzelle des rechten vorderen Seitenpackets mit 7 verschiedenen Ästen des Stielfortsatzes, welche nicht im Ganglion bleiben. Das Methylenblaubild der in Fig. 5 Taf. 25 bei *Nvg* dargestellten Ganglienzelle. — 300 (p. 530, 571, 599).
- Fig. 3. Eine Ganglienzelle des linken vorderen Seitenpackets mit drei Ästen des Stielfortsatzes, welche sich in die Seitennerven begeben. Wie vor. (pag. 571, 599).
- Fig. 4. Skizze desselben Auges wie in Fig. 3 Taf. 30, aber 2 Schnitte dorsaler in der Serie: der Eintritt des Nerven in das Auge, die Lage der in der folgenden Figur bei starker Vergrößerung gezeichneten Retinazellen (*a*), (*b*), (*c*), (*d*). (pag. 678).
- Fig. 5. Das Neurofibrillengitter in den angedeuteten 4 Retinazellen der vorigen Figur. Von Zelle *b* befindet sich ein ziemlich äquatoriales, vielleicht weiter unter als über den Äquator reichendes Segment im Schnitt, nach oben und unten offen, von *c* ein tieferes, ebenfalls nach oben und unten offenes; von *a* ein unteräquatoriales Segment, bloß nach oben, von *d* ein noch tangentialeres überäquatoriales Segment bloß nach unten offen. Die einzelnen Schichten des Zellkörpers sind nur in *e* angedeutet. *akzo* äußere körnige Zone mit den zwei parallelen Punktreihen. *pf1* für Zelle *d* hat die tiefste Lage von allen *pf* im Schnitt: liegt unter *a* und *c*; unter *a* ist sie an zwei Stellen unterbrochen, die fehlenden Strecken bedeuten zwei Krümmungen, die schon in den folgenden Schnitt der Serie fallen. *pf2* für Zelle *a* liegt tiefer als *pf3* für Zelle *b*. *pf4*, vor ihrem Eintritt in Zelle *c*, welcher im vorhergehenden Schnitt stattfindet, durchschnitten, liegt von allen am höchsten. Alle sind von weit her zu verfolgen, konnten jedoch, wegen Mangel an Raum, nicht länger gezeichnet werden. Sie sind in der Lithographie etwas stärker ausgefallen, als es dieser Vergrößerung entspricht. Übergang von Neurofibrillen aus dem Neurofibrillengitter der einen Zelle in das der anderen. — 1350: 3 mm, Oc. 18, T: 160, Z: 149 (pag. 522, 672, 674, 675, 677, 679).

- Fig. 6. Skizze desselben Auges drei Schnitte weiter in der Serie. Das Neurofibrillengitter von tangentialen unteräquatorialen Segmenten der ventralsten Retinazellen des Auges. Auflösung des intraocellären Augennervens in Myofibrillen. Die ventralsten Neurofibrillen des Augennerven, drei für dorsale, nicht im Schnitt liegende Retinazellen bestimmt. Die Contouren einer Zelle und ihres Kernes angedeutet, deren Bedeutung nicht zu ermitteln war. — 1000: 4 mm, Oc. 18 (pag. 678, 682).
- Fig. 7. Einige Retinazellen desselben Auges, 6 Schnitte dorsaler in der Serie: der vorspringende Somatoplasmahügel in verschiedener Ansicht angedeutet, Eindringen von Neurofibrillen in den Hügel in *b*, *d*, *e*. Das Neurofibrillengitter in *a*, *d* und *e* äquatorial, bei geringer Bewegung des Tubus gezeichnet, in Form eines mit Punkten besetzten Neurofibrillenringes. — 840: 4 mm, Oc. 18 (pag. 671, 672, 675, 679).
- Fig. 8. Die dorsalste Retinazelle des 3. Auges rechts, dessen ventralste Zellen 21 Schnitte weiter in der Serie in Fig. 6 gezeichnet sind. Das Neurofibrillengitter in der überäquatorialen, nach unten offenen Calotte der Retinazelle, welche die Schnittdicke nicht ganz ausfüllt; die für *Hirudo* typische Beschaffenheit des Gitters. *lpf* die leitende Primitivfibrille, welche im folgenden Schnitt in die Retinazelle eindringt und das hier gezeichnete Neurofibrillengitter bildet. *piga* der dorsale Rand der Öffnung des Pigmentbeckers des Auges. — 1500, wie Fig. 1 Taf. 23 (pag. 675).
- Fig. 9. Eine subepidermale Sinneszelle (Retinazelle) von *Pseudobranchellion* vor dem Auge von Fig. 2 Taf. 30, im selben Schnitt. *a* Glaskörper, *b* Zellkern, *c* Zellkörper. *ic* die Grenzlinie des Durchschnittes des Glaskörpers, *ac* die äußere Contourlinie des den Glaskörper unmittelbar umgebenden Somatoplasmahofes. *gm* wahrscheinlich eine dünne Gliamembran, welche die leitende Primitivfibrille *lpf* außer dem perifibrillären Mantel bis zur Zelle begleitet: der perifibrilläre Mantel verliert sich an der Zelloberfläche. — 1500, wie bei Fig. 1 Taf. 23 (pag. 661, 666).

### Tafel 32.

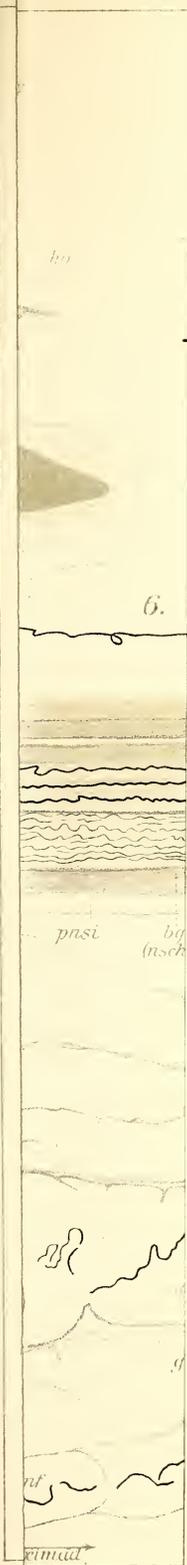
- Fig. 1. Scheinbare Endigungsweise des Nerven in den *Q* durchschnittenen Längsmuskelfasern von *Pontobdella*, durch Vorvergoldung ohne Differenzierung des Leitenden dargestellt. *mn* motorischer Nerv, dessen Aste in die Muskelfasern eindringen und dort in der contractilen Rindensubstanz in eine Nervenendleiste *neel*, hier im Querschnitt zu sehen, übergehen. *mpl* das Medullarplasma, das eigentliche Somatoplasma der Muskelfaser. *q.long.m* Längsmuskelfasern im Querschnitt, *s.diag.m* schräg durchschnittenen diagonale Muskelfasern in zwei Lagen, *l.circ.m* längs getroffene circuläre Muskelfasern, *l.dvm* längs getroffene dorsoventrale Fasern, *vne* nervöse Brücke zwischen zwei Muskelfasern. Die feinere Structur, die radiär angeordneten contractilen Leisten sind bloß in zwei Fasern *m(a)* und *m(b)* angedeutet: das mikroskopische Bild der Hirudineen-Muskelfasern bei *Vvg. Tr* Serie, 15  $\mu$ , *Ce*, *Gly*. — 600:  $\frac{1}{12}$ ", Oc. 4, *T*: 160, *Z*: 179 (pag. 533, 690).
- Fig. 2. Ein motorischer Nervenast, welcher innerhalb der Schnittdicke 12 Zweige abgibt und 8 Muskelfasern, 2 (*a,b*) von der inneren (*s.diag.m.i*), 2 (*c,d*) von der äußeren (*s.diag.m.a*) diagonalen und 4 (*e,f,g,h*) von der circulären

Muskellage innervirt. Die Nervenendleisten, besser Wülste, sind in Längsansicht zu sehen. *neu* Nervenendast 11 über, *neu* Nervenendast 12 unter der Muskelfaser *h* verlaufend. *zkm* Zellkern der Muskelfaser. Sonst wie in der vorigen Figur. Eine andere Stelle desselben Schnittes. Zu bemerken ist, dass alle Nervenäste an der proximalen Seite in ihre Muskelfaser eindringen. — 600, wie vor.

- Fig. 3. Die Vertheilung der Neurofibrillen bei der Innervirung einer circulären Muskelfaser der Darmwand von *Pontobdella*. Ausgebreitete und vom Epithel befreite Darmwand nach Vorvergoldung mit Differenzirung des Leitenden, in Glycerin. Dasselbe Präparat wie für Fig. 10 und 11 Taf. 28. Von der langen, bandartig abgeplatteten Muskelfaser bloß eine verhältnismäßig kurze Strecke dargestellt, von der Faser selbst bloß die seitlichen Contourlinien; die Verästelung der eingedrungenen Neurofibrille in der ganzen Dicke der Faser genau verfolgt. *u* Umbiegungsstellen von Neurofibrillen, wo sie aus der Faser wieder heraustreten. — 500:2 mm, Oc. 4. Die Neurofibrillen so stark ausgezogen, wie sie bei 1500 facher Vergr. aussehen (pag. 533, 691).
- Fig. 4. Die Neurofibrillen in den Epithelzellen der Sammelblase eines Nephridiums. Verschiedene Stellen: *A* schräg auf die Epithelfläche, *B* senkrecht, *C* tangential. Bei *C* bloß die an der Basis der Zellen *nbc* hinwegziehenden Neurofibrillen. *zknbc* Zellkern dieser Epithelzellen, deren innere Structur nur in *A* an einer Stelle angedeutet ist. *brb* Bürstenbesatz, eigentlich Cilien, constant, aber sehr leicht abbrechend. *bgm* bindegewebige Membran der Blasenwand. — Derselbe Schnitt, wie für Fig. 1 Taf. 23. 1500, wie dort (pag. 709—710).
- Fig. 5. Meine Auffassung der Beschaffenheit der Flimmerzellen, die in Fig. 7 Taf. 26 ganz objectiv dargestellt sind. *A*: drei Flimmerzellen halb-schematisch bei 1500 Vergr. Alle Bestandtheile nur bei der ersten Zelle links ausgeführt. Die Basalkörperchen *bk* und die dünnen Fädchen, die die Basalkörperchen mit dem Endknöpfchen *ek* im Cuticularsaume *sa* verbinden, sind in der Lithographie etwas undeutlich herausgekommen. *B*: Schema der beschriebenen Bestandtheile und des Verhältnisses zwischen dem Fibrillenstrahl *ls* und der Cilie *ci*; *zwk* das Zwischenkörperchen und *zwh* das Zwischenhärchen.
- Fig. 6. Schematische Darstellung von Verlauf und Verbindungen der leitenden Bahnen in einem transversalen Schnitt des *Hirudo*-Somits. Die zwei Ganglionhälften mit motorischen *mg* und sensorischen oder bloß verbindenden *gst* Ganglienzellen. Die drei Arten von Nervenspindeln, beziehungsweise Nervenfasern: ihr Verhalten im Centrum, Vertheilung in der centralen Fasermasse und Verbindungen mit den Ganglienzellen; ihr Verhalten an der Peripherie: Muskelfasern, epidermale und subepidermale Sinneszellen, freie Endverzweigung in der Epidermis *fre. usschl* Stelle, wo sich ein sensorischer Schlauch, *sbq* wo ein sensorisches Bündel in der centralen Fasermasse in eine longitudinale Richtung umbiegt. *nbr* leitende Brücken zwischen Muskelfasern. — Zur näheren Erklärung dient die ganze Abhandlung, namentlich aber der erste Abschnitt.













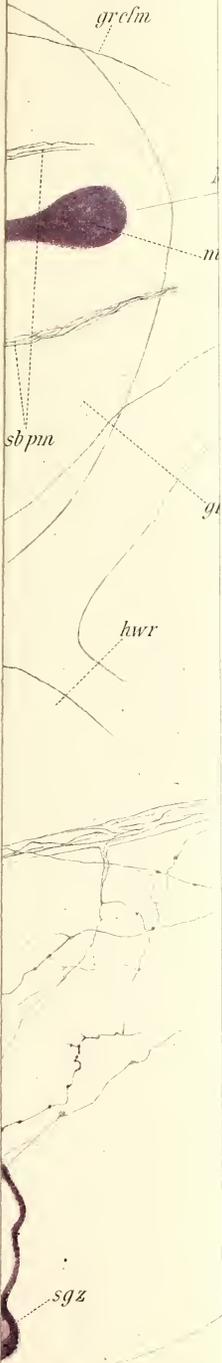


*dglf.*

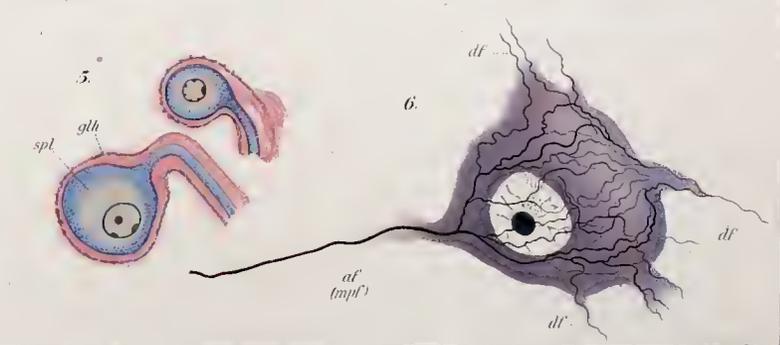
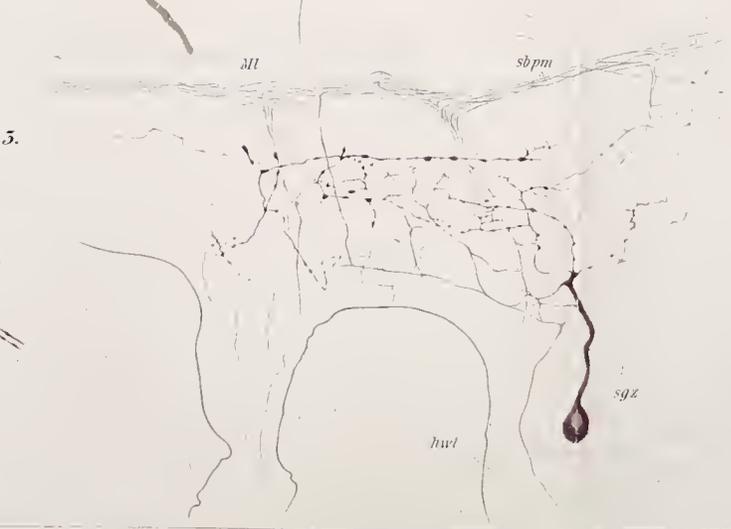
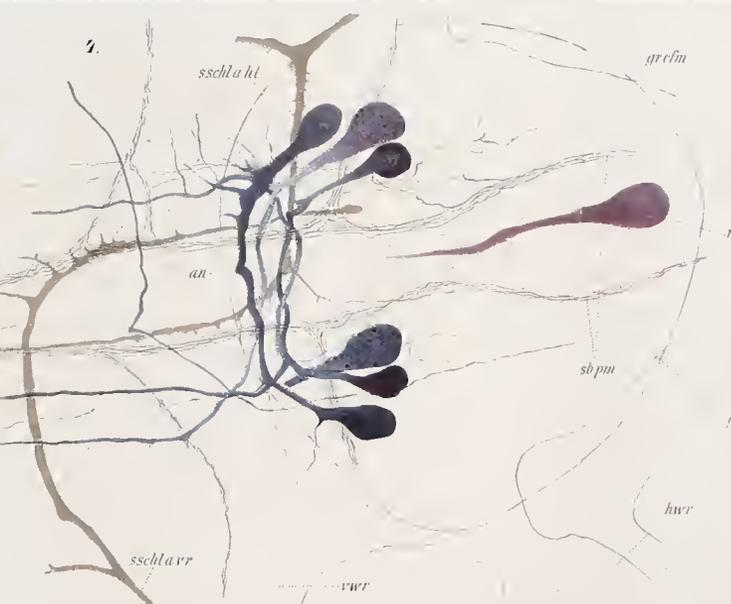
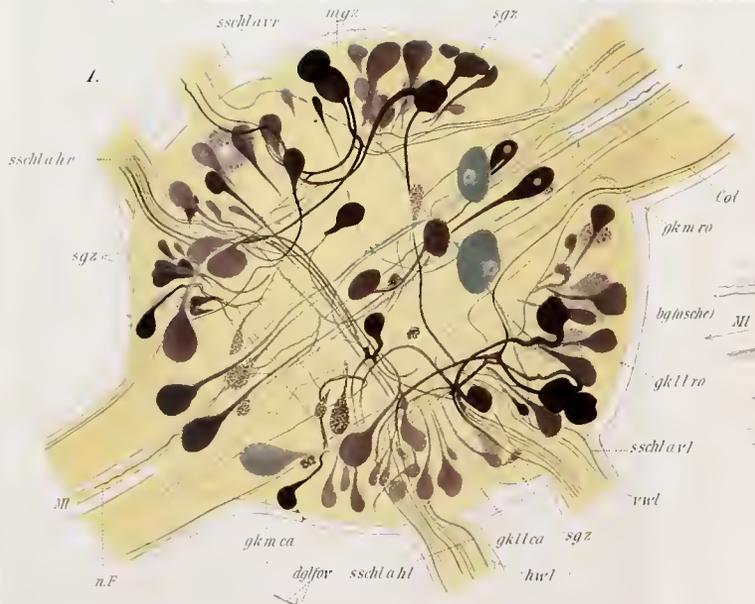




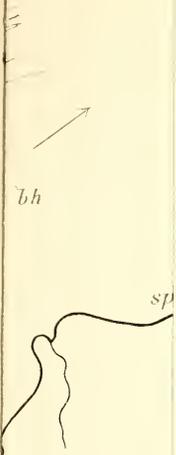












7.

















6.

