Über Regenerationserscheinungen im caudalen Ende des Körpers von *Petromyzon fluviatilis*.

Von

Dr. F. K. Studnička

(Brünn).

Mit 9 Figuren im Text und Tafel XI.

Eingegangen am 6. Oktober 1911.

Vor mehreren Jahren habe ich ein Exemplar von *Petromyzon fluviatilis* erhalten, dem das Ende der Schwanzflosse fehlte, da es dem Tiere offenbar abgebissen wurde. Das jetzige Schwanzflossende zeigte axial und lateral eine beulenförmige Anschwellung und war, wie später auch die Querschnittserie zeigte, allseitig von regenerierter Epidermis bedeckt. Die Präparate ließen erkennen, daß der Regenerationsprozeß, der vor nicht zu langer Zeit begonnen hat, innerlich immer noch im Fortschreiten begriffen war, und besonders war es klar, daß die Chorda dorsalis immer noch wuchs. Sie zeigten auch außerdem so interessante Verhältnisse, daß ich gleich damals daran dachte, die Regeneration der Schwanzflosse bei *Petromyzon* weiter und experimentell zu untersuchen. Dazu ist es damals aber nicht gekommen. Ich habe das wertvolle Präparat bis auf weiteres in meiner Präparatensammlung aufbewahrt und erst in der allerletzten Zeit, als die Arbeiten von KRAUSS und von SCHAFFER meine Aufmerksamkeit wieder auf das Chordagewebe gerichtet haben, habe ich die immer noch vorzüglich erhaltenen Schnittserien von neuem zu studieren angefangen. Die Resultate, zu denen ich dabei gekommen bin, geben mir ein ziemlich abgeschlossenes Bild der Regenerationsvorgänge in den Geweben der Schwanzflosse, in denen sich in unserm Falle in der Folge einer Protozoeninfektion außerdem auch sehr interessante pathologische Vorgänge abspielen. In der

Literatur fehlen bisher Nachrichten über Regenerationsvorgänge bei Cyclostomen fast vollkommen, und so habe ich mich dazu entschlossen, über meine Befunde zu referieren. Meine Arbeit wird vielleicht jemanden dazu anregen, dieses wichtige Thema weiter und auch experimentell zu bearbeiten.

Zuerst einige Worte über die Methoden: Das betreffende Objekt wurde lebensfrisch in Sublimat-Eisessig eingelegt und darin fixiert. Die auf vielen Objektträgern aufgeklebten Querschnitte der Serie wurden teils mit Eisenhämatoxylin, teils mit DELAFIELD'schem Hämatoxylin gefärbt. Zur Nachfärbung wurde im ersteren Falle Bordeaux R, in dem andern Pikrinsäure-Säurefuchsin nach VAN GIESSEN, oder Säurefuchsin allein gewählt. Einen Objektträger färbte ich mit Orcein.

An den Präparaten kann man erkennen, daß von der Schwanzspitze eine Partie fehlt, die axial gemessen 10, höchstens 12 mm lang sein konnte. Jedenfalls hat sich seit der Zeit, wo die Verwundung durch den Biß eines andern Tieres geschehen ist, der Körper durch Regeneration des Chordagewebes wieder etwas verlängert, aber es läßt sich auch jetzt immer noch die Grenze der alten und der neuen Partie und sogar auch der Rand der ehemaligen Wunde ganz deutlich erkennen. Hauptsächlich kann man den letzteren nach dem Verhalten der Chordascheiden und des Coriums erkennen, von denen sich, wie wir noch sehen werden, die ersteren zu der Zeit an der Regeneration noch gar nicht beteiligt haben, während das letztere seinen regelmäßigen Bau gerade dort verliert, wo es ehemals durch das Gebiß eines andern Tieres durchgebissen wurde. Wenn man nun den Durchmesser der Chorda dorsalis, die Breite der Muskulatur an der betreffenden Stelle und noch andre Umstände berücksichtigt, und wenn man dazu noch die Querschnitte mit Längsschnitten normaler Schwanzflossen vergleicht, so kann man ziemlich richtig beurteilen, wie groß etwa der fehlende Teil der Flosse war. Durch den Biß wurde die Chorda dorsalis, wie man jetzt noch sieht, schief durchgetrennt, und es ist an der unteren Seite des Schwanzflossenendes eine längere Partie des Flossensaumes übrig geblieben, als an der oberen. Es wurde eigentlich aus der Flosse von unten her eine Partie samt der Chorda dorsalis herausgebissen, und mit ihr wurde auch die terminale Partie der Flosse abgetrennt. Die Haut — Epidermis und Corium — wurde, wie man am letzteren noch jetzt ganz deutlich sehen kann, ebenfalls glatt durchgebissen, während die Knorpel der oberen und der unteren Flossenstrahlen und Bögen, und zwar besonders die ersteren (und

mit ihnen auch das Rückenmark), bei dem Trauma zum Teil zertrümmert wurden, und man findet jetzt kleine und größere Fragmente von ihnen inmitten des Regenerationsgewebes. Am Corium findet man vielfach auch weiter von der eigentlichen Wundstelle hier und da deutliche Zeichen, welche dafür sprechen, daß es beim Angriffe des Feindes auch sonst vielfach zerrissen wurde. Die entblößten Gewebe der verwundeten Schwanzspitze wurden von einem nicht näher bestimmbaren Protozoon infiziert, dessen Entwicklungsstadien¹⁾ man jetzt an verschiedenen Stellen nachweisen kann, und sie rufen in einigen Geweben, vor allem im Chordagewebe, pathologische Veränderungen hervor, auf die wir unten ebenfalls näher eingehen werden. Auf den Verlauf der Regeneration im allgemeinen konnte diese Infektion keinen wichtigeren Einfluß ausüben.

Die Querschnitte der Serie treffen zuerst die Epidermis der erhalten gebliebenen unteren Partie der Flosse und deren Flossen- saum, in dem die knorpeligen Flossenstrahlen gut erhalten sind. Dann kommt auf weiteren Schnitten die mittlere stark angeschwollene Partie des eigentlichen Stumpfes zum Vorschein. In dieser sieht man unterhalb der gut entwickelten neuen Epidermis zuerst geschrumpftes Chordagewebe (extrachordales »Schrumpfgewebe«, wie ich es im folgenden nennen werde), welches da als eine unregelmäßige Masse angehäuft ist. Erst dann treffen die Schnitte das halbkugelförmige Ende des eigentlichen Chordaregenerates (Taf. XI Fig. 7), und bedeutend später kommen, zuerst unten, dann auch oben, die Chordascheiden — zuerst die Faserscheide (Taf. XI Fig. 6), dann auch die elastische (Taf. XI Fig. 4) — zum Vorschein. Hier erst wird das eigentliche Niveau der ehemaligen Wunde erreicht. Eine große Seitenknospe der Chorda dorsalis ist das auffallendste, was man hier beobachten kann (Taf. XI Fig. 5, 6). Darauf schließen sich die Chordascheiden (Taf. XI Fig. 3), es schließen sich auch die caudalwärts zertrümmerten oberen Bögen der Wirbelsäule, und wir haben von jetzt an ein Bild vor uns, welches schon ziemlich der Norm entspricht, besonders dann, nachdem auf weiteren Schnitten auch noch das caudal fehlende Rückenmark zum Vorschein kommt (Taf. XI Fig. 2). — Eine Abweichung der regenerierten Schwanzflossenpartie von der Richtung der Längsachse des Tieres, die man in unserm Falle nach dem bekannten Gesetze von BARFURTH ja erwarten müßte

¹⁾ Es wird mir vielleicht später einmal möglich sein, über dieses Thema Näheres zu berichten.

(es handelt sich da um die Regeneration von einer schiefen Wundfläche), läßt sich an unsern Präparaten nicht nachweisen. Die regenerierte Partie ist erstens noch zu kurz und eine geringe Abweichung ließe sich an den Querschnitten sowieso kaum erkennen.

Ich komme jetzt zu der Beschreibung der einzelnen Gewebe.

I. Die Epidermis.

Die Epidermis bedeckt die regenerierte Partie an allen ihren Seiten und es läßt sich keine scharfe Grenze zwischen der alten und der neuen Epidermis erkennen. An einigen Schnitten finde ich zwar eine tiefe Furche in der Gegend, wo beide aneinander grenzen, doch es handelt sich da um keine allgemeine Erscheinung. Man muß voraussetzen, daß auch in unserm Falle, wie in allen, die bisher in dieser Richtung näher untersucht wurden, das neue Epidermisgewebe durch eine unmittelbar vom Wundrande ausgehende Wucherung des alten regeneriert wird¹⁾.

Die regenerierte Epidermis ist im allgemeinen viel dicker als die alte (Taf. XI Fig. 5—7) und enthält viel mehr Zellschichten als jene²⁾. Nur ganz am Ende des regenerierten Stumpfes ist die Epidermis an einer Stelle dünner und sogar sehr dünn, und möglicherweise haben wir da jene Stelle vor uns, an der das von allen Seiten sich vorwärts schiebende Epidermisgewebe zuletzt die Wunde verschlossen hat (Taf. XI Fig. 7). In etwa derselben Gegend weist die Epidermis auch mehrere tiefe Furchen auf und ihre Oberfläche ist ganz unregelmäßig.

Ebenfalls in der terminalen Partie des Regenerationsstumpfes befinden sich unmittelbar unter der Epidermis einige kleine von ihr abstammende Epidermisperlen und man kann da an einer Stelle einen von der Epidermis in die Tiefe gehenden hohlen Schlauch beobachten, der von dünnen, meist einschichtigen Wänden begrenzt wird und mit einem etwas erweiterten Ende in der Nähe des Chordaregenerates blind endigt (Taf. XI Fig. 5). Im eigentlichen Gewebe der Epidermis sieht man, ebenfalls in der Nähe des Endes der Flosse, mehrere³⁾ kleine Cysten, in denen entweder eingeschrumpfte

¹⁾ Vgl. z. B. das bekannte Werk von FRAISSE, 1885, und die Abhandlungen von BARFURTH, 1891, und von NUSBAUM und SIDORIAK, 1900.

²⁾ So haben es z. B. auch NUSBAUM und SIDORIAK bei Knochenfischen beobachtet.

³⁾ Mit Deckplattenzellen ausgekleidete!

Epidermiszellen, meist aber Körper der oben erwähnten Sporozoen liegen. Wahrscheinlich sind auch einige der soeben erwähnten Gebilde, jener Schlauch z. B.¹⁾, auf Einwirkung der Parasiten zurückzuführen.

Außer durch die etwas bedeutendere Dicke, die man jedenfalls mit Vorsicht beurteilen muß, da sie am Ende des Stumpfes auch nur durch die schiefe Richtung der Schnitte (zu der Oberfläche des unregelmäßig gestalteten Stumpfes) vorgetäuscht sein kann, unterscheidet sich die regenerierte Epidermis von der alten dadurch, daß sie fast vollständig der für die normale Epidermis so charakteristischen Drüsenzellen entbehrt. Nur selten findet man in ihr solche. Ich finde z. B. in der Nähe der alten Epidermis oberhalb des regenerierten Coriums einige Kolbenzellen, die hierher wahrscheinlich beim Verschieben des Zellenmaterials des alten Gewebes gelangt sind, aber nur einmal fand ich eine solche etwas weiter im regenerierten Gewebe, so daß mir ihre Herkunft zweifelhaft erscheinen mußte. Die Körnerzellen findet man hier und da, obzwar ziemlich selten, auch im regenerierten Gewebe, sogar auch ganz am Ende des Regenerates, und so muß man annehmen, daß sich hier solche aus den indifferenten Zellen ausgebildet haben (Textfig. 1b). Man findet sie in der Tat reichlicher in den älteren Partien des Regenerates. Sonst ist die Epidermis drüsenfrei und es lassen sich in ihr nirgends Anlagen der Kolbenzellen nachweisen. In den proximaleren Partien des regenerierten Gewebes ist der Inhalt der Zellen verschleimt, so wie wir es auch in der normalen Epidermis zu sehen gewohnt sind, aber gegen das Ende desselben zu enthalten die Zellen unverändertes Protoplasma und sind somit vollkommen »indifferent«. Man muß annehmen, daß sich bei dem Regenerationsprozesse zuerst solche indifferente Zellen bilden und daß erst später einzelne von ihnen den Charakter von Drüsenzellen (Körner- und Kolbenzellen) erhalten.

Die Zellen der regenerierten Epidermis zeigen alle die für normale typische Epidermiszellen von *Petromyzon* charakteristische Differenzierung in Exoplasma (Zellmembran) und Endoplasma²⁾. Die obersten Zellen, die Deckzellen, besitzen überall deutlich entwickelte Deckplatten (Textfig. 1c), oberhalb deren sich meist eine deutliche, oft sogar ziemlich dicke WOLFFSche Cuticula befindet, die jedenfalls

¹⁾ Der jetzt jedoch schon leer ist!

²⁾ Vgl. meine Abhandlung über Epidermis in Anat. Heften. Bd. 39. 1909.

stellenweise (da, wo sie abgestreift wurde?) fehlt. Vielfach sieht man, und besonders am Ende des Regenerates, abgestreifte geschrumpfte Zellen und ganze Reihen von solchen an der Oberfläche der Epidermis. Es läßt sich von ihnen jedenfalls nicht sagen, ob es infolge eines physiologischen Prozesses abgeworfene oberste Zellen

Fig. 1.

Riesenzellen aus der regenerierten Epidermis. Vom Ende des Regenerates (vgl. Taf. XI Fig. 7). *a, b* Stachelzellen, *c* eine Deckzelle. Vergrößerung: ZEISS, Ap. homog. Imm. 1,5, Comp.-Oc. 6.

Die Abbildungen wurden — sowie auch alle folgenden — bei der Reproduktion auf die Hälfte verkleinert.

sind oder nur Zellen, die bei der Behandlung des Objekts zerdrückt und dann abgestreift wurden. Breite Interzellularlücken des Gewebes werden überall von dichten, schön ausgebildeten fadenförmigen Zellbrücken überbrückt, von denen in der distaleren Partie des Gewebes, abgesehen vielleicht von dessen untersten Schichten, alle in der

Mitte ein deutliches Zwischenkörperchen enthalten (Textfig. 1a). Da man in der normalen Epidermis von *Petromyxon* solche Zwischenkörperchen (bis auf die Unterlage der Hornzähne!) nicht findet, ist diese Erscheinung ziemlich auffallend. Ich finde, wie ich darauf bei anderer Gelegenheit aufmerksam gemacht habe, die Zwischenkörperchen vielfach an solchen Stellen, wo sich Epidermiszellen bei Zellteilungen unlängst voneinander abgetrennt haben, und so wäre die hier vorkommende Erscheinung vielleicht von diesem Standpunkte aus zu erklären. Die Zellen haben sich in der Tat unlängst beim Wachstum des Regenerationsgewebes stark vermehrt und es sind da die Zwischenkörperchen erhalten geblieben; in den älteren unteren Zellschichten sowie in den vorderen älteren Gewebspartien kann man sie nicht oder nicht mehr so deutlich sehen. In den seitlichen (älteren) Partien des Regenerates sind die Zellen senkrecht auf die äußere Oberfläche der Epidermis stark verlängert, und diese sind es, deren Protoplasma, wie wir bereits sagten, verschleimt ist. Ihr Körper läuft unten in einen exoplasmatischen Fortsatz aus, der sich oft bis zu der Epidermis-Bindegewebegrenze verfolgen läßt. Es handelt sich also um gestielte Epidermiszellen, wie man solche in der alten Epidermis von *Petromyxon* ebenfalls nachweisen kann. In der distalen Partie des Regenerates, am Ende des Schwanzflossensumpfes, sind die Zellen abgerundet und ihre Körper besitzen keine derartigen Ausläufer.

Viele der Epidermiszellen, die man in dem vollkommen noch indifferenten Gewebe am Ende des Regenerates findet, besitzen zwei Zellkerne. Außer den gewöhnlichen Zellen findet man da auch eigentümliche Riesenzellen, die nur durch Unterbrechung des Zellteilungsprozesses zustande gekommen sind (vgl. Textfig. 1 a, b). Es handelt sich um unregelmäßige große Gebilde, welche ganz deutlich ganzen Zellgruppen oder ganzen Zellreihen entsprechen und welche mehrere, manche von ihnen sogar sechs bis acht, Zellkerne enthalten.

In einigen von ihnen hat das Exoplasma die zu einzelnen von den Zellkernen zugehörnden Endoplasmapierten voneinander mehr oder weniger deutlich abgetrennt, so daß man da wenigstens selbständige Endoplasmazellen unterscheiden kann; in andern sendet das gemeinsame Exoplasma nur mehr oder weniger deutliche leistenförmige Ausläufer in das Endoplasma hinein, nach welchen man beurteilen kann, wie vielen Elementarzellen die Riesenzelle etwa entspricht. Auch Deckzellen dieser Art konnte ich finden (Textfig. 1 c). Was die Bedeutung dieser Zellen betrifft, so handelt es sich da um

Gebilde, die entweder bei zu schnellem Wachstum des regenerierenden Gewebes zustande gekommen sind, oder um Gebilde, bei deren Bildung eventuell Secrete der in der Epidermis eingeschlossenen Parasiten beteiligt sein konnten. Eine sichere Entscheidung ist da sehr schwer; man kann sich nicht davon überzeugen, daß die Riesenzellen in der Regel nahe den die Parasiten enthaltenden Cysten liegen würden, im Gegenteil scheinen sie in ihrer Verteilung von solchen vollkommen unabhängig zu sein.

Die in der Epidermis zu unterst liegenden Zellen sind in dem Regenerate mehr oder weniger deutlich als »Basalzellen« ausgebildet und haben annähernd das Aussehen derartiger Zellen, die man in normaler Epidermis findet. Nicht überall ist es so; sehr oft kann man keinen besonderen Unterschied zwischen den untersten und den darüber liegenden Zellen beobachten.

Da, wo die Epidermis unten an das regenerierte Corium angrenzt, ist ihre untere Seite in der Regel glatt, uneben ist sie an jenen Stellen, wo die Epidermis an das unreife Bindegewebe des Regenerates grenzt, oder da, wo sie das chordale Schrumpfgewebe berührt (Taf. XI Fig. 8). Eine wirkliche Basalmembran, die übrigens zu dem Corium gehört, fehlt in dem Regenerate überall und nur stellenweise finde ich da eine dünne homogene Schicht an ihrer Stelle, die jedoch auch eine andre Bedeutung haben kann. Die Epidermiszellen berühren infolgedessen unmittelbar das darunter liegende Bindegewebe und es läßt sich nicht erkennen, auf welche Weise sie mit ihm verbunden wären. An keiner Stelle des Regenerates konnte ich beobachten, daß junge Epidermiszellen in das Bindegewebe eindringen, desto weniger Stellen, an denen beide Gewebe ineinander übergehen würden. Bedeutend große Zellen, die man vielfach im unreifen Bindegewebe des Regenerates ganz nahe der Epidermis findet, haben ganz deutlich die Bedeutung von Bindegewebszellen; es sind das große sog. »Fibroblasten«, welche man auch sonst in diesem Gewebe vielfach finden kann. Nur im chordalen Schrumpfgewebe finde ich ganz nahe der Epidermis in ihm vollkommen eingeschlossene geschrumpfte Zellen, die den Habitus der Epidermiszellen haben. Es sind das wirklich solche, und zwar handelt es sich da allem Anscheine nach um Epidermiszellen, die ehemals bei dem Trauma in das Chordagewebe eingedrückt wurden und deren Reste sich da im jetzigen Schrumpfgewebe erhalten haben.

II. Das Corium und das subcutane Bindegewebe.

Das Corium zeigt an der vor der Wundstelle sich befindenden Partie der Schwanzflosse die bekannte Bauweise: Viele aus senkrecht zueinander verlaufenden Bindegewebsbündeln bestehende horizontale Schichten, welche untereinander und mit dem darunter liegenden Bindegewebe durch senkrecht bis zu der Corium-Epidermisgrenze aufsteigende Bindegewebsbündel verbunden sind. Oben an dem Corium befindet sich eine deutliche, sich dunkel färbende sogenannte »Basalmembran«.

Obzwar die Spannung des Coriums in der antero-posterioren Richtung nach dem Trauma nachgelassen hat, sieht man an ihm keine deutlichen Spuren davon, keine Faltung oder etwas Ähnliches, und nur an einigen Stellen sieht man auf einer Strecke des alten Coriumgewebes dessen Struktur unmittelbar vor der Wundstelle wie aufgelockert, wobei das Corium selbst etwas verdickt ist (Taf. XI Fig. 5). Es scheint, als ob das Corium hier wie angeschwollen wäre oder als ob dessen Bindegewebsbündel verdickt wären. Die Fibrillen der letzteren behalten dabei ihr normales Aussehen.

Unmittelbar unter dem normalen Corium befindet sich eine Schicht von Pigmentzellen, auf die erst das eigentliche lockere Subcutangewebe, welches das Corium mit dem intermuscularen Bindegewebe bzw. dem Bindegewebe der Schwanzflosse unmittelbar verbindet, folgt. Blutgefäße fehlen de norma im Corium von *Petromyzon*.

Da, wo das Corium ehemals durchgebissen wurde, findet man immer noch eine ziemlich scharfe Grenze, auf der die oben erwähnte regelmäßige Bauweise des Coriums plötzlich aufhört (Taf. XI Fig. 4). Es folgt jetzt im Regenerat im Anschluß an das alte Corium und in dessen Fortsetzung eine entweder ebenso dicke, meist aber etwas dickere Bindegewebschicht, die den Wert eines neugebildeten Coriums hat. Dieses Gewebe besteht aus Bindegewebsbündeln, die etwa genau so dick sind wie diejenigen des alten Coriums, die jedoch nicht in regelmäßige Schichten geordnet, sondern unregelmäßig untereinander, in allen Richtungen verlaufend, verflochten sind. Die Fibrillen sind da in der Regel viel feiner, als sie im alten Gewebe waren, und außerdem ist da, unmittelbar an der Grenze, der fibrilläre Aufbau der Bündel mehr oder weniger undeutlich. Die für das alte Corium so charakteristischen senkrecht aufsteigenden Bündel fehlen hier vollkommen, weiter fehlt hier auf der Oberfläche des

Regenerates, wie wir schon sagten, vollkommen die Basalmembran, welche demnach zuerst überhaupt nicht regeneriert wird.

Zwischen den Bindegewebsbündeln des Coriumregenerates kommen sehr zahlreiche Bindegewebszellen vor, viel reichlicher, als wir sie im alten, gesetzmäßig gebauten Corium zu sehen gewohnt sind. Sie sind da ziemlich unregelmäßig verteilt. Außer ihnen kann man da auch viele Blutcapillaren beobachten, welche im normalen Corium fehlten; ihr Verlauf ist ganz unregelmäßig.

Die Pigmentschicht unterhalb des Coriums findet an der Grenze zu dem Regenerate plötzlich eine Unterbrechung. Nur am vordersten Rande desselben sieht man noch einige Pigmentzellen und im Regenerationsgewebe selbst sieht man dort, wo sich ehemals die Wunde befand, zerstreute Pigmentkörnchen. Weiter caudalwärts fehlt das Pigment vollkommen und das regenerierte Corium geht da allmählig in eine tiefere, etwas lockerer gebaute Bindegewebschicht über, welche etwa dem normalen Subcutan- und Intermusculargewebe entspricht. Weiter caudalwärts läßt sich dieser Unterschied nicht beobachten.

Obzwar also, wie wir oben gesagt haben, zwischen dem alten Corium und dessen Regenerat eine scharfe Grenze vorhanden ist, kann man doch an vielen Stellen ganz deutlich beobachten, daß die Bindegewebsbündel des alten Coriums im Regenerat ihre Fortsetzung finden, wo sie, wie wir ebenfalls sagten, schon nicht mehr so regelmäßig angeordnet sind, wie im ersteren Gewebe. Eben deshalb, da hier der Verlauf der Bündel sehr unregelmäßig ist, kann man den soeben hervorgehobenen Zusammenhang verhältnismäßig selten ganz deutlich sehen, besonders auch deshalb selten, da an der Grenze die Struktur der Bündel weniger scharf ausgeprägt ist. Trotzdem muß man auch dann, wenn man die Bindegewebsbündel aus den angegebenen Gründen nicht weiter im Regenerate verfolgen kann, als sicher annehmen, daß ein kontinuierlicher Zusammenhang der regenerierten Bündel mit den alten existiert. Man findet in der Tat nirgends, weder scharf abgeschnittene Enden der Bindegewebsbündel des alten Coriums, noch deutliche Spuren einer Atrophie der Bindegewebsbündel an der ehemaligen Wundfläche; die oben erwähnte Schwellung der Bündel, die man übrigens nicht überall beobachten kann, kann man sicher nicht für eine solche halten; die Fibrillen bleiben bei ihr normal.

Die Bilder, welche man da zu sehen bekommt, sehen genau so aus, als ob sich die Bindegewebsbündel des alten Coriums bei der

Regeneration aktiv, das ist durch das Auswachsen in die Länge beteiligen würden. Man könnte jedenfalls auch annehmen, daß sich im Regenerat in einer neugebildeten Grundsubstanz die Fibrillen vollkommen neu und nur im Anschluß an die Enden der zerrissenen alten Fibrillen bilden, aber eine solche Annahme wäre sehr wenig wahrscheinlich; man muß nämlich den Umstand berücksichtigen, daß es sich da nicht um einzelne Fibrillen, sondern um ganze Fibrillenbündel handelt, welche doch sicher nicht auf einmal entstehen können.

Auch an andern Stellen des Coriums, vorn vor der Wundfläche, findet man Partien, die einen ganz unregelmäßigen Bau haben und oben einer Basalmembran, unten einer Pigmentschicht entbehren. Ganz sicher sind es Partien, an denen Stücke des Coriums herausgerissen wurden, oder wo das Corium wenigstens zerrissen wurde und wo es sich durch Regenerationsgewebe wieder repariert hat. Die eine Seite der unteren Hälfte der Schwanzflosse hat z. B. im weiten Umfange ein neues Corium erhalten, da hier wohl das alte bei dem Trauma, welches das Tier ehemals erlitten hat, abgerissen wurde.

III. Bindegewebe überhaupt.

Auf das straffe fibröse Bindegewebe des Coriumregenerates folgt, am Ende des Flossenstumpfes, unreifes fibrilläres Bindegewebe, in welches das erstere ganz allmählich übergeht und welches wohl den Zustand zeigt, in dem sich auch das erstere vor kurzer Zeit befand.

Es handelt sich da um ein offenbar noch in Bildung begriffenes fibrilläres Bindegewebe, in dem die Fibrillen entweder noch vereinzelt verlaufen oder wenigstens keine so dicht liegende oder überhaupt keine deutliche Bindegewebsbündel bilden, wie im ersten Falle, wo an der Gewebsbildung jedenfalls die auswachsenden Bindegewebsbündel des alten Gewebes mitbeteiligt waren. Die Fibrillen verlaufen größtenteils in einer und derselben Richtung und verflechten sich nicht oder nur wenig untereinander. Auch dieses Gewebe enthält überall Zellen, die meist spindelförmig sind, an vielen Stellen sieht man aber nur Grundsubstanzkerne, um welche sich vielleicht die Körper der Bindegewebszellen noch nicht ausgebildet haben. Viele von den Zellen (besonders am Ende des Regenerates findet man solche) sind bedeutend groß und es lassen sich in ihrer Umgebung auffallend reichliche Bindegewebsfibrillen beobachten, welche parallel mit der Längsrichtung der Zellen ver-

laufen. Es sind das wohl »Fibroblasten« der Autoren, welche durch Plasmaumbildung die Grundsubstanz und die Bindegewebsfibrillen produzieren.

Die allerersten Stadien der Bindegewebsbildung kann man an unsern Präparaten nirgends beobachten, und so sind da mit Rücksicht auf die Anfänge des Bindegewebsbildungsprozesses nur Vermutungen möglich. Es wachsen, wie wir oben zeigten, die Bindegewebsbündel von der Wundfläche aus und beteiligen sich direkt an dem Regenerationsprozesse, außerdem wandern aus der Wundfläche und überhaupt aus dem alten Gewebe Bindegewebszellen aus, welche neue Grundsubstanz und mit ihr neue Bindegewebsfibrillen produzieren, die sich mit den alten in die Länge wachsenden Bindegewebsbündeln vermischen.

Eine weitere Differenzierung des unreifen Bindegewebes in eine besondere Schicht, die dem Corium entsprechen würde, und in ein Subcutan- oder Schwanzflossenbindegewebe läßt sich nicht beobachten. Das betreffende Bindegewebe füllt, ohne weitere Unterschiede erkennen zu lassen, den übrigens nicht zu breiten Raum, der zwischen dem oben besprochenen Coriumregenerat und der Epidermis, dem Chordagewebe, Muskeln und den Resten des Knorpelgewebes anderseits übrig bleibt (Taf. XI Fig. 7). Zu einer Differenzierung besonderer Schichten würde es da wohl erst später kommen. Auffallend ist das Vorhandensein zahlreicher Capillaren in dem wachsenden Bindegewebe. Sie verlaufen in allen Richtungen und lassen sich, wie wir oben schon sagten, in das Regenerat des Coriums hinein verfolgen, sonst dringen sie aber, wie wir noch sehen werden, auch in andre Gewebe hinein.

IV. Das Knorpelgewebe.

Wie wir eingangs gesagt haben, wurde die untere Hälfte der Schwanzflosse in größerem Umfange erhalten als die obere. Dasselbe gilt natürlich auch von den knorpeligen Flossenstrahlen. Mit den oberen wurden auch die oberen Bogen teilweise ausgebissen, teilweise durch den Biß zertrümmert (vgl. Taf. XI Fig. 3). Kleinere und größere Stücke von den letzteren findet man jetzt frei im unreifen Bindegewebe des Flossenregenerates eingeheilt (Taf. XI Fig. 4, 5) und einige davon findet man auch in dem bereits fertigen Coriumregenerat.

An den unbeschädigt gebliebenen Seiten der Knorpelfragmente hat sich meist auch das Perichondrium erhalten und ist jetzt mit

dem umgebenden Bindegewebe zusammengewachsen. An den beschädigten Seiten ist das Verhalten, je nach den Umständen, sehr verschieden.

Vor allem kann man an den beschädigten Partien nirgends eine direkte Regeneration des Knorpelgewebes beobachten, eine solche nämlich, an der die alten Knorpelzellen oder die alte Grundsubstanz (bzw. Knorpelkapseln) des Knorpels beteiligt wären. In allen jenen Fällen, in denen die Knorpelzellen durch das Trauma beschädigt wurden, wo ihre Knorpelkapseln nämlich geöffnet oder zerrissen wurden, sind die Zellen abgestorben, ihre Körper sind wahrscheinlich resorbiert worden und in die jetzt leeren Knorpelkapseln sind Partien des umgebenden Regenerationsgewebes eingedrungen (Textfig. 2).

Manchmal sind es Partien der fibrillenhaltigen Grundsubstanz, welche man jetzt in den Lücken des Knorpelgewebes findet, ein andermal, im ganzen viel häufiger, sind es Bindegewebszellen, welche da zusammen mit Bindegewebsfibrillen eindringen. Entweder dringen da — wie es scheint — die Zellen zusammen mit den von ihnen produzierten Bindegewebsfibrillen, oder es dringen da Zellen allein und produzieren erst im Innern der Knorpelkapseln die fibrilläre Grundsubstanz. Da, wo man im Innern der Kapseln Fibrillen allein

findet, ist es nicht ausgeschlossen, im Gegenteil äußerst wahrscheinlich, daß diese aktiv in die leeren Kapseln eingedrungen sind; daß sie durch die Zellen oder das umgebende Bindegewebe in die Kapseln hinein nur passiv verdrängt sein könnten, ist jedenfalls sehr wenig wahrscheinlich. Falls diese unsre Annahme richtig ist, hätten wir da schon den zweiten Fall aktiven Längenwachstums der Bindegewebsfibrillen an unserm Objekte vor uns.

Abgesehen von diesen Erscheinungen kann man noch dreierlei andre, voneinander verschiedene Prozesse unterscheiden, die sich an den Oberflächen der Knorpelfragmente abspielen.

An manchen, und zwar durchaus nicht seltenen Stellen findet man, daß das regenerierte Bindegewebe, in dem die Knorpelfragmente jetzt liegen, an gewissen Partien derselben förmliche Peri-

Fig. 2.

In Auflösung begriffene Partie des Knorpelgewebes eines Fragmentes der zertrümmerten oberen Bögen. Vergrößerung: Zeiss, homog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 4.

chondrien, nämlich dünne, feste Bindegewebshüllen baut. Diese können keine andre Bedeutung haben, als daß sie dazu bestimmt sind, das Gewebe einzukapseln und so zu erhalten, oder umgekehrt das umgebende weiche Bindegewebe vor ihm zu schützen. Man findet nämlich solche Perichondrien öfters an den scharfen Ecken der unregelmäßigen Fragmente, die sich bei Bewegungen der verstümmelten Flosse leicht in das umgebende unreife Bindegewebe hineinbohren könnten.

An andern Stellen findet man die Knorpelfragmente, besonders die kleineren und die vereinzelt liegenden, unmittelbar im lockeren Regenerationsgewebe, und man sieht an ihnen deutliche Zeichen, welche dafür sprechen, daß die Reste der Knorpelzellen, ihre Knorpelkapseln nämlich, in denen sich jetzt das Bindegewebe eingenistet hat, resorbiert werden. Man findet auch Gewebspartien, an denen der Resorptionsprozeß ziemlich weit vorgeschritten ist (Textfig. 2). Manchmal findet man nur geringe Reste der resorbierten Knorpelkapseln inmitten des Bindegewebes. Nicht zufällig ist es jedenfalls, daß man in der nächsten Nähe solcher Stellen zahlreiche Blutcapillaren beobachten kann. Diese treten zwar nicht unmittelbar bis an die Knorpelfragmente heran, können aber trotzdem an dem Resorptionsprozesse durch bessere Ernährung des umgebenden Bindegewebes mitbeteiligt sein.

Die dritte Erscheinung, die man hier beobachten kann, ist die interessanteste. Hier und da finde ich Bilder, nach denen man mit voller Bestimmtheit schließen kann, daß sich die Knorpelfragmente stellenweise sogar auch vergrößern können. Sie vergrößern sich jedenfalls nicht selbst, sondern durch ein Appositionswachstum aus der Umgebung, an dem die Zellen des lockeren Bindegewebes des Regenerates beteiligt sind. Auf diese Weise kann der Organismus wahrscheinlich einzelne Knorpelstücke, die er auch weiter zu seinen Zwecken gebrauchen könnte, abrunden, vergrößern, vielleicht auch untereinander verbinden, und solche würden wahrscheinlich später bei der Anlage neuer Skeletteile des Regenerates — die in unserm Falle natürlich noch nirgends fertig sind — mitbenutzt.

Die Bilder, um welche es sich da handelt, sind die folgenden:

An solchen Seiten der Knorpelstücke, an denen die Knorpelzellen nach Beschädigung ihrer Kapseln abgestorben sind, aber auch an solchen, wo sich noch das Perichondrium erhalten hat, findet man (Textfig. 3) in dem umgebenden Bindegewebe manchmal Gruppen vergrößerter Bindegewebszellen, daneben Zellen, welche man wegen

ihrer deutlichen Zellmembran für Vorknorpelzellen (vesiculöse Zellen nach SCHAFFER) halten muß und schließlich vergrößerte Zellen mit deutlicher dünner basophiler Knorpelkapsel. Solche aus Bindegewebszellen soeben entstandene Knorpelzellen liegen zuerst weiter voneinander, so daß sich ihre Kapseln nicht berühren, und es bleibt zwischen ihnen noch eine breitere oder engere Partie der fibrillären Grundsubstanz. Einzelne Bindegewebsfasern derselben werden basophil und stellenweise verknorpelt die Fibrillenmasse zwischen den Zellen in toto, so daß wir schon eine Partie eines fast fertigen Knorpelgewebes vor uns haben, welche bloß mit dem darunterliegenden alten Knorpelgewebe zu verwachsen braucht, um zu dessen Vergrößerung und so zur teilweisen Regeneration der Knorpelstücke beizutragen¹⁾.

Besonders interessant sind jene Fälle, in denen sich im Innern der ehemaligen, nach den abgestorbenen Knorpelzellen übriggebliebenen Knorpelkapseln einzelne Bindegewebszellen vergrößern und in Knorpelzellen umwandeln. Ebensovienig wie in den andern Fällen bilden sich hier die neuen Knorpelkapseln im Anschluß an die alten; sie entstehen vollkommen selbständig. Was die oben erwähnten verknorpelten Bindegewebsfasern betrifft, so kann man

Fig. 3.

Neubildung des Knorpelgewebes am Rande eines in Vergrößerung begriffenen Knorpelfragmentes. Bindegewebszellen, junge selbständige Knorpelzellen und verknorpelte Bindegewebsfasern. Links: Umbildung der Grundsubstanz zwischen den Knorpelzellen zu Grundsubstanz der neuen Knorpelpartie. Vergrößerung wie bei der vorangehenden Abbildung.

¹⁾ Man sieht, daß der Prozeß der Knorpelbildung, wie ich ihn soeben geschildert habe, auffallend mit der primären Chondrogenese bei Anurenembryonen, die ich unlängst beschrieben habe, übereinstimmt. Die Knorpelkapseln entstehen da in der Tat früher als die eigentliche intercelluläre Grundsubstanz des Knorpels (als solche!). Ich habe solche Bilder bereits im Jahre 1897 gesehen und so kam ich erklärlicherweise zu der Ansicht, daß die Knorpelkapsel bei der Chondrogenese das primäre, die Intercapsularsubstanz das sekundäre ist. Erst später habe ich meine Ansichten etwas geändert, auch unter dem Einflusse der Befunde von SCHAFFER; ich sehe jetzt ein, daß ich damals, wenigstens teilweise, doch Recht gehabt habe.

solche auch weiter von den verknorpelnden Bindegewebspartien im Perichondrium und überhaupt in der Umgebung der Knorpelstücke beobachten. Es sind solche, wie ich schon vor Jahren darauf aufmerksam gemacht habe, bei *Petromyxon* keine Seltenheit (Sitzber. d. Kgl. Ges. d. Wissensch. in Prag. Jhrg. 1897. Nr. LXV).

Eigentümlich ist, daß auch das alte Knorpelgewebe in jenen Partien, die vom Trauma direkt nicht betroffen wurden, stellenweise progressive und regressive Erscheinungen aufweist. Man kann in vielen Knorpelzellen eine auffallende Vermehrung der Zellkerne beobachten, es bilden sich da Gruppen bis zu acht Zellkernen. Außerdem sieht man da sehr oft merkwürdige Zellenverschmelzungen. Die Scheidewände zwischen den Zellen werden auffallend dünn bis membranartig und schwinden stellenweise vollkommen; so entstehen im Knorpelgewebe des Skelets Riesenzellen. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, daß diese Erscheinung ebenfalls mit der Infektion unsres Exemplars zusammenhängt, so wie die Riesenzellenbildung in der Epidermis und diejenige im Chordagewebe (auf die wir unten zu sprechen kommen).

V. Die Muskeln.

Die Regeneration des Muskelgewebes hat an unserm Objekt bisher nicht begonnen und über das Verhalten des Muskelgewebes überhaupt läßt sich da nichts Besonderes angeben. Die Enden der beim Trauma zerrissenen Muskeln sind jetzt überall abgerundet und grenzen im Bereiche der ehemaligen Wundfläche meist unmittelbar an das regenerierende Bindegewebe. Die Myofibrillen sind überall gut erhalten und reichen bis an das Ende der Muskelstümpfe. Es scheint, daß sie etwas spärlicher im Muskelgewebe sind. Dadurch wäre vielleicht (?) die auffallend starke Schrumpfung der Muskelfasern an den doch gut fixierten Objekten erklärlich.

VI. Die Chordascheiden.

A. Die faserige Chordascheide.

In jener Partie des Körpers, die sich vor der ehemaligen Wunde befindet, ist die faserige Chordascheide als solche erhalten geblieben. Da sie jetzt von dem in ihr enthaltenen und, wie wir sehen werden, caudal im Regenerat einer besonderen festen Hülle immer noch entbehrenden Chordagewebe nicht gespannt wird — der Turgor des Chordagewebes mußte natürlich nach dem Öffnen des durch die

Scheiden gebildeten Schlauches nachlassen —, ist sie ziemlich schlaff (Taf. XI Fig. 2). Auch ihre bedeutende Verdickung hängt, wenigstens teilweise, mit diesem Umstande zusammen, hat aber, wie wir gleich sehen werden, auch ihre besonderen Ursachen. Die Verdickung der fibrösen Chordascheide, die man am besten beim Vergleiche mit einer normalen Chordascheide aus derselben Körperstelle beurteilen kann (vgl. Taf. XI Fig. 1), wurde schon früher an andern Objekten beobachtet. Sie wird von BARFURTH (1891, Amphibien) und von NUSBAUM-SIDORIAK (1900, Bachforelle) erwähnt.

So wie beim Corium, läßt sich auch an der fibrösen Chordascheide jetzt immer noch die ehemalige Wundfläche ganz deutlich erkennen. An ihr endigt die alte, fein fibrillär gebaute Chordascheide auf einmal wie abgeschnitten und zeigt, wie wir noch sehen werden, nur sehr geringe, wenn überhaupt welche Beziehungen zu dem in ihrer Fortsetzung sich befindenden Bindegewebe. Man sieht an den Präparaten, daß sich die Chordascheide an ihrem freien Rande nach außen etwas umstülpt, so daß zwischen ihr und dem Chordagewebe ein keilförmiger Raum entsteht. Besonders ist diese Umstülpung rechts in den Schnitten deutlich (vgl. Taf. XI Fig. 5, 6); an einer Stelle sieht man hier den Rand der Chordascheide sogar zweimal, wie S-förmig verbogen, was sich vielleicht wenigstens teilweise durch die beim Durchbeißen geschehene Zerrung der Scheide erklären läßt. Die einfache Umstülpung ist ganz sicher ein normaler Vorgang; etwas Ähnliches wurde z. B. auch von NUSBAUM-SIDORIAK (1900) an ihren Objekten beobachtet und wahrscheinlich spielt dabei die eigne Elastizität der durchgetrennten Scheide die Hauptrolle.

Während sich am alten Corium in der Nähe der Wunde bis auf eine gewisse Schwellung des Gewebes keine auffallenden Veränderungen nachweisen lassen, findet man in der Chordascheide weitgehende Veränderungen, welche, wie es scheint, progressiver Natur sind.

Die bei Petromyzonten de norma zellfreie Chordascheide enthält jetzt in der Nähe des durch die Verwundung verursachten freien Randes überall Zellen, die, wie man es jetzt noch nach ihrer Lage schließen kann, vorwiegend von der Wundfläche, den Fasern der Scheide entlang, in ihr Inneres eingedrungen sind (Taf. XI Fig. 4, 5; Textfig. 5b rechts). Sie sind hier auf eine ähnliche Weise, wie wir es etwa bei den Dipnoern oder Selachiern beobachten können, zuerst zu fixen Zellen des Chordascheidengewebes geworden, später gehen sie aber, wie wir noch sehen werden, zum größten Teil zugrunde.

Die Bindegewebszellen, und um solche handelt es sich da, sind klein und spindelförmig, manche sehr lang; es scheint, daß sie in der jedenfalls früher erweichten Interfibrillärsubstanz durch Eigenbewegung vorwärts kommen, ohne besondere Kanälchen als Spuren ihrer ehemaligen Bahn zu hinterlassen. Von vielen von ihnen sieht man in den Präparaten nicht mehr als ihre Zellkerne, anderswo sieht man neben solchen kleine Haufen von färbbaren Körnchen, welche nichts anderes sind als Reste von zugrunde gegangenen Zellkernen¹⁾.

Die Verteilung der Zellen ist in der auf diese Weise cellularisierten Partie der Chordascheide (die keinesfalls zu breit ist) ziemlich regelmäßig, doch man findet sie rechts in den Schnitten weniger zahlreich als links, wo die Zellen stellenweise massenhaft vorkommen. Auch dieses Zugrundegehen der Zellen ist keine Besonderheit unsers Objektes. Etwa dieselbe Erscheinung haben bereits NUSBAUM-SIDORIAK (1900, S. 656) an ihren Objekten beobachtet und sie geben an, daß sie daselbst auch Kanälchen, die nach den eindringenden Zellen übriggeblieben sind, beobachtet haben. An meinem Objekte konnte ich diese Beobachtung, wie ich bereits sagte, nicht bestätigen; die Spalten, die man in der Chordascheide hier und da sieht, können eine ganz andre Bedeutung haben.

Abgesehen von den Zellen dringen in die verdickte Chordascheide auch Blutcapillaren, welche in ihr in normalen Fällen ebenfalls vollkommen fehlten, hinein. Neben ihnen kann man breitere Lücken zwischen den Fibrillen beobachten, welche zum Teil künstlich entstanden sind, zum Teil aber auch Lymphspalten entsprechen können. Besonders an der linken Seite (der Schnitte) sind die Blutgefäße in der Scheide sehr zahlreich, und so bietet diese Partie der Chordascheide, in der dazu noch besonders zahlreiche Zellen enthalten sind, das Aussehen eines entzündeten Gewebes. Die Fibrillen sind da weniger deutlich, als rechts in den Schnitten (Taf. XI Fig. 6).

Sehr viele von den eingewanderten Bindegewebszellen haben sich unmittelbar unter der ebenfalls abnorm veränderten *Elastica externa* angesammelt und es können da zu ihnen auch solche zugekommen sein, welche durch die Lücken der *Elastica* eingedrungen

¹⁾ Diese Bilder halte ich für ziemlich wichtig. Nur wo man solche findet, kann man mit Sicherheit auf das Zugrundegehen von Zellen schließen. Die meisten von den in Grundsubstanz liegenden Zellkernen sind nämlich wirkliche »Grundsubstanzkerne« und keine Reste von »verdämmernden Zellen«, wie SCHAFFER meint.

sind. Besonders median, an der unteren Seite der Chordascheide, aber auch an andern Stellen hat sich aus solchen Zellen und den von ihnen produzierten Bindegewebsfibrillen — oder auch den Fibrillen der durch Einwirkung von Zellen zersprengten fibrösen Chordascheide — eine Partie des lockeren fibrillären Bindegewebes ausgebildet, die stellenweise ziemlich breit sein kann und welche die elastische Chordascheide bzw. deren Reste von der übrigbleibenden fibrösen Scheide weit verdrängt. Auch in diesem Gewebe kommen die Capillaren, und zwar besonders reichlich vor (Textfig. 5b).

An der ehemaligen Wundfläche endigt die fibrilläre Masse der Chordascheide scharf abgeschnitten und zeigt da rechts in den Schnitten keine, links nur durch die Schwellung des Gewebes bedingte Veränderungen. An der rechten Seite (der Schnitte) ist die Scheide besonders gut erhalten (Taf. XI Fig. 6). Im Gegensatz zu dem aus dicken Fibrillenbündeln bestehenden Gewebe des Coriums kann man da überhaupt keine oder nur ganz geringe und nicht eindeutige Übergänge zwischen den faserigen Bestandteilen der Chordascheide und des in deren Fortsetzung sich befindenden fibrillären Bindegewebes beobachten. Der größte Teil der fibrillären Masse endigt, wie wir sagten, vollkommen scharf, wie abgeschnitten, ohne daß dabei die Fibrillen an ihrem Ende irgendwelche Zeichen von Degeneration oder überhaupt welche Veränderungen aufweisen, und nur die oberflächlichen Schichten der Fibrillen scheinen, aber nur an einigen Schnitten, in das Bindegewebe überzugehen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß es sich da nur um solche Fibrillen handelt, die aus der fibrillären Masse ausgerissen und in das Regenerationsgewebe eingehüllt wurden.

An der rechten Seite (der Schnitte) hat sich an dem durchgebissenen Rande der Chordascheide aus dem Regenerationsgewebe eine Art von dünner fibröser Scheide gebildet, die auffallend an das regenerierte Perichondrium der Knorpelfragmente erinnert. Die Bindegewebsfasern verlaufen da quer zu der Richtung der durchgebissenen Fasern der Scheide, und genau so sind auch die Zellen orientiert. An einer Stelle finde ich sogar eine große Bindegewebszelle, welche an der Grenze zwischen dem alten und dem neuen Bindegewebe, in derselben Richtung orientiert, (quer) gelagert ist. Auf der linken Seite (der Schnitte) sehe ich eine solche Kapsel nicht, aber auch hier scheint die Grenze scharf zu sein. Die soeben erwähnte Bindegewebschicht ist, obzwar man sie nur auf der einen Seite ganz deutlich zu sehen bekommt, sehr wichtig; durch sie

wird das Gewebe der Chordascheide wenigstens teilweise im Regenerationsgewebe eingekapselt, und man sieht ganz deutlich, daß es sich an den weiteren Regenerationsvorgängen nicht beteiligen kann. Daß sich trotzdem wenigstens einige Faserbündel der Scheide an dem Regenerationsvorgang beteiligen könnten, halte ich für ganz unwahrscheinlich. Die Regeneration geht also, wenn man alle Umstände erwägt, nur aus dem Bindegewebe, welches sich außerhalb der Chordascheide befand und welches von Anfang an Zellen enthielt. Aus diesem entsteht jedenfalls später ein Regenerat der Chordascheide. In unserm Falle kann man von einem solchen kaum sprechen. Die Partie des regenerierten Bindegewebes, welche man als solche betrachten könnte, ist noch zu kurz. Nur an der Oberfläche der seitlichen Knospe des Chordagewebes, die wir unten

Fig. 4.

Im neugebildeten Bindegewebe eingeschlossene epidermoide Chordazellen. Aus der unmittelbaren Nähe der Chordaknospe (vgl. etwa Taf. XI, Fig. 4). ZEISS, homolog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 2.

näher beschreiben werden, hat sich eine Art von neuer Chordascheide ausgebildet; hier ganz sicher aus dem umgebenden Bindegewebe, da hier die alte, wie wir sagten, nach außen umgestülpte Chordascheide etwas zu entfernt ist. Die Verhältnisse des Chordagewebes sind hier nicht derart, daß sie den Gedanken, die neue Scheide bilde sich durch Tätigkeit der oberflächlichen Chordazellen, überhaupt nur zulassen könnten. Dieses Regenerat einer Chordascheide geht übrigens

außen ganz allmählich in das unreife Bindegewebe über, welches die zwischen dem Chordagewebe und dem Corium und dem Muskelgewebe übrigbleibenden Lücken überall ausfüllt. Die sehr großen Zellen, die in der betreffenden neuen Chordascheide hier und da liegen, sind nichts anderes als versprengte Chordazellen, die sich im umgebenden Bindegewebe erhalten haben; sie haben genau dasselbe Aussehen wie ein Teil der Chordazellen der Knospe; viele von ihnen sind auch vielkernig (Textfig. 4).

Nur soviel kann ich mit Rücksicht auf die Regeneration der fibrösen Chordascheide mitteilen. Wenn es demnach ganz sicher ist, daß die alte Chordascheide einer direkten Regeneration nicht fähig ist und daß eine solche nur aus dem Bindegewebe der Umgebung regeneriert werden kann, so werden da jedenfalls noch weitere Untersuchungen notwendig sein, um die Einzelheiten des ganzen Prozesses näher zu erklären.

B. Die elastische Chordascheide.

Während sich die fibröse Chordascheide nach dem Trauma nur ziemlich wenig zusammengezogen und am Rande etwas umgestülpt hat und sonst keine deutliche Degenerationsvorgänge aufweist (die Cellularisierung oder die Vascularisierung sind doch kaum als solche aufzufassen), zeigt die elastische Faserscheide in der Nähe der ehemaligen Wundfläche überall sehr deutliche Spuren des Rückganges und ist sie am Rande selbst sogar teilweise schon aufgelöst. In dem Stadium des Regenerationsprozesses, welches wir da vor uns haben, läßt sich nicht einmal der geringste Anlauf zu einer Regeneration der elastischen Chordascheide beobachten.

Da die ehemalige Spannung der elastischen Scheide nach ihrer Durchtrennung bedeutend nachlassen mußte, hat sie sich stark zurückgezogen und sich außerdem an ihren Rändern stark zusammengerollt (Taf. XI Fig. 4, 5). Sonst kann man an ihr, wie wir schon sagten, sehen, daß sie degeneriert ist. Sie ist vielfach zerrissen und es sind in ihr große Lücken entstanden, deren Ränder sich ebenfalls stark einrollen (Textfig. 5b). Außerdem zerfällt die Substanz der *Elastica* in kleine Fragmente. Man sieht zuerst Partien der Scheide, die an den Querschnitten wie kammförmig aussehen, dann solche, die an beiden Oberflächen wie ausgezackt oder tief gefurcht sind, so daß sich da nur die Mitte der Scheide erhält.

Fig. 5.

a eine Partie der elastischen Chordascheide aus der Gegend vor der ehemaligen Wundstelle. Die stark verdickte Scheide hat links eine Lücke. An ihrer unteren Seite ist die elastische Substanz vielfach in das collagene Bindegewebe der Chordafaserscheide abgelagert. ZEISS, homog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 3.

b Reste der ehemaligen *Elastica chordae externa* in der Gegend der ehemaligen Wunde (vgl. Taf. XI Fig. 6). Rechts die außen jetzt nackte Faserscheide mit zwei Zellen, links eine Partie des Knorpelgewebes, die zu einem der Bogen gehört; sie wird hier durch Apposition von neugebildeten Knorpelzellen vergrößert. In der Mitte lockeres Bindegewebe mit Capillaren. ZEISS, homog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 2.

Schließlich findet man kleine Partien der Scheide, die vollkommen in kleine Brocken zerfallen sind. Einen Zerfall in Fasern habe ich nicht ganz deutlich beobachtet, trotzdem ist jedoch das Resultat des Zerfalles zuerst das Bilden langer Streifen von elastischer Substanz. Die kleinen Brocken, in welche die elastische Scheide zerfällt, lassen sich an gefärbten Präparaten (sowohl an Hämatoxylin- wie auch an Orceinpräparaten) sehr deutlich beobachten und sie sind auch sonst wegen ihrem Lichtbrechungsvermögen ziemlich auffallend.

An der Grenze zwischen dem Knorpelgewebe der unteren Ansatzstellen der Flossenstrahlen und der Chorda fehlt die *Elastica chordae* in der Nähe der ehemaligen Wunde fast vollkommen und nur geringe Schollen oder Körnchen der elastischen Substanz, die weit von der Faserscheide in dem Regenerationsgewebe (lockeres Bindegewebe jener Art, wie ich es oben erwähnt habe) liegen, sind es, welche die Lage der ehemaligen *Elastica* verraten (Textfig. 5b).

Ich lasse da noch einige Worte über die Natur der elastischen Substanz überhaupt folgen. Die elastische Chordascheide, die an der Oberfläche der Chordaanlage als eine primäre Scheide (*Membrana limitans* oder *terminans* [MERKEL]) angelegt wird und unter der sich erst die Faserscheide bildet, halte ich nicht für eine Bildung, die von der späteren Faserscheide wesentlich verschieden wäre. Gerade bei *Petromyxon* kann man sich ganz deutlich davon überzeugen, daß die elastische Substanz auch an der unteren Oberfläche der normal aussehenden *Elastica* in die faserige Substanz der Faserscheide abgelagert wird. Es entstehen so in derselben verschieden gestaltete elastische sekundäre Lamellen, Stränge und Querscheiden, die sich in ihrem Aussehen durchaus nicht von der alten *Elastica* unterscheiden (Textfig. 5a). Genau dasselbe finde ich bei einer Reihe von verschiedenen Ichthyopsiden, hauptsächlich bei Dipnoern, Ganoiden und Selachiern, und ich werde vielleicht einmal Zeit dazu finden, auf alle diese Vorgänge, mit denen ich mich schon im Jahre 1897 beschäftigt habe, näher einzugehen. Diese Erscheinungen sind es, die mich dazu führen, anzunehmen, daß auch die ursprüngliche alte elastische Chordascheide eine andersartige Grundlage und vielleicht eine besonders stark hyalinisierte faserige Unterlage hat, und daß sie ihrem Wesen nach der Faserscheide nicht fremd ist. Man kann überhaupt nicht annehmen, daß die verschiedenen elastischen Gebilde, also auch die elastischen Fasern, den collagenen so fremd wären, wie man es in der Regel annimmt.

VII. Das Gewebe der Chorda dorsalis.

Bevor ich auf die Verhältnisse in dem in der Regeneration begriffenen Ende der Chorda dorsalis zu sprechen komme, muß ich einige Worte über den normalen Bau des Chordagewebes von *Petromyxon* voraussenden.

Das Gewebe der Chorda dorsalis von *Petromyxon* gehört fast ausschließlich zu dem Typus des sog. »blasigen« Chordagewebes. Es besteht aus großen kugelförmigen Zellen, in denen der gesamte Zelleninhalt samt dem Zellkern durch die große Flüssigkeitsvacuole zur Seite gedrückt wurde, so daß sich jetzt die Zelle wie eine wahre Turgorzelle an der mechanischen Rolle des Chordagewebes beteiligen kann. Es handelt sich um eine Art von »Turgorzellen«, die ein »Turgorgewebe« zusammensetzen¹⁾.

Nach der Analogie mit andern Geweben ähnlicher Natur und nach dem Aussehen des Gewebes bei der Benutzung von schwächeren oder mittelstarken Vergrößerungen könnte man meinen, daß es sich da einfach um Zellen handelt, in denen das durch jene Flüssigkeitsvacuole seitlich verdrängte Zellplasma innerhalb einer Zellmembran eingeschlossen ist; dies wäre unrichtig. Bereits im Jahre 1897 konnte ich zeigen, daß die großen blasigen Zellen von *Petromyxon* besonderer Zellmembranen bzw. einer besonderen Exoplasmaschicht vollkommen entbehren. Das gesamte zur Seite gedrückte Protoplasma der Zelle ist da exoplasmaartig umgewandelt, verdichtet und wohl ziemlich resistenzfähig geworden. Dieses bildet selbst die »Wand« der Zelle²⁾.

Bei neuen Untersuchungen und auch an jenen Präparaten, um welche es sich hier handelt, konnte überall dasselbe gefunden werden. So wie es seinerzeit SCHWANN (1839) in seinem berühmten Schema für die tierischen Zellen überhaupt angenommen hat, kann der Zellkern in diesem Falle wirklich in der »Zellwand« eingeschlossen sein, und vergebens würde man da in normalen blasigen Zellen ein Endoplasma suchen, welches doch sonst in Chordazellen oft vorkommt. Nur die Zellen des Chordaregenerates und aus dessen Nähe verhalten sich hier, wie wir noch sehen werden, in dieser Beziehung anders.

¹⁾ SCHAFFER hat unlängst (1910) auf die Bedeutung von solchen Zellen hingewiesen.

²⁾ So ist es jedenfalls auch in den Fettzellen, während anderswo ganz sicher besondere Zellmembranen vorkommen.

Die Mitte des normalen Chordagewebes wird bei *Petromyxon* wie auch bei den meisten (nicht allen) andern Tieren von dem sog. »Chordastränge« eingenommen, der in diesem Falle meist sehr dünn und wenig auffallend ist (vgl. Taf. XI Fig. 1). Er ist aus zusammengeschrumpften Körpern ehemals blasiger Zellen entstanden, welche jetzt dicht aneinanderliegen, ohne (in diesem Falle) miteinander wirklich zu verschmelzen. Es handelt sich da also um ein »chordales Schrumpfgewebe«, wie ich dieses Gewebe nennen möchte. In der normalen Chorda hat das centrale Schrumpfgewebe meist das Aussehen eines (Chorda-) Faserzellengewebes, da in ihm faserige Zellen vorkommen (oder vorwiegen) (Textfig. 9 c). Die Zellen, die aus einem exoplasmaartigen Protoplasma bestehen, sind kompakt geworden, es kommen zwischen ihnen jedoch vereinzelt auch solche vor, welche noch kleine Reste der Vacuolen behalten haben. In einigen Fällen behalten die Zellen ihre Zellkerne, in andern lassen sich solche nur schwer nachweisen. Wie ich anderswo (1903) darauf hingewiesen habe, läßt sich dieses centrale Schrumpfgewebe sehr gut mit der Hornschicht eines verhornenden Epithelgewebes vergleichen, doch sind die Prozesse, um welche es sich in diesem Falle handelt, bei weitem nicht so kompliziert, wie bei der wirklichen Verhornung. Es handelt sich vielmehr um eine einfache Verdichtung und eine einfache chemische Umbildung des Protoplasmas. Geformte Secrete kann man da im Innern der Zellen nicht beobachten.

Das blasige Chordagewebe wird außen von den sog. Chordaepithelzellen bedeckt, so daß es scheint, als ob sich da an seiner Oberfläche ein einschichtiges Epithel befinden würde. Ausnahmsweise kann das Chordaepithel auch in vollkommen normalen Fällen und auch an größeren Strecken in der Chorda fehlen. Es kann sich nämlich auch an der Peripherie des blasigen Chordagewebes durch Schrumpfung dessen Elemente ein (peripheres) Schrumpfgewebe bilden, welches dann das außerhalb ihm befindliche Chordaepithel, falls sich dieses selbst nicht in derselben Richtung verändert, verdrängt. Dieses Schrumpfgewebe ist in der Regel nicht faserig, sondern vorwiegend lamellär gebaut (Textfig. 6 b, c) und so kann man schon jetzt zwei Typen des Schrumpfgewebes unterscheiden. Wir werden später noch andre kennen lernen.

Im Unterschied zu den blasigen Zellen enthalten die Chordaepithelzellen, wie bekannt, keine Vacuolen, und ihr nicht weiter differenziertes Protoplasma ist demjenigen der Wand der blasigen Zellen ähnlich. Die Zellen liegen fast alle unmittelbar und mit

breiten Flächen der inneren Seite der fibrösen Chordascheide an und laufen an der entgegengesetzten Seite in spitze Zipfel aus, vermittels welcher sie zwischen die zunächstliegenden blasigen Zellen eingeklebt sind. Sehr häufig kommen auch Chordaepithelzellen vor, die sich nicht mit breiter Fläche, sondern nur mittels besonderer, oft sehr langer Ausläufer an die Scheide festsetzen, während ihre Körper schon in zweiter Reihe der Zellen, zwischen den blasigen Zellen, gelegen sind. Auf diese Weise werden wirkliche Übergänge zu blasigen Zellen vermittelt und unwillkürlich muß man dabei an das Verhalten der Epidermiszellen denken, von denen sich manchmal auch diejenigen, die weit von der unteren Epithelgrenze in zweiter, dritter oder noch weiterer Reihe liegen, immer noch mittels besonderer Fortsätze mit dem Corium verbinden.

An einigen Stellen der Chorda dorsalis fand ich in sonst vollkommen normalen Fällen zwischen gewöhnlichen Chordaepithelzellen und normalen blasigen Zellen auch solche,

Fig. 6.

a Partie des Chordagewebes aus der unmittelbaren Nähe des caudalen Endes der Chorda dorsalis eines normalen Exemplares von *Petromyzon*. Chordaepithelzellen in mehreren Reihen, mit den inneren Zellen durch Übergänge verbunden.

ZEISS, homog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 3.

b Chordaepithel eines normalen Exemplares von *Petromyzon fluviatilis* mit normalen, geschrumpften und verknorpelten Chordaepithelzellen. Links die Chordascheide, rechts das leicht geschrumpfte, blasige Chordagewebe (peripheres Schrumpfgewebe). Gefärbt mit Hämatoxylin nach DELAFIELD.

ZEISS, homog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 4.

c Schrumpfgewebe von der Peripherie der Chorda eines normalen erwachsenen Exemplares von *Petromyzon fluviatilis*. Etwa aus der Mitte des Körpers. Oben die Chordascheide, unten das blasige Chordagewebe.

ZEISS, homog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 3.

deren Körper geschrumpft waren und eine ähnliche Form angenommen haben, wie sie sonst für die faserigen »Schrumpfzellen« des chordalen Schrumpfgewebes charakteristisch ist. Auch die Chordaepithelzellen können daher unabhängig von den blasigen Zellen schrumpfen, und daraus erkennt man am deutlichsten, daß sie sich in andern Fällen an der Bildung des peripheren Schrumpfgewebes mitbeteiligen können.

Noch eine andre, bisher nicht beachtete Erscheinung kann ich da aus der normalen Chorda von *Petromyxon* verzeichnen. Die Chordaepithelzellen können sich unter Umständen in sonst vollkommen normaler Umgebung sogar in Knorpelzellen verwandeln, wobei sie an ihrer Oberfläche eine dünne basophile, an Hämatoxylinpräparaten ziemlich auffallende Knorpelkapsel erhalten (Textfig. 6b). Solche Zellen, die ich immer vereinzelt zwischen typischen Zellen, in weiten Abständen voneinander und nur an einigen Präparaten gefunden habe, erinnern auffallend an die Zellen des »grauen« (»blau sich färbenden«) Knorpels von *Petromyxon*. Ihre Knorpelkapsel und wohl auch die Verdichtung des Endoplasmas, das sich mit Hämatoxylin ebenfalls auffallend färbt, macht die Zellen ziemlich resistenzfähig. Ich sah mehrmals, daß diese Zellen im geschrumpften Chordagewebe ihre Gestalt und Lage behalten, während die sie umgebenden blasigen Zellen und die übrigen Chordaepithelzellen alle zusammengesunken waren¹⁾.

Obzwar sich typische Chordaepithelzellen von typischen blasigen Zellen des Chordagewebes sehr auffallend unterscheiden, sieht man hier und da, wie ich es bereits erwähnt habe, Übergänge zwischen beiden. Da auch die Veränderungen, die sie erfahren können, die soeben besprochenen Schrumpfungen ihrer Körper sich an beiden von ihnen beobachten lassen, scheint es durchaus nicht wahrscheinlich zu sein, daß es sich da um zwei einander genetisch vollkommen fremde Gewebe handeln könnte, wie es neuestens von einer Seite (GEORGI, 1911) behauptet wurde.

Davon, daß das Chordaepithelgewebe zum übrigen Chordagewebe wirklich zugehört, kann man sich am deutlichsten durch Untersuchung des normalen caudalen Endes der Chorda dorsalis bei *Petromyxon* überzeugen. Während sich in den vorderen Körperpartien die Chordaepithelzellen durch ihre geringe Größe und auch

¹⁾ An solchen Präparaten, an denen das bei der Behandlung der Objekte zerrissene Chordagewebe in toto geschrumpft ist.

sonst von den blasigen Zellen sehr auffallend unterscheiden, schwinden in der Nähe des Chordaendes ganz allmählich diese Unterschiede. In der Entfernung von etwa 10 mm vom eigentlichen Ende der Chorda dorsalis werden die blasigen Chordazellen auf einmal kleiner und kleiner, und dasselbe gilt auch von den intracellularen Vacuolen derselben. Auf diese Weise werden die inneren Chordazellen immer mehr und mehr den Chordaepithelzellen ähnlich, und schließlich wird, wie es am deutlichsten die Längsschnitte zeigen, das Innere der Chordascheide von gleich aussehenden Elementen ausgefüllt, die alle am ehesten an die ursprünglichen Chordaepithelzellen erinnern. Die Vacuolen fehlen hier in den Zellen schon vollkommen (Textfig. 6 a).

Wie es besonders der zuletzt angeführte Fall ganz deutlich beweist, läßt sich eine scharfe Grenze zwischen den beiden Typen der Chordazellen überhaupt nicht führen. Man muß daher annehmen, daß, wenn in das Innere der Chorda überhaupt — wie es von GEORGI angegeben wird — von außen gewisse Zellen eindringen, diese eine ganz andre Bedeutung haben müssen. Daß das Chordaepithel durch eine Differenzierung der vom Anfang an im Chordagewebe vorhandenen Zellen, also an Ort und Stelle, gebildet wird, hat überzeugend genug BOEKE (1903, neben andern Autoren) nachgewiesen.

Das Chordaepithel wird im allgemeinen für denjenigen Teil des Chordagewebes gehalten, von dem die Regenerationserscheinungen und überhaupt die meisten im Innern des Chordagewebes vorsichgehenden progressiven Prozesse ausgehen. Man leitet von ihm den sog. »Chordaknorpel«, der, wie ich davon mit KRAUSS überzeugt bin, auch vom blasigen Chordagewebe gebildet werden kann, und man hat in gewissen Fällen sehr überzeugend nachgewiesen, daß die Regeneration des Chordagewebes an dem abgeschnittenen Schwanzende von Chordaepithel und nicht vom blasigen Chordagewebe ausgeht. Bekannt sind in dieser Beziehung die Untersuchungen von VICTOR SCHMIDT (1893), nach denen das Chordaende der Amphibien nicht durch typisches blasiges Chordagewebe, sondern durch eine Art Chordaknorpel regeneriert wird, dessen Bildung gerade vom Chordaepithel des Chordastumpfes ausgeht.

Für das nähere Verständnis der gegenseitigen Beziehungen der beiden gerade genannten Arten des Chordagewebes, des Chordaepithels und des sog. »blasigen« Chordagewebes scheint mir der vorliegende Fall nicht unwichtig zu sein, und ebenfalls scheint er

mir sehr lehrreich zu sein mit Rücksicht auf die Kenntnis der Beziehungen des sog. epidermoiden Chordagewebes und des chordalen Schrumpfgewebes zueinander und zu den früher genannten Gewebsarten. Die Reihe der verschiedenen Modifikationen des Chordagewebes, deren Kenntnis wir den Arbeiten von V. v. EBNER (1896) verdanken, ist da äußerst vollständig entwickelt.

Ich habe bereits oben gesagt, daß in unserm Falle die Regeneration des Chordagewebes schon vor einiger Zeit begonnen hat, bemerkte aber dabei, daß sie bisher zu keinen besonderen Resultaten geführt hat. Nur eine ganz geringe Verlängerung des Stumpfes um einige wenige Millimeter wurde dadurch erzielt, und es war in dem Momente, in dem das Objekt fixiert wurde, die Regeneration also noch im vollen Gange.

Die Bilder, die man an den Präparaten zu sehen bekommt, sind so kompliziert und so eigentümlich, daß es nicht so leicht ist, sich in ihnen einigermaßen auszukennen; erst nach längerem Studium der Präparate ist mir dies — wie mir scheint — bis auf einige Kleinigkeiten gelungen. Es ist notwendig, bevor zu den Einzelheiten übergegangen werden kann, zuerst die allgemeinen Verhältnisse zu schildern.

Schon verhältnismäßig weit vor der Gegend der ehemaligen Wunde hat das Chordagewebe ein verändertes Aussehen (Taf. XI Fig. 2). Es enthält zwischen den blasigen Zellen auch solche, welche keine oder ganz geringe Vacuolen enthalten und das Gewebe des Chordastranges ist in seiner Mitte außerordentlich stark entwickelt. Der Chordastrang ist hier sehr dick, und nicht genug daran, es finden sich auch anderswo in der Chorda kleinere Partien des Schrumpfgewebes, welches da auch die ganze Peripherie der Chorda als eine ziemlich breite Zone einnimmt. Auch sonst findet man in der Chorda an allen Stellen vereinzelt Zellen, welche geschrumpft sind. Alles dies spricht entschieden dafür, daß im Chordagewebe große Veränderungen geschehen sind, welche wohl nur das Trauma zur Ursache haben konnten. Jedenfalls hat dieses eine von der soeben charakterisierten Stelle ziemlich weit entfernte Gewebspartie betroffen, und so muß man annehmen, daß ein von der Wundstelle ausgehender Reiz auch auf die vorderen Partien des Gewebes eingewirkt hat, wohin er sich nur von einer Zelle zur andern durch Vermittelung der Zellbrücken übertragen konnte¹⁾. Wie groß die so veränderte Partie des Chordagewebes ist, kann ich nicht beur-

¹⁾ Auf die Parasiten kann man da nicht hinweisen.

teilen, da ich den weiter nach vorn sich befindenden Teil der Chorda nicht untersucht habe. Die blasigen Chordazellen, die bei *Petromyzon* de norma nur in der Mitte des Gewebes und nur in geringer Menge schrumpfen und aus ihren Körpern einen dünnen Chordastrang bauen, sind hier massenhaft geschrumpft, sie wurden jedoch gleich durch Wucherung des übrigen frischen Gewebes, vor allem wohl der Chordaepithelzellen, ersetzt. Da die Chordaepithelzellen jedoch, wie wir schon sagten, ebenfalls sehr bald schrumpfen, können es nur die blasigen Zellen sein, die sich von jetzt an durch Zellteilungen am Wachstum des Gewebes beteiligen. In der Tat findet man jetzt in dem Gewebe Zellen, die beiden Typen angehören; zwischen typischen blasigen Zellen sind da kleinere epithelähnliche Zellen vorhanden und man kann alle möglichen Übergänge zwischen diesen beiden Formen beobachten.

Wenn man die Schnitte der Serie weiter caudalwärts verfolgt und schließlich bis in die Gegend der ehemaligen Wundfläche kommt, sieht man, daß da die Zellen des zweiten Typus vorwiegen (Taf. XI Fig. 3). Sie differenzieren sich hier als wirkliche epidermoide Chordazellen und lassen sich ganz gut mit eben solchen Zellen der Teleostierchorda vergleichen; nur sind die Interzellularlücken zwischen ihnen minimal eng und lassen sich vielfach nicht nachweisen. Von jetzt an findet man in den Schnitten nur solche und die regressiv veränderten Zellen, und aus ihnen besteht auch fast ausschließlich die stark angeschwollene etwa kuppenförmige Endpartie der Chorda, ihr Regenerat (Taf. XI Fig. 7). Was den Chordastrang betrifft, so wird dieser, wenn man ihn caudalwärts verfolgt, immer breiter und breiter (Taf. XI Fig. 4—6). In dem kuppenförmigen Chordaende ist er am Querschnitte keilförmig; er beschränkt sich da nicht, wie bisher, an das Centrum des Gewebes, sondern er kommuniziert da breit mit einer umfangreichen Partie des Schrumpfgewebes, welches den Raum zwischen dem kuppenförmigen Chordaregenerate und der später zu besprechenden Chordaknospe einerseits und der regenerierten Epidermis anderseits ausfüllt (Taf. XI Fig. 5, 6). Dieses Chordagewebe, welches hier seitlich überall an das unreife fibrilläre Bindegewebe des Regenerates angrenzt, stellt nichts andres vor, als jene Partie des Chordagewebes, welche sich ehemals unmittelbar an der Wundfläche befand. Wir werden es hier, da es sich jetzt außerhalb der Chorda befindet, als »extrachordal« bezeichnen. Man muß sich vorstellen, daß das Chordagewebe aus der durch den Biß geöffneten Chordascheide gewissermaßen herausgequollen ist

und daß es später, nachdem die Regeneration des Chordagewebes, an der sich weiter nach vorn liegende Zellen beteiligten, begonnen hat, noch weiter caudalwärts verschoben wurde. Etwas Ähnliches erwähnen bereits NUSBAUM-SIDORIAK von ihren Objekten (1900). Sie sagen, daß sich in gewissen Fällen das Ende des Chordagewebes von der übrigen Chorda trennt und degeneriert. In andern Fällen sahen sie, daß die Regeneration ohne eine solche Trennung von dem ursprünglichen Chordaende (von der Schnittfläche) ausgeht. In unserm Falle hat sich die abgetrennte, wie wir sehen werden, bisher nicht abgestorbene Partie des Chordagewebes in ein ganz eigentümliches Schrumpfgewebe umgewandelt, welches den Schwanzflossenstumpf hinten unter der Epidermis verschließt und welches jetzt nur noch vermittels des Chordastranges mit dem vorderen regenerierenden Chordagewebe zusammenhängt (Taf. XI Fig. 5—8). Ganz nahe an seiner Oberfläche, in der Nähe der Epidermis, finde ich in diesem Gewebe Sandkörnchen, Detritus und sogar eine Diatomee (*Cymbella*) eingeschlossen, sie sind hierher, ehe es von der Epidermis bedeckt wurde, gekommen.

Noch eine weitere Eigentümlichkeit beobachten wir an den Präparaten. Ungefähr in dem Niveau der ehemaligen Wundfläche ist da eine seitliche, mit dem Chordagewebe vermittels dessen peripheren Schrumpfzone zusammenhängende Knospe vorhanden, welche, was ihre Größe betrifft, etwa um die Hälfte kleiner ist als das kuppenförmige Ende der Chorda (Taf. XI Fig. 5, 6). Ich bin der Ansicht, daß es sich da um die Anlage einer Seitenabzweigung der Chorda handelt, welche, wenn sie die Gelegenheit hätte weiter zu wachsen, später zur Spaltung der Schwanzflosse führen würde.

Wie wir im vorangehenden gesehen haben, lassen sich da ganz allmähliche Übergänge von dem blasigen Chordagewebe, welches die normale Chorda vorn baut, bis zu dem epidermoiden Gewebe des eigentlichen Chordaregenerates (Taf. XI Fig. 7, 8) beobachten. Schon daraus könnte man schließen, daß bei dem Regenerationsprozeß neben dem Chordaepithel auch das gewöhnliche blasige Gewebe mitbeteiligt sein muß, besonders wenn man bedenkt, daß bei der Bildung der peripheren Schrumpfzone die Chordaepithelzellen von einem gewissen Zeitpunkte an so gut wie eliminiert werden. Trotzdem muß man sich mit dieser wichtigen Frage noch näher beschäftigen, damit alle möglichen Einwände entkräftet werden.

Nach dem Verhalten der Chordascheiden läßt sich ganz bestimmt die Stelle erkennen, an der ehemals die Schwanzflosse durchbissen

wurde (Taf. XI Fig. 5, 6). Die Breite des eigentlichen Chordagewebes beträgt hier 0,6–0,7 mm, was, wenn man dabei auch an die geringe Verkleinerung des Chordaquerschnittes Rücksicht nimmt, etwa der Entfernung von 10, höchstens 12 mm vom ehemaligen Schwanzende entspricht. In dieser Entfernung ist das Chordagewebe immer blasig (Taf. XI Fig. 1), während hier vielfach auch epidermoide Zellen vorhanden sind. Die Veränderungen der Zellen beginnen, wie wir sagten, schon sehr weit vorn; es enthielt schon die vor- derste von mir untersuchte Stelle sowohl blasige als auch epidermoide (richtiger gesagt, den epidermoiden ähnliche) Zellen, dazwischen aber überall auch schon geschrumpfte Zellen (Taf. XI Fig. 2). Es sind da drei Erklärungen möglich. Entweder hat sich das Gewebe, so wie wir es jetzt sehen, aus dem blasigen Chordagewebe entwickelt, oder es hat sich aus dem Chordaepithelgewebe entwickelt, während das rein blasige Gewebe, das seine Stelle früher eingenommen hat, zu dem Chordastrang zusammengeschrumpft ist, oder schließlich ist es so zustande gekommen, daß einzelne Chordaepithelzellen in das blasige Gewebe eingewandert sind, und es würde sich da somit um ein Mischgewebe handeln.

Die zweite Möglichkeit muß man von vornherein ausscheiden, man müßte nämlich in jenem Falle irgendwo eine scharfe oder überhaupt eine Grenze zwischen der wuchernden Schicht der Chordaepithelzellen und dem blasigen Gewebe beobachten, die doch nirgends vorhanden ist. Die Wahrheit wird so etwa in der Mitte zwischen der ersten und der dritten liegen; zum Teil verändern und vermehren sich die blasigen Zellen, zum Teil dringen die ebenfalls etwas sich verändernden Chordaepithelzellen zwischen erstere hinein und auf diese Weise entsteht das Gewebe, welches wir oben beschrieben haben. Das Eindringen der Chordaepithelzellen in das übrige Gewebe konnte (falls überhaupt) nur anfangs vor sich gehen, da die ganze Peripherie der Chorda später das bekannte Schrumpfgewebe einnimmt. Daß das ursprüngliche blasige Chordagewebe infolge der regeren Entwicklungsprozesse in der Mitte der Chorda wirklich sehr auffallend schrumpft, davon gibt der bedeutend dicke Chordastrang ein Zeugnis; der auf diese Weise entstehende Verlust konnte natürlich nur durch die Vermehrung der übrigen Zellen ersetzt werden. Es ist ganz möglich, daß sich am ersten Anfang des Prozesses, besonders an dem eigentlichen Regenerationsprozesse, gerade die Chordaepithelzellen vorwiegend beteiligen. Alles ihnen zuzuschreiben, wäre ich nicht geneigt. Die bisherigen Untersucher der

Regenerationerscheinungen am Chordaende, BARFURTH (1891), NUSBAUM-SIDORIAK (1900), KRAUSS (1903) u. a. geben an, daß das Chordagewebe entweder als solches ausschließlich von den Chordaeithelzellen regeneriert wird, oder daß von solchen der knorpelige sog. »Chordastab« an der Stelle des wirklichen Chordagewebes regeneriert wird (vgl. V. SCHMIDT, 1893).

Während sich zwischen den blasigen und den epidermoiden Zellen keine Grenze führen läßt, besteht eine ziemlich scharfe Grenze zwischen den anscheinend frischen Partien des Gewebes und dem Schrumpfgewebe, jenem der Chordaperipherie, dem des Chordastranges und besonders jenem der extrachordalen Masse, die an das Regenerat caudal folgt. Hier und da sieht man jedenfalls Übergänge von dem kompakten Schrumpfgewebe zu vereinzelter geschrumpften Zellen und von diesen zu den frischen Zellen (Textfig. 8 c), daraus, sowie auch aus andern Umständen erkennt man deutlich, daß alle diese sonst so verschiedenen Gewebe zueinander gehören. Besonders das extrachordale Schrumpfgewebe ist gegen das Regenerationsgewebe (an welches es an einer großen Fläche grenzt), wie wir schon sagten, überall sehr scharf abgegrenzt und hängt überhaupt nur mit seinem Chordastrang zusammen (Taf. XI Fig. 4—6, 8).

Bevor ich auf die cytologischen Verhältnisse des Regenerates zu sprechen komme, muß ich noch die Knospenbildungen der Chorda, die mir sehr wichtig zu sein scheinen, berücksichtigen.

Wie ich bereits oben gesagt habe, liegt unmittelbar neben der Hauptmasse des Regenerates der Chorda, die sich in deren Verlängerung befindet, ventral, etwas seitlich, eine abgerundete, hauptsächlich aus epidermoiden Zellen bestehende Knospe (Taf. XI Fig. 5, 6). Sie erinnert entfernt an die Epithelperlen, wie man solche vielfach findet, doch hat sie nicht die für solche charakteristische Anordnung der Zellen. Diese »Chordaknospe« schiebt sich teilweise zwischen die weit abstehende Faserscheide der Chorda und das eigentliche Chordagewebe hinein und liegt somit im Niveau der ehemaligen Wundfläche. Ihr Gewebe geht nicht in das epidermoide Gewebe des Chordaregenerates über, sondern zwischen jenem und diesem befindet sich die breite periphere Schrumpfzone der Chorda, an welche beide Gewebe mit ziemlich scharfen Grenzen berühren. Eine besondere Hülle besitzt diese Knospe nur lateral, da, wo sie an das unreife Bindegewebe des Schwanzflossenregenerates grenzt; es ist das eine etwas festere Bindegewebsschicht, die wir für eine Art von regenerierter Chordascheide halten können. Seitlich kann man

in oder schon außerhalb dieser Scheide einige größere Zellen beobachten, welche da kleine Gruppen bilden und wahrscheinlich die Bedeutung von abgetrennten, im Bindegewebe versprengten Chordazellen haben (vgl. Textfig. 4). Es sind das jene Zellen, die wir (bereits oben) einmal beim Besprechen der Regeneration der Chordascheide erwähnt haben (S. 206). Viele von den Zellen enthalten mehrere oder sogar sehr viele Zellkerne und unterscheiden sich somit nicht von jenen Zellen des eigentlichen Chordagewebes, die wir unten beschreiben werden. Was das Gewebe der Chordaknospe betrifft, so weist es vielfach pathologische Erscheinungen auf, die man auf die Einwirkung der Parasiten — die man da auch nachweisen kann — zurückführen muß. Es kommen da eigentümliche Riesenzellen, die wir unten näher besprechen werden, und außer ihnen reichliche Schrumpfzellen vor.

Ich finde an andern Stellen der Präparate Zustände, welche mir erlauben, wenigstens einige der Momente zu erkennen, welche zu der Bildung von solchen Knospen an der Oberfläche der Chorda geführt haben.

Vorn, und zwar ziemlich weit von der ehemaligen Wunde, aber in einer Gegend, die sich noch in deren Einflußsphäre befindet und durch den dicken Chordastrang und die periphere Schrumpfungszone ausgezeichnet ist, fand ich außerhalb dieser letzteren zwischen ihr und der Chordafaserscheide eine kleinere Chordaknospe, die aus wenigen, etwas vergrößerten, in einer einzigen Schicht liegenden Zellen bestand (Taf. XI Fig. 2). Sie bestand ganz deutlich aus Chordaepithelzellen, welche durch das periphere Schrumpfgewebe vom übrigen Gewebe der Chorda abgetrennt, selbständig zu wuchern angefangen haben. Man erkennt daraus, daß sich der allererste Anfang der Knospenbildung nicht unmittelbar an der Wundfläche befinden muß, daß er dagegen in irgendeinem Zusammenhange mit dem von der Wunde ausgehenden Reize und jedenfalls mit der Bildung der peripheren Schrumpfschicht stehen muß, sonst würden ja die wuchernden Chordaepithelzellen nur eine Vermehrung der Chordazellen und höchstens Vergrößerung des Chordastranges verursachen.

Daß sich die Knospe wirklich aus Chordaepithelzellen bildet, kann man noch deutlicher an einer andern Stelle beobachten, die sich wieder weiter nach vorn an denselben Präparaten befand. Ich fand da ebenfalls außerhalb der peripheren Schrumpfungsschicht eine größere Reihe von typischen, jedoch stark vergrößerten Chorda-

epithelzellen, während das übrige Chordaepithel in dieser Partie schon vollkommen von dem Schrumpfgewebe verdrängt war. Man sieht daraus, daß sich Gruppen von Chordaepithelzellen durch Wucherung vergrößern und kleine, noch intrachordal gelegene Knospen bilden können, welche sich dann, wenn sie in freiere Lage kommen, weiter entwickeln und wohl auch die Veranlassung zur Spaltung der Chorda und der Schwanzflosse überhaupt geben können.

Es bleibt noch die Frage zu beantworten, ob sich solche Knospen auch ohne jede Verwundung bzw. ohne den von der Wunde ausgehenden Reiz¹⁾ bilden können. Diese Frage kann ich natürlich nicht beantworten, doch muß ich bekennen, daß ich in normalen Exemplaren von *Petromyzon* an den zahlreichen von mir in dieser Richtung untersuchten Präparaten niemals etwas Ähnliches beobachten konnte.

Ich habe oben die Ansicht ausgesprochen, daß solche Knospen, wenn sie in die Lage kämen, sich weiter zu entwickeln, sicher eine Spaltung der Chorda und somit der Schwanzflosse herbeiführen könnten. Schon in unserm Falle war die seitliche Knospe nicht gerade viel kleiner, als das in der Verlängerung der Chorda sich befindende Regenerat derselben und es war ihr Vorhandensein schon von außen her deutlich bemerkbar. Daß es bei *Petromyzon* wirklich zur Spaltung der Schwanzflosse nach deren Verwundung kommen kann, wissen wir aus einer Mitteilung von BARFURTH (1899) und ich selbst hatte unlängst die Gelegenheit, ein Exemplar von *Petromyzon* zu sehen, an dem zwei kurze Schwanzspitzen entwickelt waren²⁾.

Während es in den zuletzt erwähnten Fällen vorausgesetzt werden konnte, daß sich auf der Grundlage der Chordaknospe selbständige Schwanzspitzen bilden können, kommt es in andern Fällen vielleicht auf dieselbe Weise nur zur Spaltung der Chorda allein. Auch solche Fälle scheinen nicht allzu selten zu sein. Ich habe z. B. an einem von mir untersuchten Exemplare von *Ceratodus Forsteri* in der äußerlich ungeteilten Schwanzflosse an Querschnitten zwei selbständige, übereinander liegende Chordaquerschnitte beobachtet, von denen nur einer sich unterhalb des Rückenmarkes befand.

¹⁾ Bzw. die durch denselben bedingte Bildung des peripheren Schrumpfgewebes. — Daran, daß die Entstehung der Knospen durch die Parasiten verursacht werden könnte, habe ich keine Veranlassung zu denken!

²⁾ Herr KARL ULLMANN, Bankbeamter in Brünn, hat es gefunden und mir freundlichst demonstriert.

Ich komme schließlich auf das Aussehen der Zellen in dem veränderten Chordagewebe und zwar in dem eigentlichen Chordaregenerate und in der Chordaknospe zu sprechen.

Bereits oben sagte ich, daß der Unterschied zwischen den blasigen und den Chordaepithelzellen in der terminalen Partie der Chorda schließlich schwindet und daß diese eine kleine Strecke vor ihrer Endigung aus gleichaussehenden Zellen gebaut wird. Abgesehen davon, kann man schon früher und zwar noch vor der Mitte der ganzen Länge der Schwanzflosse beobachten, daß hier die blasigen Zellen viel dickere »Wände« besitzen, als solche für derartige Zellen der vorderen Partien des Chordagewebes charakteristisch sind (Taf. XI Fig. 1; vgl. auch meine Abh. über die Chorda aus dem Jahre 1897, Taf. I). Auch die Interzellularlücken pflegen in dem erwähnten Teile der Chorda etwas breiter und deshalb deutlicher zu sein als vorn.

In unserm Falle haben schon sehr weit vorn die blasigen Zellen noch dickere »Wände«, als ihnen in einem normalen Falle zugehören sollten, die Vacuolen verkleinern sich im Vergleich zu der Zellengröße auffallend, und sehr bald erscheinen, wenn man die Schnitte der Serie caudalwärts verfolgt, auch Zellen, welche der Vacuolen fast oder vollkommen entbehren. Dasselbe, was man in einem normalen Falle erst am eigentlichen Ende der Chorda beobachten kann, läßt sich in unserm sehr weit vorn beobachten, wo das betreffende Verhalten des Chordagewebes durch die oben hervorgehobenen Umstände bedingt ist (vgl. S. 217). Jedenfalls sind da, wie es bereits früher angedeutet wurde, die Verhältnisse nicht so einfach, wie man es nach diesem Vergleiche allein schließen könnte. Neben den gewöhnlichen Zellen mit verdickten Zellwänden bzw. mit verkleinerten Vacuolen kommen da auch solche vor, in denen zwei oder mehrere Vacuolen vorhanden sind, und dann, und dies ist besonders wichtig, findet man da Zellen, deren Körper nicht aus einer einzigen Plasmaart besteht wie derjenige der bisher besprochenen, sondern aus einem Exoplasma und einem Endoplasma, wovon das erstere etwa so ein Aussehen hat, wie die bisherige einzige Plasmaart der Chordazellen (Textfig. 7a, c—e). Es handelt sich da um epidermoide Zellen, die man mit denen der Teleostierchorda z. B. vergleichen kann, also um eine Zellenart, die bei *Petromyzon* in der normalen Chorda sonst nicht vorzukommen pflegt. Der Zellkern liegt jetzt selbstverständlich immer im Endoplasma. Was die Vacuolen betrifft, so kann ihr Verhalten recht verschieden

sein. Sie befinden sich jedenfalls de norma im Endoplasma, man kann sie jedoch in seltenen Fällen an der Grenze zwischen Exo-

Fig. 7.

Verschiedene Zellformen aus dem veränderten Chordagewebe der Seitenknospe der Chorda dorsalis (vgl. Taf. XI Fig. 5, 6). *a-f* verschiedene Formen der epidermoiden Zellen mit und ohne Vacuolen, mit einem oder mehreren Zellkernen; *g* eine Partie mit kleinen, aus dem Chordaepithel stammenden Chordazellen; unten eine große, vielkernige Zelle; *h* zwei Riesenzellen, davon eine mit vielen Zellkernen ohne Vacuole, und eine andre mit zwei (sichtbaren) Zellkernen und einer umfangreichen, durch Verschmelzung vieler kleinerer entstandenen Vacuole. Daneben kleine Chordazellen und einige Schrumpfzellen. ZEISS, homog. Imm. $\frac{1}{12}$, Oc. 4.

und Endoplasma oder sogar auch im Exoplasma beobachten. Auch in diesen Zellen kommen vielfach zwei Vacuolen vor (Textfig. 7c). Das Exoplasma der epidermoiden Zellen sieht an Hämatoxylinprä-

paraten wie homogen aus; stark mit Säurefuchsin gefärbte Präparate zeigen in ihm eine eigentümliche fibrilläre Struktur, welche sich von derjenigen anderer epidermoiden Zellen wesentlich unterscheidet. Die Fibrillen sind da nicht, wie man es sonst an den »Protoplasmafasern« der Chorda- und Epidermiszellen zu sehen gewohnt ist, alle in einer oder nur wenigen Richtungen orientiert, sondern sie verlaufen radiär, vom Centrum der Zelle zu deren Peripherie. Es ist überhaupt ungewiß, ob man sie mit den »Protoplasmafasern« anderer Zellen identifizieren darf und vielleicht handelt es sich da nur um eine eigentümliche Anordnung des im Exoplasma enthaltenen Morphoplasma, welches sonst auf irgendwelche Weise maskiert ist, also nur um eine Vorstufe der Tonofibrillenbildung. Das Endoplasma ist fein granulär und die Präparate zeigen in ihm keine Faserstrukturen. An der Grenze der Zellen sieht man ganz feine dunkle Linien, welche sich an günstigeren Stellen bei der Anwendung starker Vergrößerungen als Interzellularstrukturen lösen lassen. Es handelt sich um Schichten minimal kleiner Interzellularvacuolen, zwischen denen plasmatische Lamellensysteme vorhanden sind, die sich etwas auffallender färben.

In den vorderen Partien des Chordagewebes sind die intracellularen Vacuolen der Chordazellen leer, dagegen findet man in der Nähe der ehemaligen Wundfläche und hauptsächlich im Regenerat und in der später zu besprechenden Chordaknospe im Innern der Vacuolen vielleicht in einem jedem Falle verschiedene Entwicklungsstadien des Parasiten. In den seltensten Fällen sind es plasmatische Zellkörper mit einem kompakten Zellkern, in andern handelt es sich um kompakte kernförmige Gebilde. Am häufigsten kommen jedoch eigentümliche fadenförmige, an Chromosomen erinnernde und ähnlich sich färbende Fädchen und ganze Ballen von solchen vor (Textfig. 8f). Auch ganz kleine Körnchen — wohl Sporen — findet man zwischen den Zellen.

Außer den normal aussehenden Zellen, an denen nicht einmal die Gegenwart der Parasiten irgendwelche Veränderungen verursacht hat, kommen da, und zwar nur in den distaleren Partien des Chordaregenerates und vor allem in der Chordaknospe pathologisch veränderte Chordazellen vor. Es handelt sich da wieder um Riesenzellen ähnlicher Art, wie es diejenigen waren, welche wir beim Besprechen der Epidermis erwähnt haben. Jedenfalls sind es wieder die Parasiten, welche die Bildung dieser Zellen verursacht haben, doch man findet merkwürdigerweise gerade in ihrem Innern, jetzt

wenigstens, keine Spuren von solchen. Es sind das ursprünglich blasige, zum Teil auch epidermoide Zellen, in denen sich die Vacuole, es kann sich aber auch um zwei oder noch mehr Vacuolen handeln, bedeutend vergrößert hat, so daß die Zelle jetzt oft mehr als zehnmal so groß ist, als die Zellen ihrer Umgebung. Da, wo in der Zelle mehrere Vacuolen vorhanden sind, verschmelzen dieselben meist miteinander, so daß im Innern der Zelle umfangreiche unregelmäßige Lücken entstehen (vgl. Textfig. 7h). Es kommen auch Zellen vor, in denen sich massenhaft kleine Vacuolchen ausgebildet haben, so daß, jedenfalls nur in den allerseltensten Fällen, sogar eine Art Schaumstruktur in der Zellsubstanz hervorgerufen wird. Abgesehen von den endocellularen Vacuolen können, wenn auch nur sehr selten, sich die intercellularen Vacuolen stark vergrößern, so daß man sie dann auf einmal schon bei schwacher Vergrößerung ganz deutlich sieht. An einer Stelle hat sich (in der Chordaknospe) auf diese Weise sogar eine Art Schaumstruktur ausgebildet. Das Agens, welches diese Erscheinungen hervorruft, ist wahrscheinlich dasselbe, wie dasjenige, das im ersteren Falle tätig war.

Zu diesen durch Vergrößerung der Vacuolen bedingten Veränderungen treten noch andre hinzu. Die Zellkerne vermehren sich in den Chordazellen der infizierten Stellen und wir haben da mehrkernige Riesenzellen vor uns. Es kann sich da um Zellen handeln, welche kleine oder auch gar keine Vacuolen enthalten, man beobachtet aber diese Kernvermehrung besonders häufig gleichzeitig mit der Vergrößerung der Vacuolen, die wir oben besprochen haben (Textfig. 7d, g, h). Ganz sicher haben sich die Zellkerne durch Fragmentierung vermehrt.

Abgesehen von den epidermoiden Zellen und den meistens aus ihnen hervorgehenden Riesenzellen kommen im Regenerationsgewebe, aber auch schon in vorderen Partien der Chorda dorsalis, ganz kleine Zellen vor, deren Körper aus einer einzigen Plasmaart bestehen und die, wenn überhaupt, so nur ganz kleine Vacuolen enthalten (Textfig. 7g). Aus diesen Zellen sind stellenweise größere Partien des Gewebes im Regenerat und in der Chordaknospe zusammengesetzt. Parasiten kommen in diesen Zellen niemals vor. — Es kann sich da nur um Zellen handeln, welche durch Vermehrung der kleinen Chordaepithelzellen entstanden sind und welche sich zwischen die blasigen Zellen einmischen, oder die neben den epidermoiden Zellen erhalten bleiben. Besonders oft findet man sie in

der Nähe der Chordaperipherie, in der Nähe der peripheren Schrumpfzone, und auch dies spricht ganz entschieden zugunsten der oben vertretenen Auffassung. Jedenfalls kommen, und dies ist sehr wichtig, vielfach Übergangsformen zwischen ihnen und den andern Zellen vor und es läßt sich natürlich nicht von einer jeden einzelnen Zelle entscheiden, wo sie ihren Ursprung genommen hat: ob sie vielleicht durch den Zerfall einer blasigen Zelle zustande gekommen ist oder ob sie von einer Chordaepithelzelle abzuleiten wäre. Am meisten sind diese kleinen Zellen denjenigen ähnlich, die man am normalen Chordaende beobachtet (Fig. 6 a).

Alle die Zellen, die wir bisher besprochen haben, hatten frische blasenförmige, zum Teil ziemlich große Zellkerne, die sich gut färben ließen, und auch das Verhalten ihrer Zellkörper war derart, daß man annehmen mußte, daß es sich da um frische, derzeit noch nicht zugrundegehende Zellen handelt. Neben ihnen kommen jetzt verschiedene Arten von »Schrumpfzellen« und schließlich auch Reste von ehemaligen Zellen im Gewebe der Chorda dorsalis vor, besonders reichlich im Chordaregenerat und in der Chordaknospe. Es sind das Zellen eines der früher besprochenen normalen Typen, die geschrumpft sind. Ihre Körper sind stark verkleinert, bestehen aus dichtem, sich dunkel färbendem Protoplasma und ihr Zellkern ist klein, dicht gebaut, kompakt (Textfig. 9 c), oder er läßt sich nur als eine dunklere Stelle im Innern der Zellen nachweisen.

Bereits früher wurde hier mehrmals der Prozeß erwähnt, durch den aus dem ursprünglichen blasigen Chordagewebe im Centrum der Chorda oft auch an deren Peripherie ein »Schrumpfgewebe« entsteht, und ich habe auch schon darauf hingewiesen, daß es verschiedene Arten des Schrumpfgewebes geben kann. Es kann sich um ein faseriges (Chorda-) »Faserzellengewebe« handeln, welches in der Regel den Chordastrang der Cyclostomen, Ganoiden und vieler Selachier und Teleostier zusammensetzt, es kann aber auch ein lamelläres chordales Schrumpfgewebe zustande kommen, welches man wieder in der Regel an der Peripherie der Chorda findet. Ebenfalls wurde auch hier schon darauf hingewiesen, daß auch einzelne Zellen inmitten des sonst unveränderten Chordagewebes durch Schrumpfung sich verändern können.

Meistens handelt es sich da um ehemals blasige Zellen, welche so stark schrumpfen können, daß sich ihre Körper jetzt nur als stark lichtbrechende und stark sich mit den verschiedensten Farbstoffen färbende Stränge bzw. Lamellen präsentieren (Textfig. 8 a).

Solche Gebilde sind besonders an mit Eisenhämatoxylin gefärbten Präparaten sehr auffallend, an denen sie das Aussehen tief schwarzer, vielfach gewundener Fasern haben.

Solche und auch andre Zellen dieser Art kommen besonders reichlich im Chordaregenerat vor. Man findet da viele vereinzelte Schrumpfungszellen, und gegen das Centrum des Gewebes zu kommen Zellen dieser Art vor, die mit einem ihrer Enden bereits im Bereiche des Chordastranges sich befinden und so einen Übergang zu dem Gewebe desselben vermitteln (Textfig. 8c). Sehr oft handelt es sich da um lange schlangenförmig sich windende Gebilde, welche sich im Chordagewebe auf weite Strecken verfolgen lassen und wohl ganzen Reihen von miteinander verschmolzenen Zellen entsprechen. Solche verlaufen im Chordagewebe fast immer radiär, vom Centrum zu der Peripherie (Taf. XI Fig. 3). In solchen Schrumpfungszellen kann man den Zellkern nur als eine etwas dunklere Stelle des ebenfalls sehr dichten Zellplasmas beobachten, und die Vacuole ist da schon vollkommen verschwunden. Abgesehen von solchen strang- bzw. lamellenartigen Zellen kommen sowohl im eigentlichen Chordaregenerate wie auch in der Chordaknospe Zellen vor, die beim Schrumpfen eine sternförmige Gestalt angenommen haben und die allem Anscheine nach ehemalige epidermoide Zellen sind. Auch diesen fehlt der Zellkern und die Vacuole (Textfig. 8d).

Neben den vorangehenden kann man noch eine besondere Art von Schrumpfungszellen beobachten, welche wohl in die Reihe der pathologisch veränderten Zellen einzureihen sind. Es sind das Zellen, deren Körper zwar stark geschrumpft sind, jedoch immer noch ihre blasenförmige Gestalt behalten haben. Sie sind viel kleiner als die epidermoiden Zellen ihrer Umgebung. Ihre ursprünglich glatte Wand ist jetzt uneben und außen wie stachelig geworden, vielleicht deshalb, weil sie beim Schrumpfen durch die Zellbrücken festgehalten wurde. Im Innern dieser Zellen findet man immer eine größere Anzahl von ganz kleinen kompakten Zellkernen, welche den Entwicklungsstadien des Parasiten angehören (Textfig. 8b).

Der breite und, wie wir sagten, etwa keilförmige Chordastrang des Regenerates (Taf. XI Fig. 5, 6) besteht aus faserförmigen (Textfigur 9c), zum Teil, besonders am Rande des Gebildes, lamellenartigen Schrumpfungszellen, die vielfach gut erhaltene Zellkerne besitzen und augenscheinlich nicht zugrunde gegangen sind. Da, wo er breit in die Masse des Schrumpfungsgewebes übergeht, die sich am Ende des Regenerationsstumpfes befindet, liegen zwischen seinen Elementen

größere, nur wenig geschrumpfte Zellen, teils vereinzelt, teils in kleineren Gruppen vereinigt (Taf. XI Fig. 8). Ebensolche Zellen findet man auch in dem extrachordalen (terminalen) Schrumpfgewebe, wo sie immer nur vereinzelt vorkommen. Es sind das ganz bestimmt ehemalige epidermoide Zellen, welche in das aus blasigen Chordazellen entstandene Schrumpfgewebe bei dessen Bildung eingeschlossen

Fig. 8.

Geschrumpfte Chordazellen aus dem Chordaregenerate. Etwa aus der Mitte des Gewebes. *a, c* zu Lamellen geschrumpfte Chordazellen (Schrumpfzellen), *b* blasige geschrumpfte Chordazelle mit Parasiten, *d* eine sternförmige geschrumpfte Chordazelle. Vergrößerung wie bei der vorangehenden Abbildung.

wurden und hier degenerierten. Man findet auch in den äußeren Partien jenes Schrumpfgewebes ähnliche Zellen, doch diese sind schon andrer Natur. Hier handelt es sich, wie ich anderswo darauf schon aufmerksam machte, eher um versprengte Epidermiszellen, welche bei dem Trauma in das Chordagewebe eingedrückt wurden und sich hier erhalten haben. Da die epidermoiden Zellen den Epidermiszellen auffallend ähnlich sind und sich von ihnen im

geschrumpften Zustände kaum unterscheiden lassen, kann man natürlich in jedem einzelnen Falle nicht mit der nötigen Bestimmtheit sagen, um welche Art von Zellen es sich handelt.

Am eigentümlichsten im ganzen Regenerat ist gerade das zuletzt erwähnte extrachordale Schrumpfgewebe, welches sich, wie wir eingangs sagten, als eine breite Masse zwischen die Epidermis und das Chordaregenerat einlegt, und welches, wie wir gleichfalls schon sagten, von dem die Wunde begrenzenden alten blasigen Chordagewebe abzuleiten ist (Taf. XI Fig. 5—8). Auch in ihm befinden sich die Spuren der Parasiten, meist Sporen, die an einer Stelle auch massenhaft abgelagert sind. Größere Entwicklungsstadien konnten da nur einmal gefunden werden. Auf die Entstehung und die jetzige Struktur des Schrumpfgewebes konnten die Parasiten kaum irgendwelchen Einfluß haben, der größte Teil des Gewebes ist übrigens vollkommen frei von ihnen.

Während das Schrumpfgewebe des Chordastranges sehr dicht gebaut war, so daß sich (und dies gilt besonders von den vorderen Partien der normalen Chorda dorsalis) in ihm die Intercellularlücken oft kaum nachweisen lassen (Textfig. 9c), ist das extrachordale Schrumpfgewebe sehr locker und es kommen in ihm überall sehr breite Intercellularlücken, richtiger gesagt »Gewebslücken«, vor. Es handelt sich da augenscheinlich um eine ganz andre Art des Schrumpfgewebes, als es jene war, welche man im Chordaregenerat und in der normalen Chorda vorfand. Den Charakter des Gewebes würde man am ehesten mit dem Namen »spongiös« bezeichnen, aber auch dies trifft nicht in allen Fällen zu. Würde man nicht den Zusammenhang des extrachordalen Schrumpfgewebes mit dem Chordastrange so deutlich beobachten können und könnte man nicht von hier aus Übergänge zu dem unveränderten Chordagewebe verfolgen, würde man kaum glauben, daß es sich da um eine Art von Chordagewebe handelt. Eigentümlich ist, daß das Gewebe mit dem eigentlichen Chordaregenerate überhaupt nur durch Vermittelung des Chordastranges zusammenhängt und sonst überall von ihm durch eine vollkommen scharfe Grenze, mit der sie an dessen periphere Schrumpfbzone angrenzt, abgetrennt ist.

Das terminale Schrumpfgewebe hat, je nach der Gegend, um welche es sich handelt, ein sehr verschiedenes Aussehen. Es handelt sich in ihm ganz gewiß nicht um eine tote Masse, und die Bilder, die man an verschiedenen Stellen zu sehen bekommt, entsprechen verschiedenen Entwicklungsstadien des Gewebes. In welcher Reihe

man sie miteinander verbinden sollte, läßt sich nicht ganz leicht erkennen.

Besonders in der Nähe der Gegend, wo das terminale Schrumpfgewebe in den Chordastrang übergeht, aber auch weiter von ihr, gegen die darüberliegende Epidermis zu, findet man Partien des Gewebes, in denen sich ganz deutlich die Zellen, aus denen das Chordagewebe ehemals zusammengesetzt war, unterscheiden lassen (vgl. Textfig. 9b). Die Körper der Zellen sind außerordentlich stark geschrumpft und von ihrem Inhalt läßt sich schon nichts oder nur der Zellkern als ein dunklerer Schatten beobachten. Von allen Seiten dieser Zellkörper gehen feine Fädchen aus, mittels welcher sie sich untereinander verbinden. Es sind das die ehemaligen Zellverbindungen, die fadenförmig geworden sind, sich stark verlängerten, wobei sich ihre Anzahl stark verringern mußte. Die Zellen haben somit das Aussehen von modifizierten Stachelzellen, wie man solche in einigen modifizierten Epithelgeweben findet, angenommen. Neben ihnen findet man aber auch Zellen, welche, obzwar sie auch geschrumpft sind, noch deutlich ihre blasenförmige Gestalt behalten haben.

An andern Stellen, und diese sind die vorwiegenden, verschmelzen die Zellen miteinander, und es entsteht auf diese Weise ein eigentümliches Trabekelwerk, welches kaum irgendwo unter den zelligen

Fig. 9.

a, b Partien aus dem extrachordalen Schrumpfgewebe. *a* eine Partie, in der noch die Körper der Chordazellen deutlich sind; *b* eine Partie, wo man rechts die zu Haupttrabekeln eines spongiösen Gewebes umgewandelten und untereinander verschmolzenen Körper der ehemaligen Zellen beobachten kann, während links ein rein spongiöses Gewebe vorhanden ist. Im ersteren Gewebe deutliche Faserungen (vgl. Taf. XI Fig. 6). *c* Faserzellengewebe des Chordastranges aus der Gegend vor der Verwundungsstelle (vgl. Taf. XI Fig. 2). Vergrößerung wie bei der vorangehenden Abbildung.)

Gewebe ein Analogon hat. Auch dieses Gewebe, dem man den Namen »Zellgewebe« schon nicht mehr zuteilen darf, kann ein sehr verschiedenes Aussehen haben. Unmittelbar unter der Epidermis, etwa in der Mitte des Regenerates (vgl. Taf. XI Fig. 6), kommen in ihm radial, das ist an die Körperoberfläche senkrecht gestellte Haupttrabekeln vor, die aus den ehemaligen, jetzt jedenfalls auch reihenweise miteinander verschmolzenen Körpern der zu Lamellen und Strängen verwandelten Zellen bestehen; diese sind wieder durch Trabekeln zweiten Grades untereinander verbunden, die wahrscheinlich aus den Zellbrücken des ehemaligen Gewebes entstanden (vgl. Textfig. 9a rechts; Taf. XI Fig. 6). Die Interellularlücken — falls man so sagen darf — sind hier bedeutend breit und endigen alle unmittelbar unter der unteren Fläche der Epidermis, da, wo sich die Haupttrabekeln mit den Basalzellen der Epidermis verbinden. Es scheint, als ob es da zu einem Verschmelzen beiderlei Gebilde kommen würde. Eine scharfe Grenze kommt da zwischen der Epidermis und dem Schrumpfgewebe in der Tat nicht vor.

An andern Stellen sind die Unterschiede der Haupt- und Nebentrabekeln nicht so auffallend, die radiäre Orientierung des Gewebes läßt sich da nicht beobachten, und so hat man schließlich ein gleichförmiges Trabekelwerk vor sich, in dem die Trabekeln schon alle gleich dick sind. Die Lücken des Gewebes sind da in der Regel auch schon viel enger, als sie im vorangehenden Falle waren (Textfig. 9a links), an andern Stellen wieder ebenso breit, und es sind da wieder die Trabekeln bedeutend dünner geworden (Taf. XI Fig. 8 oben links). Das Ganze hat das Aussehen eines typisch spongiösen Gewebes erhalten. Beim Betrachten jener Stellen, an denen die Trabekeln dünn und die breiten Gewebslücken reichliche Blutkörperchen enthalten, könnte man auch daran denken, daß es sich da nur um eigentümliche Fibringerinnsel handelt, und man muß deshalb sehr vorsichtig die Übergänge zwischen den verschiedenen Formationen des Gewebes untersuchen.

Auch der Struktur der Trabekeln müssen wir einige Worte widmen. In dem bestimmt orientierten Schrumpfgewebe, welches wir da an der ersten Stelle erwähnt haben, kann man in den Haupttrabekeln deutliche Faserungen beobachten, welche ungefähr an die Faserungen der normalen Chordazellen und der Epidermiszellen erinnern (Textfig. 9a rechts). Die einzelnen Fasern lassen sich hier und da auch durch die breiteren der Nebentrabekeln in benachbarte Haupttrabekeln verfolgen, sonst verlaufen alle von ihnen in der Orien-

tierungsrichtung des Gewebes. Es sind das ohne Zweifel Tonofibrillen, doch es läßt sich nicht entscheiden, ob sie ev. auf der Grundlage der alten Fibrillen des Chordagewebes entstanden sind, oder ob es sich um Neubildungen handelt.

Sehr schwer zu verstehen sind die Bilder, die man da beobachten kann, wo das die erwähnten Faserungen enthaltende Schrumpfgewebe an das unreife Bindegewebe des Regenerates grenzt. Es scheint, als ob die Faserungen sich hier mit den Bindegewebsfasern verbinden oder in diese übergehen würden, und doch ist es klar, daß man die Bilder nicht auf diese Weise deuten darf. Wahrscheinlich handelt es sich da um Stellen, an denen das Bindegewebe in das Schrumpfgewebe eindringt, und die Fasergebilde beider Gewebe durchwachsen sich da gegenseitig. Möglich wäre es auch, daß sie durch Zugeinwirkung in beiden Geweben gleichzeitig entstehen, so daß dann natürlich die einen als eine Fortsetzung der andern erscheinen¹⁾.

Anders verhalten sich die Trabekeln des andern Typus, den wir oben als rein spongiös charakterisiert haben. Ihre Substanz ist sehr lichtbrechend, sie enthält keine Fibrillen, dagegen läßt sich da eine Art alveolärer Struktur, oft mit größeren Vacuolen, beobachten. Man muß annehmen, daß die ersteren wie auch diese letzteren Trabekeln plasmatisch sind. Es handelt sich jedenfalls um ein auch sekundär verändertes Exoplasma, welches sich von der Grundsubstanz eines Baugewebes kaum etwas unterscheidet. Es hat sich da aus dem Chordagewebe in der Tat ein anderer Typus von Baugewebe entwickelt.

Dem Verhalten des extrachordalen Chordagewebes zu den benachbarten Geweben anderer Natur müssen wir noch einige Worte widmen.

Was die Epidermis betrifft, so wurde bereits angegeben, daß man zwischen ihr und dem Schrumpfgewebe keine scharfe Grenze finden kann (Taf. XI Fig. 8). Es ist da weder eine festere Membran vorhanden, welche sich zwischen beide einlegen würde, noch eine Lücke. Die Substanz der Trabekeln ist mit den unteren Enden der basalen Epidermiszellen wie verklebt und es sieht dies sogar so aus, als ob sie in das Plasma derselben übergehen würde. In der Wirklichkeit kann es sich da nur um eine Verklebung der Gewebe handeln. Die Intercellularlücken der Epidermis gehen — wie es wenigstens scheint — in die Gewebslücken des Schrumpfgewebes über.

¹⁾ Auf ähnliche Weise können wohl auch die Sehnenfibrillen als eine direkte Fortsetzung der Muskelfibrillen erscheinen!

Was das Verhalten des extrachordalen Schrumpfgewebes zu dem unreifen Bindegewebe des Regenerationsstumpfes betrifft, so sieht man an verschiedenen Stellen Bilder, die voneinander recht verschieden sind. Während man an einigen Stellen die bereits besprochenen scheinbaren Übergänge des einen Gewebes in das andre beobachten kann, findet man anderswo, und zwar meistens, ganz deutliche Zeichen von regressiven Prozessen, die sich im Schrumpfgewebe an der Grenze zum Bindegewebe abspielen und durch welche das erstere ohne Zweifel zerstört wird. Man muß deshalb annehmen, daß es später aus dem Regenerationsstumpfe vollkommen schwinden würde. Aus dem Bindegewebe dringen in das Schrumpfgewebe Capillaren hinein, welche in dessen peripheren Partie an gewissen Stellen ein sehr lockeres Netz bilden. Von diesen Stellen dringen in das Innere des Gewebes massenhaft Lymph- und rote Blutkörperchen hinein, und in gewissen Partien sind die Gewebstückchen von letzteren fast ausgefüllt. An der Peripherie dieser Partien und des Bindegewebes sieht man deutliche Spuren eines Auflösungsprozesses, durch den die Trabekelsubstanz auf eine ähnliche Weise zerstört wird, wie wir es früher an den Knorpelfragmenten beobachten konnten. Vielfach sieht man da Trabekeln, die bereits im Bindegewebe eingeschlossen sind, anderswo Fragmente von solchen oder kleine Körnchen als die letzten Reste der in Auflösung begriffenen Trabekelsubstanz. Sie verraten sich immer noch durch die charakteristische Färbbarkeit der Trabekelsubstanz, welche sich an Hämatoxylinpräparaten (DELAFIELD) blau-violett färbt, nach Eisen-hämatoxylin sich schwer entfärbt und nach Orcein rot-braun wird.

VIII. Das Rückenmark.

Zusammen mit den oberen Bögen der Wirbelsäule wurde unserm Exemplare auch ein ziemlich großer Teil des caudalen Rückenmarkes abgerissen und es ist bisher zu keiner Regeneration desselben gekommen. Im Gegenteil, man bemerkt an den Präparaten, daß nach der Verwundung sogar auch ein großer Teil des Rückenmarkes, der sich vor der Wunde befand und vom Trauma nicht unmittelbar betroffen wurde, Degenerationserscheinungen zeigt. Von der zerstörten Partie nach vorn fortschreitend, kann man an den Serienschnitten folgendes beobachten.

Zuerst, in jener Partie der Schwanzflosse, wo die oberen Bögen zertrümmert sind (Taf. XI Fig. 3), befindet sich an der Stelle des

Rückenmarkes lockeres fibrilläres Bindegewebe, in dem die für das perimeningeale Füllgewebe so charakteristischen blasigen Zellen vollkommen fehlen. Man findet da nur feinere und dazwischen auch stärkere Bindegewebsbündel, welche in allen Richtungen sich verflechtend verlaufen; es kommen da viele Capillaren und außer ihnen eigentümliche schlauchförmige Gebilde unbekannter Natur vor. Weiter nach vorn sieht man die ersten Reste des Rückenmarks. Es ist von diesem die meningeale Hülle erhalten, welche vollkommen ihre Gestalt behalten hat, und geringe Reste der ehemaligen Neuroglia. Diese letzteren haben das Aussehen eines feinen unregelmäßigen Netzes, welches nur die Peripherie des Rückenmarksquerschnittes einnimmt, und es befinden sich da keine, wenigstens keine frischen Zellen in ihm. Der Raum zwischen den Meningen und den oberen Bögen wird durch das typische Füllgewebe mit blasigen Zellen ausgefüllt. Im Centrum des Rückenmarksquerschnittes befindet sich eine eigentümliche kompakte Masse, welche das Aussehen eines Coagulates hat; auf diese kommen wir erst weiter unten zu sprechen. An weiteren Schnitten der Serie bekommt man schließlich den ganzen Querschnitt des Rückenmarkes, also auch die innere Begrenzung seiner Wand, zu sehen und man bemerkt, daß der Centralkanal hier außerordentlich erweitert ist (Taf. XI Fig. 2). Eine solche Erweiterung am Ende des durchgeschnittenen Rückenmarkes wurde bereits früher an andern Objekten beobachtet. So erwähnen sie z. B. NUSBAUM und SIDORIAK (1900), welche sie an Forellenembryonen bei der Regeneration der caudalen Partie des Körpers beobachtet haben.

Das Gewebe des Rückenmarkes besteht in dieser Gegend ganz deutlich nur aus sehr dichtem Neurogliagewebe, welches aber auch hier das normale Aussehen nicht hat. Nervenfasern kann man da nicht beobachten und die Querschnitte derselben kann man erst weiter nach vorn beobachten, in einer Gegend, in der auch der Centralkanal bereits seine normale Breite behalten hat. Auch hier besteht das Gewebe fast ausschließlich noch aus Neuroglia und Neurogliazellen und Nervenfasern kommen nur spärlich vor. Weiter nach vorn nehmen die Nervenfasern zu, es kommen da auch Ganglienzellen vor und der Querschnitt erlangt auf diese Weise das typische Aussehen des caudalen Rückenmarkes von *Petromyzon*.

Daraus, was im vorangehenden angeführt wurde, erkennt man, daß das Rückenmark vor der Wunde Degenerationserscheinungen zeigt. Dessen nervöse Elemente gehen auf einer gewissen Strecke

zugrunde, während sich das Neurogliagerüst erhält, in der unmittelbaren Nähe der Wunde aber ebenfalls degeneriert. In einer Partie zeichnet sich das Neurogliagerüst sogar durch eine Wucherung seiner fibrillären Bestandteile aus. Es ist klar, daß es ein wenig später an unserm Objekte zu einer Regeneration der Nervenfasern und Längenwachstum derselben kommen würde, und vielleicht hat dieser Prozeß bereits begonnen. Zum Studium dieser Erscheinungen eignen sich unsre Präparate jedenfalls nicht, man müßte da selbstverständlich Längsschnitte statt der uns allein zur Verfügung stehenden Querschnitte zur Untersuchung wählen.

Sehr eigentümlich ist die centrale Masse, welche sich im erweiterten Centralkanal des Rückenmarkes befindet und welche, wie wir sahen, viel weiter nach hinten reicht als die Reste des Rückenmarkes und sich hier mit den Resten des Neurogliagerüstes und an einer Stelle, wie es scheint, auch mit dem die Reste des Rückenmarkes umgebenden Bindegewebe verbindet¹⁾. Es handelt sich da um eine dichte Masse von etwas alveolärer Struktur, die sich nach Eisenhämatoxylin schwer entfärbt und sonst Plasmafärbstoffe aufnimmt. Ihr Querschnitt ist da, wo sie am breitesten ist, ungefähr oval und es werden von ihr auf allen Seiten feine, wiederholt sich verzweigende Fortsätze ausgesendet. Die Masse hat auf dem Querschnitt ungefähr die Gestalt eines großen Rhizopoden, dessen Körper mittels seiner zahlreichen Fortsätze mit den vom Rückenmark an jener Stelle übrig gebliebenen Neurogliaresten zusammenhängen würde. In der Masse kann man außer zahlreichen kleineren, nicht ganz nahe aneinander sich befindenden Vacuolen auch einige größere beobachten, in welchen letzteren sich Zellen unbekannter Natur befinden. Noch mit einem andern Gebilde kann man die uns hier beschäftigende Masse vergleichen, und zwar mit der Protoplasmanhäufung, die sich als ein geschrumpfter Rest oder als ein wirklicher Bestandteil eines Corpus vitreum in Parietalorganen verschiedener Wirbeltiere (z. B. bei *Petromyxon* oder bei Sauriern; vgl. meine Monographie vom Jahre 1905, S. 34, Fig. 10) beobachten läßt. Auch diese hängt bekanntlich mittels zahlreicher feiner Fortsätze mit den Zellen des Gewebes (Wände des Organs), zwischen denen sie sich befindet, zusammen, auch sie enthält hier und da Zellen, welche die Bedeutung von Neurogliazellen haben und aus der Wand des Parietalorgans stammen.

¹⁾ Oder in ein der oben erwähnten schlauchförmigen Gebilde einen Fortsatz sendet?

Verfolgt man das eigentümliche Gebilde an den Schnitten der Serie weiter nach vorn, so sieht man, daß sich dessen Querschnitt allmählich verkleinert, so daß man schließlich nur den Querschnitt eines dünnen, strangförmigen, aus sehr dichter Substanz bestehenden Gebildes vor sich hat (Taf. XI Fig. 2). Man erkennt, daß es sich da um nichts anderes handelt, als um den bekannten REISSNERSchen Faden, dessen Querschnitt sich auch vorn im Rückenmark überall nachweisen läßt. Die eigentümliche Masse, mit der wir uns oben beschäftigt haben, ist daher nichts anderes als eine Anschwellung, die sich nach dem Zerreißen des Fadens an dessen Ende ausgebildet hat. Der Faden geht daher nach seinem Zerreißen nicht zugrunde, sondern wächst zu einem umfangreichen kegelförmigen Gebilde aus, welches vielleicht neben andern Umständen auch an der Erweiterung des Centralkanal des Rückenmarks beteiligt war. Was für eine Bedeutung die merkwürdige Anschwellung des REISSNERSchen Fadens in unserm Falle haben könnte, läßt sich nicht einmal ahnen, soviel ist jedoch schon jetzt klar, daß die Erscheinung für die Beurteilung der morphologischen Bedeutung des Fadens nicht unwichtig ist. Die früher erwähnte auffallende Ähnlichkeit zwischen dem »extracellularen« Protoplasma des geschrumpften parietalen Corpus vitreum und der Substanz des angeschwollenen REISSNERSchen Fadens läßt viel zu denken zu. Es ist ganz möglich und sogar sehr wahrscheinlich, daß man, was die morphologische Bedeutung betrifft, beide Gebilde in ein und dieselbe Reihe stellen darf. Auch der REISSNERSche Faden scheint ein extracelluläres protoplasmatisches Gebilde zu sein, welches seinen Ursprung vielleicht von der Neuroglia oder dem Ependym der Gehirnwand nimmt, und vielleicht hätten wir es da überhaupt nur mit einem neuroglialen zellfreien Strange zu tun¹⁾. Ein aus Achsencylindern zusammengesetztes nervöses Kabel, wie es SARGENT beweisen wollte, ist es doch sicher nicht. Soviel von dieser Eigentümlichkeit unsrer Präparate.

Sehr wichtig wäre es zu wissen, wie sich das Rückenmark bei der weiteren Regeneration der Schwanzflosse verhält, und besonders, ob und auf welche Weise es sich bei der Spaltung der Schwanzflosse teilt. Von den von BARFURTH beschriebenen, nach einer Verwundung entstandenen mehrfachen Spitzen der Schwanzflosse hatte eine jede ihre Rückenmarkspartie, und so muß man annehmen, daß sich das Rückenmark unter dem Einfluß der sich spaltenden

¹⁾ Ich selbst habe den Faden ursprünglich (1899) für eine Ausscheidung der Wände des Cerebrospinalkanals gehalten.

Chorda dorsalis ebenfalls spaltet und in zwei bzw. mehrere Schwanzspitzen auswächst.

IX. Nervenfasern.

Im Regenerat fand ich an meinen Präparaten, die jedenfalls nicht mit speziellen neurologischen Methoden behandelt wurden, keine Nervenfasern. Es scheint nicht, daß bereits jetzt die Nervenfasern in das regenerierende Ende der Schwanzflosse eingedrungen wären. Im alten Teile der Schwanzflosse finde ich, und zwar auch ganz nahe an der Stelle der ehemaligen Wunde, Nervenfasern, welche meist die Eigentümlichkeit aufweisen, daß an ihnen die Scheide septenartig in das Innere, wo sich der sonst gut erhaltene Achsencylinder befindet, einragt. In andern Fällen habe ich bei *Petromyzon* an den Nervenfasern nirgends etwas Ähnliches beobachtet, und es hängt diese Erscheinung vielleicht auf irgendwelche Weise mit der notwendigen Folge der Durchtrennung der Nerven zusammen. Zur Beurteilung andrer Veränderungen eignen sich unsre Präparate — es sind das Querschnitte — natürlich nicht.

X. Blutgefäße.

Es bleibt hier nur das zu wiederholen, was mit Rücksicht auf die Blutgefäße bereits in den einzelnen Kapiteln der vorliegenden Abhandlung gesagt wurde. Die Blutcapillaren dringen nicht nur reichlich in das in Bildung begriffene Bindegewebe des regenerierenden Teiles hinein, sondern sie dringen auch in die Substanz der alten fibrösen Chordascheide, und sie dringen auch in das extrachordale Schrumpfgewebe, wenigstens in jene Partien desselben, welche bereits in Auflösung begriffen sind. Was das Bindegewebe betrifft, so findet man die Blutgefäße jetzt auch in dem Regenerat des Coriums, im Unterschied zum alten Corium, welches bei *Petromyzon* der Blutgefäße vollkommen entbehrt. In die Epidermis und in das frische Chordagewebe des Regenerates dringen sie nirgends hinein.

Die Resultate der vorangehenden Untersuchungen stimmen größtenteils damit überein, was bereits früher an andern Objekten, bei Gnathostomen, festgestellt werden konnte; trotzdem konnte da auf einige Umstände hingewiesen werden, welche weniger bekannt oder unbekannt waren.

Von allen den in der Schwanzflosse enthaltenen Geweben regenerieren in unserm Falle folgende: 1) Die Epidermis: unmittelbar aus dem alten Gewebe dieser Art, und zwar enthält sie in den zuletzt gebildeten Partien nur vollkommen indifferente »typische« Epidermiszellen. 2) Das Chordagewebe, bei dessen Regeneration wohl dem Chordaepithel eine sehr große Rolle zufällt; eine Beteiligung des blasigen Chordagewebes an dem Prozesse läßt sich durchaus nicht leugnen. Die an der Wundfläche zuerst befindliche Partie des Chordagewebes wandelt sich in ein extrachordal gelegenes »Schrumpfgewebe«, welches eine Reihe von weiteren Veränderungen zeigt. Auch in der regenerierenden Chordapartie spielt das (periphere und centrale) Schrumpfgewebe eine große Rolle. Aus isolierten Partien des Chordaepithels können besondere »Chordaknospen« entstehen, welche allem Anschein nach später zu einer Spaltung der Chorda Veranlassung geben können. 3) Das Bindegewebe: größtenteils wohl aus den Zellen des alten Bindegewebes, stellenweise (Corium) aber ganz sicher unter Beteiligung der Bindegewebsfasern desselben. 4) Das Knorpelgewebe, dessen Fragmente sonst resorbiert oder eingekapselt werden: stellenweise durch Appositionswachstum aus Bindegewebe. 5) Die faserige Chordascheide regeneriert selbst nicht, sie kann aber durch Schichten von fibrösem Bindegewebe, welche aus dem Regenerationsgewebe (Bindegewebe) entstehen, ersetzt werden. 6) Blutgefäße findet man überall im regenerierenden Bindegewebe; sie dringen von hier aus (zusammen mit Bindegewebszellen) in das Gewebe der fibrösen Chordascheide, sowie in das extrachordale Schrumpfgewebe, welches letztere unter ihrem Einflusse resorbiert wird. An folgenden Geweben konnten an unserm Objekte bisher keine Regenerationserscheinungen beobachtet werden: am Muskelgewebe, Nervengewebe des Rückenmarkes, den peripherischen Nerven und der elastischen Chordascheide. Im Nervengewebe des Rückenmarkes wurden im Gegenteil nur Degenerationserscheinungen beobachtet.

Brünn, am 30. September 1911.

Literaturverzeichnis.

- BARFURTH, 1891, Zur Regeneration der Gewebe. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 37.
 — 1899, Eine Larve von Petromyzon mit drei Schwanzspitzen. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 9.
 — 1903, Die Erscheinungen der Regeneration bei Wirbeltierembryonen. Handb. d. vergl. u. exper. Entwicklungslehre, herausg. v. O. HERTWIG. Bd. III. T. 3.

- v. EBNER, 1896, Über die Wirbel der Knochenfische und die Chorda dorsalis der Fische und Amphibien. Sitzber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Bd. 105.
- FRAISSE, 1885, Die Regeneration von Geweben und Organen bei den Wirbeltieren. Cassel-Berlin.
- KRAUSS, 1908, Über die Genese des Chordaknorpels der Urodelen und die Natur des Chordagewebes. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 73.
- NUSBAUM und SIDORIAK, 1900, Beiträge zur Kenntnis der Regenerationsvorgänge nach künstlichen Verletzungen bei älteren Bachforellenembryonen. Arch. f. Entw.-Mech. Bd. 10.
- MARCHAND, 1901, Der Prozeß der Wundheilung. Stuttgart (Deutsche Chirurgie).
- PRZIBRAM, 1909, Experimental-Zoologie. II. Regeneration. Leipzig-Wien.
- SCHAFER, 1910, Über den feineren Bau und die Entwicklung des Knorpelgewebes. III. Teil. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 97.
- SCHMIDT, V., 1893, Das Schwanzende der Chorda dorsalis bei den Wirbeltieren. Anatom. Hefte. Bd. 2.
- STUDNIČKA, 1903, Histologische und histogenetische Untersuchungen über Knorpel, Vorknorpel- und Chordagewebe. Anatom. Hefte. Bd. 21.
- TORNIER, 1900, Über Amphibiengabelschwänze und einige Grundgesetze der Regeneration. Zoolog. Anzeiger. Bd. 33.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XI.

[Die Mikrophotographien, Fig. 1—7, wurden mit Hilfe des Objektivs Nr. 3 und des Oculars Nr. 1 der Firma C. REICHERT-Wien aufgenommen, bei der Fig. 8 kam Objektiv Nr. 5 derselben Firma in Verwendung.]

- Fig. 1. Ein Querschnitt durch die normale Schwanzflosse eines *Petromyzon fluviatilis*. Aus einer Gegend, die ungefähr derjenigen entspricht, in der in unserm Falle die Wirbelsäule durchgebissen wurde.
- Fig. 2—7. Sechs Schnitte aus der Querschnittserie, in welche die regenerierende Schwanzflosse zerlegt wurde. Fig. 2. Aus der Gegend vor der Verwundungsstelle. In der etwas geschrumpften Chorda dorsalis rechts die Anlage einer Chordaknospe. Im Rückenmark ist der Centralkanal stark verbreitert und man sieht in ihm den Querschnitt des verdickten REISSNERschen Fadens. Fig. 3—6. Querschnitte, welche die Ebene der ehemaligen Wunde treffen. In der Fig. 5 und 6 (eigentlich schon in Fig. 4) ist die große Seitenknospe der Chorda dorsalis zu sehen. Oberhalb der Chorda das extrachordale Schrumpfgewebe. Fig. 7. Ein Schnitt, welcher das Ende des Chordaregenerats trifft; rings um dieses herum das »extrachordale« Schrumpfgewebe, welches oben unmittelbar an die Epidermis grenzt.
- Fig. 8. Das »extrachordale« Schrumpfgewebe im Zusammenhange mit dem Chordastrange der regenerierenden Chorda dorsalis bei einer stärkeren Vergrößerung (vgl. die Fig. 6). Unten das aus epidermoiden Zellen bestehende Gewebe des Chordaregenerats, oben die Epidermis.

Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

Fig. 7

Fig. 8