

## III.

## Experimentelle Untersuchungen über die Entwicklung der Blutcapillaren.

Mitgetheilt von Prof. Dr. Julius Arnold in Heidelberg.

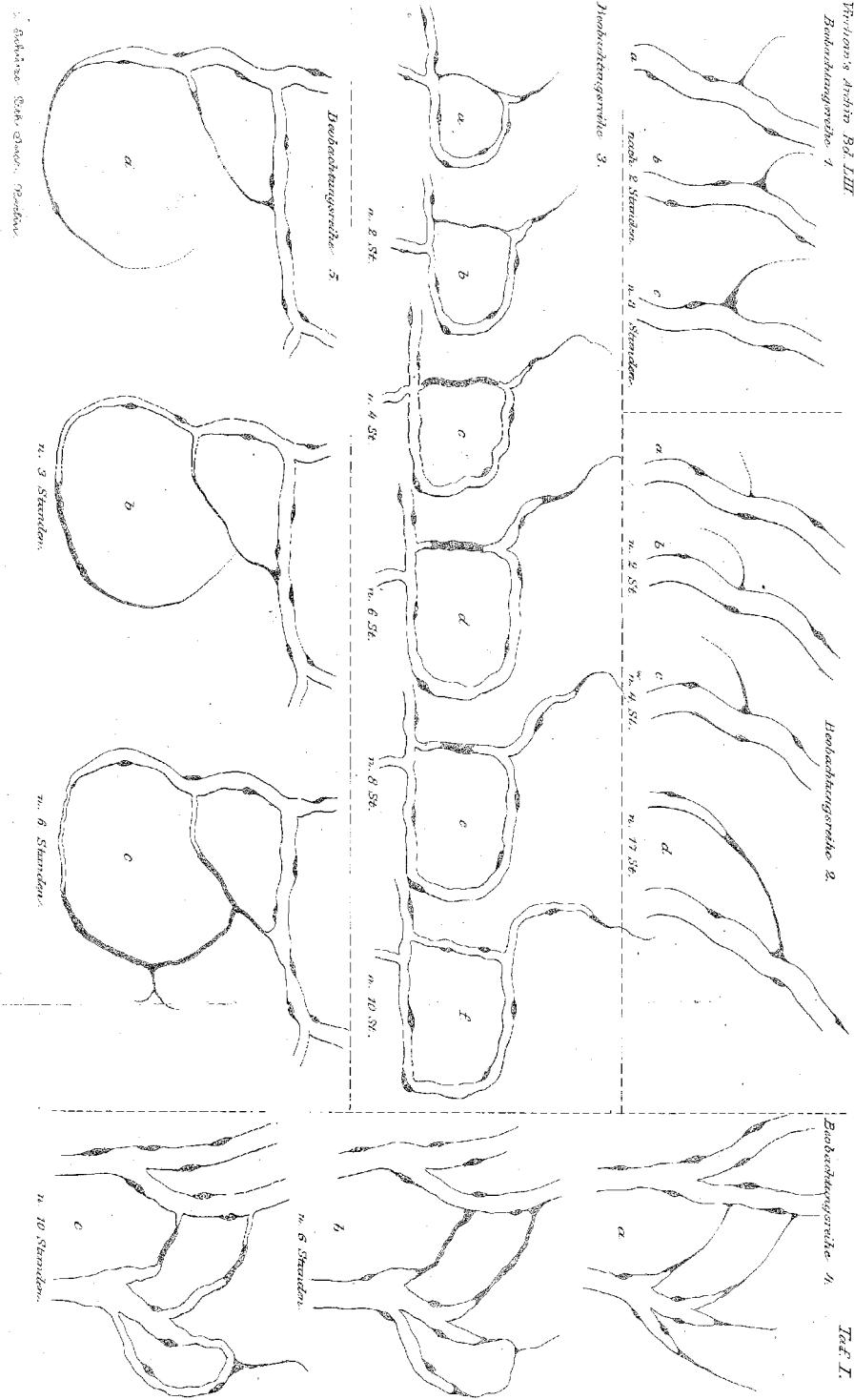
(Hierzu Taf. I — III.)

---

Durch die Untersuchungen von Hoyer, Auerbach, Aeby, Eberth u. A. ist nachgewiesen, dass an der inneren Fläche der meisten normalen und vollkommen entwickelten Blutcapillaren kernhaltige Plättchen zu einer zusammenhängenden Membran vereinigt sind. Auf der anderen Seite hat Stricker gezeigt, dass in dem Froschlarvenschwanz die Blutcapillaren als solide Sprossen und Stränge, die erst später sich kanalisiren und zu Röhren umgestalten, angelegt sind. Dass diese beiden Beobachtungen in einem wenn auch nur scheinbarem Widerspruche stehen, hat schon Stricker hervorgehoben und Jedem, der dem Studium des Baues und der Entwicklung der Blutcapillaren seine Aufmerksamkeit widmet, ist meines Erachtens die Frage nahe gelegt, wie dieser Widerspruch zwischen den beiden Beobachtungen, deren Richtigkeit leicht festzustellen ist, gelöst werden kann, oder mit anderen Worten, durch welche Vorgänge der ursprünglich solide, später kanalisierte Protoplasmastrang in eine an der inneren Fläche aus Zellen bestehende Röhre umgewandelt wird. In doppelter Art lässt sich ein Aufschluss über diese Frage erwarten, einmal durch die Beobachtung des Entwicklungsmodus der Blutcapillaren bei dem Embryo und zweitens desjenigen unter pathologischen Verhältnissen. Beide Wege wurden von mir eingeschlagen. Ich machte mich zunächst mit den Vorgängen bei der Entwicklung der Blutcapillaren des embryonalen Glaskörpers und Froschlarvenschwanzes bekannt; später ging ich dazu über, die pathologische Gefässneubildung zum Gegenstande meiner Untersuchungen zu machen. Von dem Studium dieser liess sich natürlich nur dann eine Beantwortung der gestellten Frage erwarten, wenn den pathologisch neugebildeten Capillaren dieselbe Anordnung zukommt wie den normalen. Dass dem so ist, davon hatte ich mich schon bei meinen Untersuchungen über die Ueber-

Beobachtungsreihe 2.

Beobachtungsreihe 4.



Brookhaven synchrotron.





häutung überzeugt, indem ich in den in den Granulationen neu gebildeten Gefässen nach ihrer Ausspritzung mit Silberlösung die Endothelzeichnung auf das Deutlichste nachzuweisen im Stande war.

Zuerst war ich bestrebt mit den Vorgängen der pathologischen Gefässneubildung bei den Prozessen der Wundheilung und der Organisation des Thrombus mich bekannt zu machen. Sehr bald stellte es sich aber heraus, dass die bei diesen auftretende Gefässneubildung kein für den Beginn geeignetes Untersuchungsobject abgibt, weil sie sich mit Vorgängen complicirt, welche die Einsicht in die auf die Gefässneubildung sich beziehenden Verhältnisse erschweren. Deshalb kehrte ich zu dem Studium der Gefässneubildung an dem Froschlarvenschwanz zurück; jedoch mit der Abänderung, dass ich durch Abschneiden der Schwanzspitze pathologische Zustände setzte, bei deren Ausgleichung ein der Regeneration im erwachsenen Individuum analoger Prozess ablief. Dieses Untersuchungsobject hat die Vortheile einer grösseren Einfachheit, die an ihm angestellten Beobachtungen haben den nicht hoch genug zu schätzenden Werth der Wahrnehmungen am lebenden Objecte. Hatte ich schon die Untersuchungen an dem normal wachsenden Froschlarvenschwanz als werthvoll erkennen lernen, so erwiesen sich die an dem sich regenerirenden Schwanzen als noch bedeutungsvoller, weil die Gefässneubildung viel stürmischer vor sich geht und dadurch vielmehr zu dem Studium der hier sich rascher folgenden Entwicklungsphasen sich eignet.

Nach Beendigung dieser Untersuchungen nahm ich die Beobachtung an pathologisch neugebildeten Gefässen wieder auf und zwar war ich zunächst bestrebt, künstlich eine Gefässneubildung zu erzeugen. Als das zu diesem Zweck geeignete Versuchsoject erwies sich die Hornhaut von Säugetieren. Bei Impfversuchen, welche Prof. Knapp im Januar 1868 mit Gliommassen an Kaninchenaugen in der Weise vorgenommen hatte, dass er diese in den Glaskörper von Kaninchenaugen einspritzte, entwickelte sich unter dem Bilde einer Panophthalmitis eine Keratitis vasculosa. Der ganze Verlauf des Prozesses hatte mir schon damals den Eindruck gemacht, als sei die Entstehung der Panophthalmitis nicht auf eine specifische Wirkung der Gliommasse, sondern auf die Einführung der fremdartigen Substanz zurückzuführen. Als ich in dem folgenden Jahre die Versuche wieder aufnahm, modifizierte ich dieselben

in der Weise, dass ich ein Gemenge von Zinnober und Wasser unter mehr oder weniger hohem Druck in den Glaskörper von Kaninchen- und Meerschweinchenaugen einspritzte. Bei jedem gut ausgeführten Versuche entwickelt sich eine verschieden hochgradige Panophthalmitis, deren Theilerscheinung eine Keratitis vasculosa ist. Die Gefässneubildung beginnt immer am Hornhautrand und schreitet gegen das Hornhautzentrum fort, indem lange reiserförmige Zweige gegen dieses sich vorschieben, sie ist bald eine sehr stürmische, bald eine langsamere und geht nicht nur in den oberflächlichen, sondern auch in den tieferen, ja zuweilen in sämmtlichen Schichten der Hornhaut vor sich; das episclerale Gefässnetz ist am wesentlichsten an ihrem Zustandekommen betheiligt. Die Hornhaut selbst participirt an der Entzündung in verschiedener Weise, indem sie bald in Form der Keratitis purulenta, bald in der der Keratitis parenchymatosa diffusa und punctata erkrankte. Diese künstliche Erzeugung der Keratitis vasculosa gehört mit zu den interessantesten Experimenten; zunächst ist es von grosser Bedeutung, jederzeit eine künstliche Gefässneubildung in einem nicht gefäßhaltigen Theil zu erzeugen, weil von dieser Möglichkeit gewiss mit Recht eine Bereicherung unserer Kenntnisse über den Bau und die Entwicklung der pathologisch-neugebildeten Gefässe erwartet werden darf. Ueberdies sind die zugleich entstehenden verschiedenen Formen der Keratitis, die Veränderungen der sämmtlichen Gebilde des Bulbus von solchem Interesse, dass sie für sich wieder eine eingehendere Berücksichtigung beanspruchen können. —

Dass die Beantwortung der Fragen, die ich mir gestellt hatte, keine leichte Aufgabe sein würde, war ich mir beim Beginn der Arbeit bewusst. Die immer mehr sich häufenden Schwierigkeiten, das immer ferner rückende Ziel der Beendigung derselben waren deshalb nicht im Stande mich zu entmuthigen. Da aber die Grenzen des Untersuchungsgebietes sich immer mehr erweitern und somit der Termin der Beendigung immer ferner rückt, sehe ich mich genöthigt, von meinem ursprünglichen Plan meine Mittheilungen als abgeschlossenes Ganze zu geben, abzustehen, vielmehr dieselben in Form einzelner Artikel zu publiciren. Es wäre das Sachgemässtes zunächst die Befunde bei der Entwicklung der Blutcapillaren an dem normal wachsenden Froschlarvenschwanze und im Glaskörper zu schildern, dann erst die Mittheilungen über die Entwicklung patho-

logisch neugebildeter Blutgefässe folgen zu lassen. Das lag auch ursprünglich in meiner Absicht. Nachdem aber Golubew in der Zwischenzeit so eingehend über die Entwickelung der Blutcapillaren in dem normal wachsenden Froschlarvenschwanz berichtet hat, kann ich um so mehr darauf verzichten, als im Wesentlichen meine Befunde mit den seinigen übereinstimmen. Differenzen in der Beobachtung und Anschauung werde ich in dem folgenden ersten Artikel, in dem über Gefässneubildung in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz referirt werden soll, hervorzuheben Gelegenheit haben. Die Befunde über die Vorgänge bei der Entwickelung der Blutgefässe des embryonalen Glaskörpers sollen aus später zu erörternden Gründen gleichfalls dem genannten Gegenstande im Referate nachstehen.

### I. Entwickelung der Blutcapillaren in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz.

Diese Beobachtungen wurden vorwiegend an dem Larvenschwanz von *Rana temporaria* angestellt. Es gelang mir, die Larven dieser Species ziemlich lange am Leben zu erhalten, dadurch dass ich sie täglich mit frischem Wasser versah und immer den dritten Tag mit kleinen Stückchen rohen Fleisches fütterte. Bei vielen derselben erfolgte nach kürzerer oder längerer Dauer die vollständige Metamorphose. Auch die Larven von *Rana esculenta* habe ich in derselben Weise gefüttert, bei denselben aber nur das Hervortreiben der hinteren Extremitäten bei gleichzeitiger Erhaltung des Schwanzes wahrgenommen, obgleich ich dieselben vom Frühjahr 69 bis Januar 70 lebend zu erhalten im Stande war. Es schien mir immerhin erwähnenswerth, dass die eine Species unter denselben Verhältnissen die vollständige Metamorphose durchmachte, während die andere als geschwänzte mit Hinterbeinen versehene Larve durch viele Monate sich erhielt und nie das Ende der Metamorphose erlebte.

Die Methoden, die bei diesen Untersuchungen in Anwendung kamen, waren folgende: die Schwanzspitze wurde in der Höhe von circa 2—3 Linien und in ihrer ganzen Breite abgetragen; gewöhnlich trat dann eine Blutung ein, die aber bald stillstand. Schon nach 24 Stunden begann die Neubildung des Gewebes am Schnittrande und nach zwei bis dreimal vierundzwanzig Stunden war meistens ein schon ziemlich breiter Gewebssaum producirt, der sich

durch seine lichtere Färbung von dem anderen Gewebe deutlich unterschied. In diesem Zustande wurden die Larven untersucht und zwar in der Weise, dass sie auf einen Objectenträger gelegt wurden, dessen Mitte ungefähr in der Ausdehnung eines Halbguldenstückes hohl ausgeschliffen und mit Wasser gefüllt war. In diesem Raume haben kleinere Larven genügend Platz und befinden sich unter Verhältnissen, die ihrer längeren Erhaltung sehr günstig sind, wenn das Wasser genügend erneuert wird. Allerdings machen die Larven in diesem kleinen Bassin namentlich bei den geringsten Erschütterungen ziemlich lebhafte Bewegungen. Werden aber diese vermieden, so bleiben sie um vieles ruhiger. Ueberdies ist es bei einiger Ruhe und Ausdauer leicht, die Stelle, um deren Beobachtung es sich handelt, rasch wieder aufzufinden. Ich hatte verschiedene zum Theil sehr künstliche Objectentische construirt, um das Thier vollkommen ruhig zu erhalten, kehrte aber immer wieder zu dem Gebrauch des einfachen Bassins zurück, bei dem ich endlich auch stehen blieb, weil ich mich überzeugte, dass die Larve in diesem in dem günstigsten Zustande sich befindet und die Regeneration am schnellsten erfolgt. Um Störungen des Regenerationsprozesses zu vermeiden, habe ich auch die Anwendung von Curare oder starken Inductionsschlägen unterlassen. Die Untersuchung an solchen lebenden Objecten war oft eine ohne Unterbrechung über viele Stunden sich erstreckende, bald eine die Beobachtungszeit von mehreren Tagen umfassende mit grösseren und kleineren Unterbrechungen, von denen die grösste eine Zeitdauer von sechs Stunden nicht überschritt. Ist aus irgend einem Grunde die Fixation des Bildes wünschenswerth, so schneidet man die Schwanzspitze ab und legt sie auf kurze Zeit in schwache Goldlösungen. Die Körner des Protoplasma's, dessen Contouren und diejenigen der Kerne wurden dann scharf und deutlich; überdies ist die Untersuchung mit den stärksten Vergrösserungen jeder Zeit möglich. Bei der Anwendung der erwähnten Untersuchungsmethoden wird es bei einiger Ausdauer nicht schwer halten, von der Richtigkeit der folgenden Angaben sich zu überzeugen.

Zunächst wird man an denjenigen blutführenden Capillaren des Froschlarsenschwanzes, welche an die regenerirte Partie angrenzen oder in dieser selbst liegen, eine grosse Zahl von Sprossen finden, die mit breiter Basis dem Gefäss aufsitzen, in der ent-

gegengesetzten Richtung spitz zulaufen, mehr oder weniger rasch sich verjüngend. Die Form dieser Sprossen ist eine dreieckige; die Gestalt des Dreieckes ist bald die eines gleichschenkligen, bald ist der eine Schenkel kürzer; in dem ersten Fall sind die Schenkel bald länger, bald kürzer, die Basis bald breiter, bald schmäler, die letztere kann eine gradlinige sein, ist aber häufiger durch eine Bogenlinie dargestellt, deren Convexität gegen die Spitze des Dreieckes gerichtet ist. Diese Sprossen sitzen an den Gefäßen bald wandständig, bald endständig, gleichsam als deren blinde Enden erscheinend. Sie bestehen immer aus einem feinkörnigen Protoplasma, das zuweilen kernhaltig, häufiger kernlos ist. Die Spitze ist aus Körnerreihen zusammengesetzt und endet meistens mit einer einfachen Körnerreihe, deren Bestandtheile immer weiter auseinander rücken und in grösseren Abständen von grösseren dunkleren Körnern unterbrochen werden (Taf. III. Fig. A, D u. E. u. Taf. I. Beob. I.).

Neben diesen Sprossen trifft man in grosser Zahl wand- und endständig sitzende Protoplasmafäden, die gewöhnlich mittelst einer Sprosse einem Gefässen anhaften und in der entgegengesetzten Richtung allmählich sich verjüngen. Sie variieren beträchtlich in ihrer Dicke; die einen sind kurz und schmal, die anderen lang und dick und umgekehrt; sie laufen an dem zugespitzten Ende in einfache Körnerreihen aus und ziehen in mehr oder weniger stark gekrümmten Bogen, deren convexe Seiten gegen das Schwanzende, deren concave gegen das Kopfende der Larve gerichtet sind; doch sieht in manchen Fällen die convexe Seite mehr nach dem Rande, die concave nach der Mitte, selten aber die erstere nach oben und innen, die letztere nach unten und aussen. Je länger der Protoplasmafäden, desto ausgesprochener sein bogenförmiger Verlauf. Die Fäden bestehen aus einem feinkörnigen Protoplasma, das bald kernlos, bald kernhaltig ist, das erstere häufiger als das letztere. Sind Kerne vorhanden, so stehen sie immer in grossen Abständen. Im Allgemeinen gilt der Satz, dass, je länger und dicker der Protoplasmastrang ist, desto seltener die Kernbildung fehlt, doch habe ich wiederholt sehr lange und dicke kernlose Fäden beobachtet (Taf. I. 2 u. Fig. A, D, E u. G). Sehr häufig ist der Faden nicht in seiner ganzen Ausdehnung solid, sondern im Anfangsteil kanalisiert, enthält rothe und weisse Blutkörperchen neben kleinen Körnerhaufen und steht in einer mehr oder weniger weit offenen Verbindung

mit dem Gefäss, dem er aufsitzt. Ja zuweilen erstreckt sich die Kanalisirung ziemlich weit gegen die Spitze, so dass nur ein kleiner Theil des Gebildes solid bleibt. Diese Fäden, seien sie nun vollkommen solid oder mehr oder weniger weit kanalisiert, sind zuweilen an ihrem Ende nicht einfach, sondern gespalten, so dass dasselbe in zwei, selten mehrere feine Fäden und die ihnen entsprechenden Körnerreihen ausläuft. In anderen Fällen treten von dem kanalisierten Theil des Fadens Sprossen oder Stränge ab; ja nicht selten sitzen an einem noch vollkommen soliden Faden vollkommen entwickelte Sprossen, deren Fortsätze wieder getheilt sein können (Taf. I. 3).

Die dritte Form ist dadurch charakterisiert, dass Protoplasmastränge, die mehr oder weniger stark bogensförmig verlaufen, zwischen zwei Gefässen ausgespannt sind. Wir wollen sie als Protoplasmabögen bezeichnen. Diese sind verschieden in ihrer Länge, Dicke und Krümmung; die Convexität des Bogens ist meist nach unten oder aussen gerichtet. Ihre Ansatzstellen an das Gefäss sind gewöhnlich verbreitert; die eine von ihnen kann aber auch nur als feiner Faden sich darstellen. Häufig sitzen an ihnen Sprossen und Protoplasmastränge von wechselnder Länge und Dicke mit einfachem oder getheiltem Ende. Die Grundsubstanz dieser Protoplasmabögen ist eine feinkörnige Masse, die bald kernlos ist, bald in grossen Distanzen Kerne enthält. Die Zustände der Kanalisirung sind sehr verschieden; bald sind die Bögen von beiden Enden her auf gleiche Entfernung kanalisiert, so dass nur noch in der Mitte ein mehr oder weniger langer Protoplasmazapfen sich findet; oder die Kanalisirung ist auf der einen Seite weiter fortgeschritten als auf der anderen, oder auf der einen Seite sehr zurückgeblieben oder gar nicht eingetreten. Ja in seltenen Fällen habe ich wahrgenommen, dass der Bogen in der Mitte kanalisiert, an den Enden noch solide war. Dass dem Gesagten zufolge die Erscheinung des Protoplasmabogens eine sehr verschiedenartige sein kann und muss, ist leicht ersichtlich. Auf eine ausführliche Beschreibung der verschiedenen Formen kann ich verzichten. Ich verweise in dieser Beziehung auf die beigegebenen Tafeln. Die dort dargestellten Formen geben eine bessere Anschauung als die genaueste Beschreibung.

Dagegen müssen hier noch einige Erscheinungen an den Gefässen erwähnt werden, die, wenn sie auch nicht in unmittelbarer

Beziehung zur Gefässentwickelung stehen, doch Beachtung verdienen. Nicht selten trifft man nehmlich abnorme Ausbuchtungen und Vorwölbungen an einer Seite der Gefässwand, noch häufiger bläsige Aufstrebung eines blind endigenden Gefäßes. Solche Gebilde erscheinen als grössere und kleinere mit Blut gefüllte Säcke von bald mehr rundlicher bald mehr länglicher oder gar eckiger Form (Taf. I. 4). Auf der Kuppe oder an einer anderen Stelle der Wand sitzen gewöhnlich Sprossen oder Protoplasmabrotsätze von wechselnder Länge: ein Befund, der es sehr wahrscheinlich macht, dass man es in diesen Säcken mit Erweiterungen zum Theil schon kanalirter Protoplasmastränge zu thun hat. Während diese mit dem blutführenden Gefäss fast immer in weit offener Communication stehen, ist bei andern verwandten Gebilden eine solche nicht nachweisbar. Man trifft nehmlich zuweilen Protoplasmastränge und Protoplasmabögen von meist beträchtlicher Dicke, die in der Mitte oder an dem einen oder an beiden Enden kanalisiert sind und in diesen kanalisierten Abschnitten einfache oder mehrfache Reihen von rothen und weissen Blutkörperchen besitzen, ohne dass man im Stande wäre, eine Verbindung mit einem blutführenden Gefässen nachzuweisen; vielmehr sind diese bluthaltigen Abschnitte durch mehr oder weniger lange solide Protoplasmamassen von der Communication mit solchen Gefässen abgeschnitten. Ueber die Bedeutung dieser Gebilde will ich später weitere Mittheilungen machen; ich glaubte jedoch, sie hier schon erwähnen zu müssen (Taf. III. Fig. G). Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass man häufig rothe und weisse Blutkörper ausserhalb der Blutbahnen trifft; sie kommen sowohl vereinzelt als in Gruppen angesammelt vor und erscheinen in dem letzteren Falle als kleine Blutextravasate, die mit besonderer Vorliebe an Gefässen sitzen, die zum Theil kanalisiert, zum Theil noch solide sind; manchmal sind sie so zahlreich, dass sie den soliden Fortsatz des Gefäßes vollständig verdecken (Taf. II. 7).

Hiermit habe ich im Wesentlichen diejenigen Formen geschildert, welche in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz zur Beobachtung gelangen, wenn man dieses Untersuchungsobject sei es nun in lebendem oder todtem Zustande einer vorübergehenden Durchmusterung unterwirft. Dagegen ist über die Bedeutung und Entstehung der Sprossen, Protoplasmabrotsätze und Protoplasmabögen, über deren gegenseitige Beziehung und die Stelle, die sie bei der

Entwickelung der Blutcapillaren spielen, nur dann eine Anschauung zu gewinnen, wenn man an dem lebenden Objecte ununterbrochene, über viele Stunden sich erstreckende und mit kurzen Unterbrechungen über mehrere Tage sich ausdehnende Beobachtungen anstellt. Nur dann ist der Nachweis der Entstehung der Blutcapillaren von dem Augenblick der ersten Anlage bis zu dem Momente der vollendeten Entwicklung möglich. Untersuchungen, die ich im Frühjahr 69 und 70 in dieser Weise anstellte, führten mich zu folgenden Wahrnehmungen über die Entwickelung der Blutcapillaren in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanze.

**Entwickelung der Sprossen.** Die erste Anlage des Blutgefäßes geht immer von der Wandung eines bereits vorhandenen und zwar sowohl eines schon vollkommen entwickelten als eines noch in der Entwicklung begriffenen Capillargefäßes aus. In dem ersten Falle ist die erste nachweisbare Veränderung die, dass das Gefäss an irgend einer Stelle der Wand eine Verdickung erfährt, die schon in sehr früher Zeit als eine kleine Sprosse sich darstellt. Diese ist anfänglich ein kurzer, feiner und aus wenigen Körnern bestehender Faden, der aber später durch Zunahme der Körner zu jenem dreieckigen Gebilde sich umgestaltet, das früher als Sprosse charakterisirt wurde. Wiederholt habe ich diese ersten Phasen der Entwicklung wahrgenommen und immer sind sie mir als Anhäufung einzelner Körner an der einen Stelle der Gefässwand erschienen, die später durch Vermehrung der Körner zur Sprosse sich umbildete. Diese Körneranhäufung und Sprossenbildung kann an den verschiedensten Punkten der Gefässwand, bald dicht bei einem Kerne, bald in grösserer oder geringerer Entfernung von einem solchen auftreten. Wenigstens wollte es mir trotz der grossen Zahl von Beobachtungen, die ich anstellte, nicht gelingen, in dieser Beziehung eine Norm in der Weise herauszufinden, dass nur an dem einen oder anderen Theile eines Gefäßes die Sprossenbildung erfolgen könne. So lange die Sprossen sehr klein und schmal sind, besitzen sie keine Kerne, später, wenn sie an Masse zunehmen, werden solche in ihnen keintlich, fehlen aber fast eben so häufig, wenn nicht häufiger auch dann noch. Tritt die Sprossenbildung an einem nicht vollkommen entwickelten Capillargefäß auf, das vielleicht noch in dem Zustande eines erst seit kurzem kanalisierten Protoplasmarohres sich befindet, so erscheint sie als einfache Ver-

dickeung der protoplasmatischen Wand. Erfolgt sie an einem noch soliden Protoplasmastrange oder Protoplasmabogen, so stellt sie sich als einfacher Auswuchs der Protoplasmamasse dar; Kernbildungen habe ich in solchen Fällen nicht an ihnen wahrnehmen können. Gewöhnlich entwickelt sich die Sprosse zu einem längeren Protoplasmastrange, ehe Phänomene der Kanalisirung an ihr bemerkbar werden, wenn nicht die kleinen Aushöhlungen der Basis der Sprossen als beginnende Kanalisirung aufzufassen sind. Wird die Sprosse dicker und länger, dann werden auch die Zeichen dieser deutlicher. Kleine Protoplasmapartikelchen oder einzelne Moleküle beginnen sich an der Basis der Sprosse im Centrum abzulösen; dadurch kommt zunächst eine kleine an der Basis der Sprosse gelegene centrale Höhle zu Stande. Die Protoplasmapartikelchen und Protoplasmamoleküle gelangen in den Blutstrom, in dem sie sich noch lange in unveränderter Form nachweisen lassen, wenn die Blutsäule längere Zeit in dem Gefäß nur oscillirende Bewegungen macht (Taf. III. Fig. E u. G u. Taf. I u. II.).

**Entwickelung der Protoplasmastränge.** Die Protoplasmastränge gehen aus den Gefässsprossen in der Weise hervor, dass die Körnerreihen des spitzen Endes solcher im Gewebe sich weiter vorschieben, dass ferner nicht nur in der Längenrichtung sondern auch im Dickendurchmesser eine Anlagerung von Körnern erfolgt. Ich hatte wiederholt hervorgehoben, dass die Sprossen immer in feine Körnerreihen auslaufen und dass diese als äusserste den Sprossen zugehörige morphologische Bestandtheile kenntlich seien. Dieselben sind an der Spitze der dreieckigen Sprosse häufig noch mehrfach, werden aber in grösserer Entfernung von dieser immer einfach, zugleich rücken die Körner weiter auseinander, ja manchmal werden die Körnerreihen unterbrochen. An diesen Stellen liegen dann nicht selten vereinzelte grössere Körner. Diese Körnerreihen unterscheiden sich von dem benachbarten Gewebe durch ihre Lichtbrechung, und die Differenzirung wird noch erleichtert und prägnanter durch lichte Contouren, die zu beiden Seiten der Körnerreihen verlaufen und nach vorne vor dem äussersten Ende dieser zu einem breiteren lichten Contour sich vereinigen, so dass es den Anschein hat, als lägen die Körnerreihen in Spalten des Gewebes. Ob dem wirklich so ist, oder ob wir es in dieser Zeichnung nur mit einem optischen Phänomen zu thun haben, wage ich

nicht zu entscheiden. Bei starken Vergrösserungen glaubte ich in den Körnerreihen eine hin- und zurückgehende Bewegung wahrzunehmen. Die in der Längen- und Querrichtung fortschreitende Zunahme der Protoplasmamasse führt zu einer Verlängerung und Dickenzunahme der Sprosse und zu deren Umwandlung in einen Protoplasmastrang, der in seinem Bau insofern mit der Sprosse vollständig übereinstimmt als er jeder Zeit aus feinkörnigem Protoplasma besteht. Kernbildungen werden in ihm bald getroffen, bald vermisst. Die Kanalisirung erfolgt zuweilen erst, nachdem der Protoplasmastrang zum Protoplasmabogen sich umgewandelt hat; in anderen Fällen aber ist dieselbe schon an dem Strange nachweisbar. Sie geht dann meistens von derjenigen Stelle aus, welche dem Ansatz des Stranges an das blutführende Gefäss entspricht und zwar in der Weise, dass von dem Theil des Protoplasmastranges, der dem Lumen des Gefässes zunächst liegt, zuerst im Centrum einige Protoplasmapartikeln und Protoplasmakörnchen sich ablösen. So entsteht eine kleine Höhle in dem basalen verbreitesten Theil des Protoplasmastranges. Diese Höhle wird vergrössert und zum Kanal umgewandelt, indem die Ablösung der Protoplasmamassen hauptsächlich in der Längenrichtung, aber auch in der Querrichtung des Stranges fortschreitet. Die Ablösung in der letztgenannten Richtung geht aber nur soweit, dass wenigstens zunächst noch eine deutlich wahrnehmbare protoplasmatische Wand übrig bleibt; auch die in der Längenrichtung fortschreitende Ablösung ist insofern eine beschränkte als fast nie der ganze Strang kanalisiert wird, sondern immer noch ein mehr oder weniger grosser Abschnitt im Zustande der Solidität verharrt. Diese in der Längenrichtung des Stranges fortschreitende Kanalisirung, welche durch die Ablösung der centralgelegenen Protoplasmamassen vermittelt wird, sowie die durch die theilweise Ablösung der wandständigen Protoplasmamassen bedingte Erweiterung der Gefässer sind Vorgänge, die bei einiger Aufmerksamkeit und Ausdauer leicht verfolgt werden können. Die Form und Grösse der abgelösten Theilchen ist sehr wechselnd; bald erscheinen diese nur als kleine Moleküle, bald als grössere runde oder eckige körnige Partikelchen. Sie gelangen in den Blutstrom, der in demselben Maassstabe als die Kanalisirung in dem Strange vorwärts rückt, weiter in diesen vordringt. Die in dem kanalisierten Abschnitt des Stranges befindliche Blutsäule besteht

meistens aus einer einfachen Reihe von rothen und weissen Blutkörpern, von denen die letzteren theils zwischen den ersteren aufgestellt sind, ausserdem aber fast immer zu zweien oder dreien das äusserste Ende der Blutsäule bilden; zwischen diesen sind dann häufig die von dem Strang abgelösten Protoplasmapartikelchen gelegen. Die Blutsäule zeigt fast immer rhythmisch vorrückende und zurückgehende Bewegungen in dem Protoplasmastrang, die den Eindruck eines Vor- und Rückstosses machen. Im letzteren Moment gehen dann von der Wand und dem soliden Anfangstheil des Stranges häufig noch Protoplasmapartikelchen mit, die kurz zuvor noch ziemlich festgesessen hatten; sie kommen meist an das äusserste Ende der Blutsäule zu liegen und folgen deren vor- und rückstossenden Bewegungen, bis sie später der Beobachtung sich entziehen. Sehr oft habe ich diese Phänomene der Kanalisirung, das Vor- und Rückstossen der Blutsäule, das gleichzeitige Ablösen der Protoplasmapartikel, die Erweiterung und Verlängerung des Kanales ununterbrochen Stunden lang beobachtet; immer zeigten sie dieselben Eigenthümlichkeiten in ihrer Erscheinung. An den Protoplasmasträngen, die Kerne enthalten, geht die Kanalisirung an der einen oder anderen Seite des Kernes vorüber, so dass dieser, wenn er auch ursprünglich die Mitte des Stranges einnahm, wandständig in dem Protoplasmariohr aufgestellt ist. Im übrigen ist der Vorgang der Kanalisirung an solchen kernhaltigen Stellen, die ja ohnedem nicht zu häufig sind, derselbe wie an kernlosen (Taf. III. Fig. F.). — Ein bestimmtes Verhältniss zwischen der Länge des Protoplasmastranges und der Ausdehnung der Kanalisirung war ich nicht im Stande aufzufinden; bald waren sehr lange Stränge nur in sehr kurzer Ausdehnung oder gar nicht kanalisiert, während andere viel kürzere zum kleineren oder grösseren Theile in Kanäle übergeführt waren; ja zuweilen sass der kanalisierten Protoplasmariohr nur ein kurzer solider Fortsatz an. In dem letzterwähnten Falle sah ich dann zuweilen die Röhre zu einem blasigen mit Blut gefüllten Gebilde sich umgestalten und in jene oben beschriebenen blutführenden Säcke sich umwandeln, die mit einem anderen blutführenden Gefäss in weit offener Communication standen. Unter solchen Verhältnissen kommen auch Extravasationen von Blut sehr leicht zu Stande. Es scheint sich aber bei deren Entstehung gewöhnlich nicht um eine eigentliche Zerreissung der Protoplasma-

röhre, sondern um ein Durchtreten von rothen und weissen Blutkörperchen durch die weiche Protoplasmamasse zu handeln. Damit soll das Vorkommen einer Zerreissung nicht ausgeschlossen sein; doch muss ich nach meinen Beobachtungen die Phänomene des einfachen Durchtretens für das häufigere Ereigniss halten. Dass dem wirklich so ist, dafür spricht auch die Wahrnehmung, dass sehr häufig nach längerer oder kürzerer Zeit die weissen und rothen Blutkörper wieder einwandern und so das Extravasat wieder verschwindet, während sie in anderen Fällen allerdings im Gewebe liegen bleiben, um dann weitere Veränderungen vorzunehmen oder über sich ergehen zu lassen. Durch diese Vorgänge der Dilatation der Protoplasmariöhren und des Durchtretens der Blutbestandtheile durch die weiche Protoplasmawand wird zuweilen die Wahrnehmung der Wachsthumsscheinungen an den Gefässen selbst sehr erschwert. Zunächst werden durch die ausgetretenen Blutbestandtheile die feinen Sprossen und Enden der Protoplasmariöhren leicht der Beobachtung entzogen und man könnte zu der Anschauung gelangen, dass es sich hier um eine Art der Bildung von Blutbahnen vielleicht unter Beteiligung des Gewebes handle. Beobachtet man aber weiter, so wird man wahrnehmen können, dass die ausgetretenen Blutbestandtheile wieder verschwinden und die Gefäßsprosse, die nun wieder zum Vorschein kommt, ihre Wachsthumsscheinungen in der gewöhnlichen Weise darbietet. Auch die Anwesenheit der Säcke könnte leicht zu der irrtümlichen Annahme einer Bildung von Gefäßräumen in dem Gewebe führen; hat man aber die Entstehung dieser Säcke und den Modus des Verschwindens derselben unter dem Mikroskop wahrgenommen, so wird man in ihnen nur zufällige zur Gefäßneubildung in keiner Beziehung stehende, aus der Beschaffenheit der Wand der jungen Protoplasmariöhre zur Genüge sich erklärende Ereignisse erkennen.

Die Entwicklung der Protoplasmabögen ist eine ziemlich verschiedenartige. In dem einen Falle entstehen dieselben in der Weise, dass zwei gleich lange Protoplasmastränge in Form von Halbbögen einander entgegenwachsen und sich dann in der Mitte zu einem Bogen vereinigen. Die Annäherung ist bedingt durch ein Vorschieben der Körnerreihen an den Spitzen der Protoplasmastränge, die meistens gleichzeitig in demselben Maasse, als sie sich verlängern, an Dicke zunehmen. Durch das stetige Vorrücken der äusser-

sten Körnerreihen kommen sich die Spitzen der beiden Protoplasmastränge immer näher, bis endlich die äussersten Körner beider sich erreichen und damit die Vereinigung beider Stränge herstellen. Das Verbindungsstück besteht ursprünglich nur aus einer Reihe ziemlich fernstehender Körner; später werden diese aber immer zahlreicher und dadurch die Körnerreihen immer dichter und endlich auch dicker. Bemerkenswerth ist, dass gewöhnlich schon vor dem Zusammentreten der Spitzenteile beider Stränge zwischen diesen eine lichte Verbindungslinie kenntlich ist, die gleichsam die Bahn der Vereinigung vorzeichnet und als Fortsetzung der lichten die Protoplasmastränge begleitenden und die Enden derselben überragenden Contouren sich darstellt. Ob die Spitzen der Protoplasmastränge sich zuweilen übereinander wegschieben, wage ich weder bestimmt zu verneinen noch zu bejahen; dass es gewöhnlich nicht der Fall ist, glaube ich versichern zu können (Taf. III. Fig. E u. G u. Taf. I u. II). In anderen Fällen sind die Protoplasmastränge, welche zu Bögen sich vereinigen, nicht von gleicher Länge, sondern der eine ist mehr oder weniger lang, der andere mehr oder weniger kurz und die Vereinigung erfolgt dann nicht in der Mitte, sondern mehr seitlich; ja manchmal tritt ein ganz langer Protoplasmastrang mit einem ganz kurzen oder mit einer Sprosse zusammen. In einzelnen Fällen habe ich wahrgenommen, dass das äusserste Ende eines Protoplasmastranges die Wandung eines vollkommen entwickelten Capillargefäßes erreichte, um in diese sich einzusetzen. Ebenso verschieden wie die Vorgänge der Vereinigung der Protoplasmastränge zu Bögen sind diejenigen der Kanalisirung dieser. In jenen Fällen, in denen nahezu gleich lange Protoplasmastränge zu Bögen zusammenfließen, beginnt die Kanalisirung sehr häufig an den beiden Enden des Bogens, durch die er mit den blutführenden Gefässen in Verbindung steht, indem an diesen Stellen zunächst kleine centrale Höhlen sich bilden, die später durch fortschreitende Ablösung des Protoplasmas in der Längen- und Querrichtung der Stränge zu längen und weiten Kanälen sich gestalten. Indem diese Vorgänge gleichzeitig an beiden Enden beginnen und in gleichen Abständen gegen die Mitte des Bogens vorrücken, wird dieser in einen Kanal umgewandelt, dessen mittlerer Abschnitt in mehr oder weniger grosser Ausdehnung noch solide bleibt, bis endlich auch dieser durch Ablösung

von Protoplasmateilen hohl wird und somit die Kanalisirung beendet ist. Die Entfernung des soliden Mittelstückes erfolgt entweder gleichfalls in Form der Ablösung kleinerer Partikelchen oder aber in der Weise, dass der centrale Theil desselben als zusammenhängender Pfropf in einer Richtung durchgestossen wird. Geschieht die Vereinigung der Protoplasmastränge zu Bögen nicht in der Mitte, sondern mehr seitlich, so erscheint gewöhnlich der Protoplasmabogen auf der einen Seite weiter kanalisiert als auf der anderen; ja der eine Strang oder die eine Sprosse kann vollkommen solid sein, während der andere Strang mehr oder weniger vollständig kanalisiert ist, wenn die Vereinigungsstelle vollkommen nach der einen Seite verlegt ist. Unter solchen Verhältnissen kann die Kanalisirung nur von der einen Seite her ausgeführt werden, so dass endlich der fast vollständig kanalisierte Protoplasmabogen nur noch durch einen soliden Pfropf, der in dem Abschnitt des Bogens sitzt, welcher dem blutführenden Gefäss anhaftet, von diesem selbst getrennt wird; die Communication wird dann zuweilen ziemlich plötzlich in der Art hergestellt, dass der centrale Theil des Propfes in das letztere durchgestossen wird (Taf. III. Fig. B, D u. E u. Taf. I u. II). Aber nicht immer erfolgt die Kanalisirung nach diesen Typen, denen im Allgemeinen das Gesetz zu Grunde liegt, dass die Entwicklung der Protoplasmabögen und deren Kanalisirung in einem directen Verhältniss stehen oder mit anderen Worten, dass die Kanalisirung der beiden Enden des Protoplasmabogens nach der Länge der Protoplasmastränge, durch deren Vereinigung der Bogen entstanden ist, sich richtet. Die Abweichungen von dieser Regel sind sehr häufig, insbesondere dann, wenn die Kanalisirung erst zu einer Zeit beginnt, in welcher die Vereinigung der Stränge zu einem Bogen beendet ist und dieser schon mehr oder weniger vollkommen sich ausgebildet hat. Unter solchen Verhältnissen kann die Kanalisirung, mögen nun die Protoplasmastränge, aus denen der Bogen entstanden ist, gleichlang gewesen sein oder nicht, an beiden Enden beginnen und gleichmässig gegen die Mitte vorschreiten, oder sie schreitet auf der einen Seite rascher vor wie auf der anderen, oder sie unterbleibt auf der einen Seite vollständig, so dass der ganze Bogen von der anderen Seite her kanalisiert werden muss. Zuweilen erfolgt die Kanalisirung scheinbar gar nicht zuerst an den Enden, sondern in der Mitte oder an den Seitentheilen des Bogens,

so dass dieser an seinen beiden Enden solid, in der Mitte und den Seitentheilen aber hohl erscheint. Dass solche Abweichungen in dem Kanalisirtsein vorkommen, davon habe ich mich auf das bestimmteste überzeugt, wiederholt habe ich an den Enden solide Protoplasmabögen getroffen, die in der Mitte oder in den Seitentheilen hohl waren. Für diese Fälle müsste man annehmen, dass das Protoplasma einem Zustande der Verflüssigung verfällt, denn von einer Aufnahme der abgelösten Partikelchen in den Kreislauf kann hier selbstverständlich keine Rede sein. Zuweilen kommen aber solche Bilder auf andere Weise zu Stande. Mehrere Mal habe ich nehmlich wahrgenommen, dass Abschnitte von Protoplasmabögen, nachdem sie bereits kanalisiert waren, wieder solide wurden, indem das wandständige Protoplasma des Rohres wieder zu einem scheinbar soliden Strang zusammenfloss; ja ich habe solche Vorgänge beobachtet an Abschnitten von Protoplasmabögen, durch die schon rothe und weisse Blutkörperchen hindurchgegangen waren. Ob es sich bei der Bildung dieser mit Unterbrechungen kanalisierten Protoplasmabögen vorwiegend um den einen oder anderen Vorgang handelt, wage ich nicht zu entscheiden; sehr wahrscheinlich dürfen beide bei der Beurtheilung dieser Befunde nicht ausser Acht gelassen werden. — Ich hatte früher erwähnt, dass man zuweilen bluthaltige Säcke und Röhren finde, die nur durch einen soliden Strang mit einem blutführenden Gefäss in Verbindung stehen. Den so eben gegebenen Auseinandersetzungen zufolge kann die Entstehung solcher Gebilde eine verschiedenartige sein. Zunächst könnte man sich denken, dass ein solcher blutführender Raum dadurch erzeugt sei, dass der zwischen dem blutführenden Gefäss und dem letzteren gelegene solide Strang früher schon kanalisiert gewesen sei, später aber wieder zu einem anscheinend soliden Gebilde sich umgewandelt habe, nachdem schon weisse und rothe Blutkörper passirt waren. Eine solche Deutung muss in Anbetracht der mitgetheilten Beobachtungen von dem Zusammenfiessen bereits kanalizirter Protoplasmaröhren zu soliden Strängen vollständig gerechtfertigt erscheinen. Ferner wäre es möglich, dass solche bluthaltigen Säcke in der Weise sich bildeten, dass Protoplasmabögen nicht an den Enden, sondern in der Mitte und den Seitentheilen zuerst kanalisiert würden und von aussen her rothe und weisse Blutkörperchen in die hohlgewordnen Abschnitte einwanderten. Dass solche Wanderungsvorgänge

vorkommen, wurde schon bei einer anderen Gelegenheit ausgeführt. In jenen Fällen, wo der blutführende Abschnitt des Protoplasmabögens in nicht zu grosser Entfernung von einem blutführenden Gefäss liegt, könnte man endlich daran denken, dass rothe und weisse Blutkörperchen durch den weichen Protoplasmabogen sich durchgedrängt haben oder durchgedrängt wurden. Wie bekannt, hat man für diese Gebilde eine Entstehung von Blutkörperchen an Ort und Stelle unabhängig von präexistirenden angenommen. Ich bin weit davon eine solche Möglichkeit in Abrede stellen zu wollen; nach den mitgetheilten Beobachtungen liegt aber bis jetzt kein zwingender Grund zu einer solchen Annahme vor, zu der man sich überhaupt nur dann wird bequemen dürfen, wenn ein unzweifelhafter Beweis durch directe Beobachtung beigebracht ist. So lange ein solcher nicht vorliegt, wird man die Entstehung solcher Gebilde nach den oben erwähnten Typen als die wahrscheinlichere gelten lassen müssen.

Die in den vorstehenden Zeilen über die Entwicklung der Blutcapillaren in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz gegebenen Darstellungen erfahren die beste Erläuterung durch die Mittheilung nachfolgender Beobachtungsreihen, welche ich zu diesem Zweck als besonders entsprechend aus einer grösseren Zahl ähnlicher Skizzen ausgewählt habe. Sie enthalten die wesentlichsten Repräsentanten der verschiedenen Formen von Sprossen, Protoplasmafortsätzen und Protoplasmabögen; aus ihnen sind die Vorgänge des Wachsthums dieser Gebilde, deren Beziehungen zu einander und Umwandlungen in einander ersichtlich; sie geben eine klare Anschauung wie die Sprossen und Protoplasmafortsätze entstehen, zu Bögen sich vereinigen und zu Kanälen sich umwandeln; sie liefern endlich Anhaltspunkte darüber, welches Zeitmaass erforderlich ist zur Entstehung der Sprossen, Protoplasmastränge und Protoplasmabögen, sowie zu deren Ueberführung in Kanäle, welche für den Blutstrom passirbar sind, weil bei jeder Figur der einzelnen Beobachtungsreihen die Stunden angegeben sind, nach deren Ablauf die Metamorphose bewerkstelligt war. Die Vergrösserung, bei der die Skizzen entworfen wurden, ist eine circa 250fache. Ich glaube den Vergrösserung Erwähnung thun zu sollen, weil deren Angabe in Verbindung mit derjenigen des Zeitmaasses ein Urtheil darüber gestattet, in welcher Zeit Gefäss und Gefässbezirke von bestimmter Grösse zur Entwicklung gelangen.

#### Beobachtungsreihe 1 (Taf. I.).

In der Beobachtungsreihe 1 ist ein vollkommen entwickeltes Capillargefäß abgebildet. An der einen Stelle seiner Wand sitzt eine kleine Sprosse, die in Form eines kleinen Dreieckes sich darstellt, dessen Spitze in eine Körnerreihe ausläuft. Nach 2 Stunden (b) hat die Sprosse schon beträchtlich an Masse gewonnen; ihr Fortsatz ist länger, endet aber gleichfalls mit einer einfachen Körnerreihe. Nach

3 Stunden (c) endlich hat die Sprosse sich bereits zu einem anscheinlichen, mit langem bogenförmig gekrümmtem Fortsatze endenden Gebilde umgewandelt.

#### Beobachtungsreihe 2 (Taf. I.).

Die Beobachtungsreihe 2 zeigt dieselben Phänomene der Entwicklung einer Sprosse aus einer Reihe feiner Körner (a) zu einem mehr entwickelten dreieckigen Körper (b und c) innerhalb 4 Stunden. Nach 17 Stunden war die Sprosse zu einem Protoplasmabogen durch Verbindung mit einer anderen Sprosse geworden (d).

#### Beobachtungsreihe 3 (Taf. I.).

Die in der Beobachtungsreihe 3 abgebildete Gefäßschlinge hatte ich durch 10 Stunden fast ohne Unterbrechung beobachtet. An ihr liess sich die allmähliche Zunahme des zwischen den Schenken des Gefäßbogens ausgespannten sehr feinen Protoplasmfadens (a) zu einem dickeren (b) und immer dickeren (c) Strang verfolgen. Die Kanalisirung begann schon nach 4 Stunden von beiden Enden her und schritt ziemlich gleichmässig gegen die Mitte vor (d), bis endlich in der Mitte nur noch ein kleiner Ppropf (e) blieb, der nach 10 Stunden (f) verschwunden und so das ganze Gebilde kanalisiert war. Auch die von dem oberen Schenkel des Gefäßbogens abzweigende Sprosse zeigte ein innerhalb 10 Stunden fortschreitendes Wachsthum.

#### Beobachtungsreihe 4 (Taf. I.).

Etwas complicirter als in den bis jetzt beschriebenen Beobachtungsreihen waren die Verhältnisse in der vierten. Das rechte Gefäß theilt sich an seinem oberen Ende in vier feinere Zweige, von denen die zwei rechten in zwei Protoplasmfadens, die zwei linken in zwei Protoplasmabögen auslaufen, welche an dem rechten Ast des daneben gelegenen Gefäßes sich ansetzen (a). Nach 6 Stunden (b) waren die Protoplasmabögen um Vieles stärker geworden und hatten die Protoplasmfadens der beiden rechten Zweige zu einem Bogen sich vereinigt, von dessen höchstem Punkt bereits eine neue Sprosse wieder entspringt. Nach 10 Stunden (c) war die Kanalisirung des letztgenannten Bogens schon beendet, seine Sprosse beträchtlich gewachsen und die anderen Protoplasmabögen von beiden Enden ziemlich weit kanalisiert.

#### Beobachtungsreihe 5 (Taf. I.).

Zwischen dem horizontal und vertical verlaufenden Capillargefäß ist ein feiner Protoplasmabogen ausgespannt, der in seiner Mitte nur aus einer einfachen Körnerreihe besteht, die in grösseren Abständen grössere glänzende Körner enthält. Das verticale Capillargefäß läuft in einen grossen bogenförmigen Protoplasmastrang aus, der ungefähr in seiner Mitte einen Kern enthält und mit einer einfachen Körnerreihe endet (a). Die äussersten Körner dieser sind schon nach 3 Stunden (b) mit dem Protoplasmabogen in Verbindung getreten, so dass jetzt schon zwei mit einander verbundene Protoplasmabögen bestehen, die nach 6 Stunden beträchtlich dicker geworden sind und an denen von dem einen Ende her die Kanalisirung

bereits begonnen hat. Ueberdies hat der untere Protoplasmabogen nach Ablauf dieser Frist schon eine neue zweitheilige Sprosse getrieben (c).

#### Beobachtungsreihe 6 (Taf. II.).

Der bogenförmige Fortsatz des horizontal verlaufenden Capillargefässes geht in einen Protoplasmabogen über, der etwas verbreitert an dem vertical verlaufenden Gefäß sich ansetzt. Von dem linken Ende dieses Bogens geht nach oben eine Sprosse ab, die in feine Körnerreihen sich auszicht und einer von oben kommenden Sprosse entgegenwächst. In der Mitte des Bogens setzt ein anderer nach unten ziehender Protoplasmabogen sich an; ein dritter Bogen der Art ist zwischen dem zugespitzten Ende des vertical verlaufenden Gefäßes und dem am meisten nach unten gelegenen Gefäß ausgespannt (a). Nach 24 Stunden ist die Vereinigung der beiden Sprossen zu einem Protoplasmastrang, an dessen Enden die Canalisation bereits ziemlich weit vorgeschritten ist, bewerkstelligt. Der grösste Protoplasmabogen ist vollständig kanalisiert; die beiden anderen Bögen sind dicker geworden und zeigen gleichfalls Anfänge der Kanalisation (b). Nach Verlauf von 36 Stunden ist die Kanalisirung sämmtlicher Stränge und Bögen beendet und somit ein ziemlich grosses Gefässgebiet neugebildet (c).

#### Beobachtungsreihe 7 (Taf. II.).

Von dem horizontal verlaufenden Capillargefäß gehen 3 Gefäße nach unten ab, von denen das erste an seiner Spitze von einem Blutextravasate umgeben ist, während die beiden anderen in Sprossen auslaufen. Nach 12 Stunden (b) ist das Blutextravasat nicht nur verschwunden, sondern bereits eine Verbindung zwischen der Sprosse des mittleren Gefäßes und der einen Sprosse des ersten Gefäßes hergestellt. Das dritte Gefäß ist nicht nur gewachsen, sondern hat auch nach der einen Seite eine ziemlich grosse neue Sprosse ausgetrieben (b). Nach weiteren 6 Stunden ist der Protoplasmabogen zwischen den beiden ersten Gefäßen kanalisiert; auch die neue Sprosse an dem letzten Gefäß zeigt schon ziemlich weit gediehene Canalisation (c).

#### Beobachtungsreihe 8 (Taf. III.).

In der Beobachtungsreihe 8 ist die innerhalb 36 Stunden erfolgte Neubildung eines ziemlich grossen Gefässgebietes veranschaulicht. Die Phänomene der Sprossentreibung, der Bildung von Protoplasmabögen, der immer zunehmenden Kanalisirung dieser können anschaulicher kaum demonstriert werden. Ausserdem zeigt die Fig. a die bauchige Erweiterung der Gefäße, wie sie zuweilen auftritt, um nach längerer oder kürzerer Zeit wieder zu verschwinden, ohne zur eigentlichen Gefässneubildung in irgend einer Beziehung zu stehen, wie aus Fig. b ersichtlich ist.

Bezüglich der Zeit, welche die einzelnen Gebilde zu ihrer Entwicklung gebrauchen, lässt sich aus den mitgetheilten Beobachtungsreihen so viel entnehmen, dass die Sprossen im Durchschnitt 2—4 Stunden zu ihrer Bildung nötig haben und dass sie inner-

halb dieser kurzen Zeit zu ziemlich ansehnlichen Protoplasmaanhäufungen sich gestalten. Sie werden zu sehr grossen Körpern und deutlichen Protoplasmasträngen in 4—6 Stunden. Die Bildung der Protoplasmabögen nimmt eine sehr verschiedene Zeit je nach deren Länge in Anspruch; doch werden schon ziemlich lange Bögen innerhalb 6—8 Stunden neugebildet. Die Protoplasmabögen von mittlerer Länge bedürfen zu ihrer Kanalisirung 4—6 Stunden, so dass also 10—12 Stunden zu der Bildung eines mittelgrossen Capillargefäßes ausreichen. Diese Werthe können und sollen nur approximative sein. Sie werden natürlich sehr schwanken nach der Länge des Gefäßes, das neugebildet werden soll. Grössere Gefässgebiete können, das lehren die letzten Beobachtungsreihen, schon innerhalb ein- bis zweimal 24 Stunden zu Stande kommen. Ein Befund der mit der Beobachtung über die Dauer der Gefässentwickelung bei der künstlich erzeugten Keratitis vasculosa übereinstimmt.

Wir hatten die Entwicklung der Gefässe bis zu dem Zustande verfolgt, in dem sie als kanalisierte Protoplasmaröhren, welche von einer protoplasmatischen Wand begrenzt werden, erscheinen. In der letzteren werden früher oder später Kernbildung kenntlich. Der Zeitpunkt, in welchem diese zum Vorschein kommen, ist ein verschiedener, indem sie manchmal schon vor der Kanalisirung in den Protoplasmasträngen und Protoplasmabögen, andere mal kürzere oder längere Zeit nach der Kanalisirung in den Protoplasmaröhren getroffen werden. Die Kerne sind anfangs klein und schwer wahrnehmbar, werden aber später grösser und deutlicher. Theilungen war ich nicht im Stande an ihnen zu finden und zwar weder an den Kernen in den Sprossen noch an denen in den Strängen, Bögen und Röhren gelegenen. Immer liegen die Kerne in diesen Gebilden fern von einander in mehr oder weniger grossen Distanzen; Kerngruppen oder Kernhaufen habe ich nie getroffen, weder an frischen noch an mit schwachen Goldlösungen behandelten Präparaten, an denen die Kernzeichnungen doch so scharf hervortreten. Die körnige Beschaffenheit der Wand verschwindet später und macht einem mehr homogenen Aussehen Platz, doch findet man noch nach langer Zeit da und dort Anhäufungen von Körnern und zwar sowohl an solchen Stellen, wo Kerne liegen als an solchen, wo diese fehlen.

Versucht man auf Grund der mitgetheilten Beobachtung sich eine Anschauung über den Entwickelungsmodus der Blutcapillaren

in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz zu machen, so bieten folgende Thatsachen die wichtigsten Anhaltspunkte. — Die Entwicklung der Blutcapillaren geht immer von einem bereits vorhandenen Gefäss aus, sei es nun, dass dieses vollkommen ausgebildet oder in einem früheren Stadium der Entwicklung sich befindet. Sie beginnt mit der Anhäufung von Körnern, welche reihenförmig sich aufstellen und durch vermehrte Protoplasmaanhäufung bald zu kleineren, bald zu grösseren Gebilden — den Sprossen — sich umgestalten. Das Wachsthum dieser erfolgt in doppelter Richtung, erstens in der Breite und zweitens in der Länge; das letztere kommt dadurch zu Stande, dass die Körner immer weiter sich vorschieben, das erstere in der Weise, dass immer mehr Körner in der Breite sich anhäufen. Durch das Vorrücken in der Längenrichtung wird die Sprosse zum Protoplasmafaden, der dieselben Phänomene des Wachsthumes in der Länge und Breite darbietet. Das Vorrücken der Körner erfolgt innerhalb lichter Bahnen, die vielleicht Spalten des Gewebes entsprechen. Durch die Vereinigung der äussersten Körnerreihen zweier Protoplasmastränge, oder derjenigen eines Protoplasmastranges und einer Sprosse, oder durch den Ansatz der äussersten Körnerreihe eines Protoplasmastranges an die Wandung eines mehr oder weniger vollkommen entwickelten Gefäßes kommt es zu der Bildung von Protoplasmabögen. — Die Kanalisirung beginnt in den Protoplasmafäden meistens von dem der Gefässwand aufsitzenden Ende; das Verhältniss zwischen der Länge des Protoplasmastranges und der Ausdehnung der Kanalisirung ist kein bestimmt gegebenes. Die Kanalisirung der Protoplasmabögen tritt bald an beiden Enden gleichzeitig, bald nur an dem einen Ende oder in der Mitte oder in beiden oder einem Seitentheile auf; wenn auch das erstere die Regel ist, so sind doch die Abweichungen von dieser keineswegs selten. Der Vorgang der Kanalisirung kommt durch Ablösung des centralgelegenen Protoplasmas in Form von Molekülen und grösseren Partikelchen zu Stande, die noch längere Zeit im Kreislauf nachweisbar sind. Kernbildungen sind in den Sprossen, Protoplasmasträngen und Protoplasmabögen bald früher bald später vorhanden, bald werden sie vermisst; dagegen fehlen sie selten in den Protoplasmaröhren; immer stehen sie in grossen Abständen.

Vergleicht man die Vorgänge, wie sie bei der Gefässentwickel-

lung in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz in den vorstehenden Zeilen und zum Theil früher schon von Billroth beschrieben wurden mit den Angaben, welche Stricker und Golubew über denselben Gegenstand in dem normal sich entwickelnden Froschlarvenschwanz machen, so lässt sich nicht verkennen, dass zwischen beiden Prozessen eine Analogie besteht. Diese bezieht sich auf den Modus der vom Gefäss ausgehenden Bildung von Sprossen und Protoplasmasträngen, während bezüglich des Zustandekommens der Protoplasmabögen zwischen Golubew's und meinen Angaben insofern eine Abweichung besteht, als er deren Vereinigung dadurch vermittelt sein lässt, dass die äussersten Spitzen derselben sich über einander wegschieben und dann erst vereinigen sollen, während nach meinen Beobachtungen dieselbe durch ein Zusammenfliessen der äussersten Körnerreihen bewerkstelligt wird. Golubew erwähnt, dass er die Procedur der Vereinigung in nur wenigen Fällen beobachtet habe, während ich sehr oft Gelegenheit hatte, dieselbe zu verfolgen. Es erklärt sich dies einfach aus dem Umstände, dass in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz die Vorgänge viel stürmischer ablaufen und so zu einer ununterbrochenen Beobachtung viel besser eignen, als in dem normal wachsenden Larvenschwanz, bei dem erst nach vielen Stunden dieselben Veränderungen sich vollziehen, die an dem erstgenannten Objecte in schneller Reihenfolge eintreten. Ich will damit keineswegs behaupten, dass die Vorgänge, wie sie Golubew berichtet, nicht vorkommen; es ist ja sehr leicht möglich, dass gerade diese Procedur der Vereinigung nach verschiedenen Typen in dem einen und anderen Falle, an dem normal sich entwickelnden und dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz sich darstellen kann. Auch die Vorgänge der Canalisation scheinen in dem sich regenerirenden Froschlarvenschwanz rascher zu erfolgen und die dabei in Betracht kommenden Einzelheiten prägnanter hervorzutreten. Ich glaube überhaupt, dass man dieses Untersuchungsobject als eines der interessantesten bezeichnen darf. Kaum möchten sich die Phänomene der Sprossung, des Wachsthumes und der Vermehrung des thierischen Protoplasmas, wenn wir von den einfachsten Thierformen abssehen, anschaulicher demonstrieren lassen. Insofern liefert das Studium der Gefässentwicklung auch interessanten Stoff für die allgemeine Histologie in Fülle. Ich behalte mir vor, auf diesen Theil unserer Frage zurückzukommen,

wenn durch die Berichte über die Beobachtungsresultate der Gefässentwicklung an anderen Stellen und unter anderen Verhältnissen noch mehr Material zu deren Lösung in den folgenden Artikeln beigebracht ist.

---

### Erklärung der Abbildungen.

Bezüglich der Figuren auf Taf. I und II sind Seite 86—88 des Textes nachzusehen.

#### Tafel III. A—G.

Fig. A zeigt ein Gefäss, von dessen Wand ein ziemlich langer Protoplasmastrang abgeht. In dessen verbreitertem Anfang liegt eine Kernbildung, sein Ende läuft in feine Körnerreihen aus. Vergr. 320 : 1.

Die Capillargefässer a und b in Fig. B sind durch einen ziemlich dicken Protoplasmabogen vereinigt, der an beiden Enden etwas ausgehöhl ist. Vergr. 320 : 1.

Der zwischen den Capillargefässen a und b in Fig. C gelegene Protoplasmastrang ist an dem oberen Ende kernhaltig, besteht aber in den übrigen Theilen lediglich aus einer feinkörnigen Masse. Vergr. 320 : 1.

Der Zweig a des in Fig. D abgebildeten Capillargefäßnetzes läuft an seinem einen Ende in einen feinen Protoplasmastrang aus. An seiner unteren Wand sitzt eine Gefässsprosse. Von der oberen Wand geht ein Protoplasmastrang aus, der an seinem einen Ende schon ziemlich weit kanalisiert ist. Die Capillargefässer b und c stehen durch ein dünneres Gefäss und einen soliden Protoplasmastrang in Verbindung. Vergr. 320 : 1.

Das Capillargefäß a in Fig. E theilt sich in zwei Zweige, von denen der eine (b) in einen feinen Protoplasmastrang ausläuft und von seiner unteren Wand eine Sprosse abtreten lässt. Der andere bogenförmig verlaufende Zweig (c) endet gleichfalls mit einem Protoplasmastrang, ausserdem stehen aber mit ihm Protoplasmabögen, die in den verschiedensten Stadien der Entwicklung und Kanalisirung sich befinden, in Verbindung. Vergr. 320 : 1.

Die Fig. F soll die Vorgänge der fortschreitenden Kanalisirung an einem kernhaltigen Protoplasmastrang zeigen. Vergr. 320 : 1.

In Fig. G ist ein Protoplasmabogen abgebildet, der stellenweise solid, stellenweise kanalisiert erscheint. In einigen der kanalisierten Abschnitte liegen rothe und weisse Blutkörper. Vergr. 320 : 1.

---