

Ueber die Krappfärbung der Froschgewebe.

Von

Dr. N. Kastschenko.

(Aus dem embryologischen Institut in Charkow.)

Hierzu Tafel XIX und XX.

Nachdem ich Batrachierknochen einem genauen genetischen und topographischen Studium unterzogen und mich mit den an denselben verlaufenden elementaren Ossifications- und Wachsthumsvorgängen vertraut gemacht hatte, wollte ich meine Untersuchungen über denselben Gegenstand noch weiter ausdehnen und die mit Krapp gefärbten Batrachierknochen in verschiedenen Entwicklungsstadien der Thiere studiren. Es lag der Gedanke nahe, dass die nach der Krappmethode angestellten Untersuchungen die in meiner früheren Arbeit ¹⁾ existirenden Lücken ausfüllen und zur Lösung der schwierigen Frage über Krappfärbung beitragen möchten.

Nach den aus den Untersuchungen von Du Hamel²⁾, Flourens³⁾, Brullé und Huguény⁴⁾ hervorgegangenen und zu allgemeiner Geltung gekommenen Ansichten, färben sich bei den mit Krapp gefütterten Thieren nur die mit Kalksalzen imprägnirten Gebilde, die Weichtheile bleiben aber farblos und was die Knochen betrifft, so werden nur die während des Versuchs abgelagerten

1) Ueber die Genese und Architectur der Batrachierknochen. Archiv für mikrosk. Anatomie Bd. XIX, Heft 1, 1880.

2) Histoire d'Academie des Sciences. 1839—41. 42—43.

3) Annales des sciences naturelles. 1840, 2 Série, T. XIII. — 1841, 2. Série, T. XV. — 1845, 3. Série, T. IV. — Compt. rend. 1840, T. X. — 1842, T. XV. Recherches sur le développement des os et des dents. Paris 1842. — Traité expérimental de la formation des os. Paris 1847.

4) Annales des sciences naturelles. 1845. 3. Série. T. IV.

Knochenschichten roth, die vor der Krappfütterung gebildete Knochensubstanz erscheint ungefärbt. Nach Aussetzung der Krappfütterung soll die Krappfärbung durch Resorption der gefärbten Knochenschichten verloren gehen.

Diese aus makroskopischen Betrachtungen der Krappknochen gefolgerten Schlüsse sind von Serres et Doyère¹⁾ aufs entschiedenste in Abrede gestellt worden. Diese Forscher haben die Krappknochen zum ersten Male mikroskopisch untersucht und gefunden, dass die Knochen der mit Krapp gefütterten Thiere nur an den Rändern der Havers'schen Kanäle gefärbt werden, die äusseren Knochenflächen bleiben aber farblos, wie lange auch die Krappfütterung dauern mag. Obwohl die genannten Autoren bahnbrechend auftraten und den Weg zu einem richtigen Verständniss der Krappbilder eröffneten, haben ihre Beobachtungen keine Beachtung gefunden und die frühere Meinung schien wieder durch die makroskopischen Beobachtungen von Lieberkühn²⁾ und Kölliker³⁾ unterstützt zu werden. Erst später hat Strelzoff⁴⁾ eingehende mikroskopische Studien der Taubenkrappknochen geliefert, dieselben in verschiedenen Entwicklungsstadien der Thiere genetisch und topographisch untersucht, die Angaben von Serres und Doyère bestätigt und in vielen Beziehungen erweitert. Obwohl es mir unmöglich ist, an Froschknochen eine so zusammenhängende Reihe von Krappbildern, wie es Strelzoff an Taubenknochen gelungen ist, an den Augen der Leser vorüberzuführen und das von mir Erreichte weit hinter dem Erstrebten zurückbleibt, darf ich doch hoffen, dass die vorliegende Arbeit als willkommen betrachtet werden wird, da die von Strelzoff auf dem genetischen Wege durchgeführten Untersuchungen ganz vereinzelt dastehen und die Krappknochen der kaltblütigen Thiere bisher gar nicht untersucht worden sind.

1) Comptes rendus. 1842. T. XIV. — Annales des sciences naturelles. 1842. T. XVII. Exposé de quelques faits relatifs à la coloration des os chez les animaux soumis au regime de la garance.

2) Ueber Wachsthum und Resorption der Knochen. Marburg 1867.

3) Die normale Resorption des Knochengewebes und ihre Bedeutung für die Entstehung der typischen Knochenformen. Leipzig 1873.

4) Genetische und topographische Studien des Knochenwachsthums. Unters. aus dem patholog. Institut zu Zürich, herausgegeben von Eberth 1874. II. Heft.

Untersuchungsmethode.

Die Untersuchungen sind an 27 Fröschen (*Rana esculenta*) verschiedenen Alters (von 33 bis 89 mm Kopfsteisslänge) angestellt worden. Die Krappfütterung jüngerer Frösche ist höchst schwierig und die Anfertigung feiner Knochenschliffe, wegen der Feinheit der Knochen, fast unmöglich. Die 89 mm langen Frösche sind die grössten, welche in Charkow und seinen Umgebungen zu finden sind, sie sind also die ältesten. Im Beginn und am Ende der Krappfütterung wurde jedes Versuchsthier gemessen und die Fütterungsdauer notirt. Zu den Fütterungsversuchen habe ich mich der fein pulverisirten Krappwurzel bedient, welche ich in Pillenform mit einer gebogenen Pincette in den Magen der Thiere einführte. Anfangs bekamen die grössten Frösche vier und die kleinsten zwei Gran Krapppulver täglich, da aber einige Thiere bald darauf zu Grunde gingen und der Darmkanal derselben bei der Autopsie mit Krapppulver vollgestopft gefunden wurde, verminderte ich die Krappdosis um das zweifache. Doch ist die Menge der verzehrten Krappwurzel selbst approximativ nicht zu bestimmen, da manche Versuchsthiere die eingeführten Krapppillen sehr oft wieder herausförderten. Ausserdem wurden die Frösche ein- bis zweimal in der Woche mit Fleisch gefüttert. Im Allgemeinen dauerte die Krappfütterung von 3 bis 105 Tage. Da die Frösche sehr langsam wachsen und die am längsten gefütterten Thiere zu gleicher Zeit die ältesten waren, so hat kein einziges von den Versuchsthiere während der Krappfütterung in der Länge zugenommen. Die zu Grunde gegangenen oder getödteten Thiere wurden in Spiritus aufbewahrt. Bei einem mehr als zweijährigen Aufenthalt der Präparate in Spiritus war keine Decoloration der mit Krapp gefärbten Theile zu bemerken. Die Knochen wurden an feinen Schliffen untersucht, da die Entkalkung der Knochen wegen des Erblässens der Färbung keine Dienste leisten kann. Um die feineren Nuanzen der Krappfärbung besser zu studiren, ist es zweckmässig, die Knochen sowie die Weichtheile bei auffallendem Lichte und auf einer weissen Unterlage zu untersuchen. Bei der Untersuchung der Haut leistet eine schwarze Unterlage bei auffallendem Lichte viel bessere Dienste. Die mikroskopischen Präparate wurden in Glycerin, oder in Glycerin mit Gelatine auf-

bewahrt. Die folgende Tabelle zeigt die Dauer der Krappfütterung, die der darauffolgenden Aussetzung derselben und die Länge der Versuchsthiere in mm.

Nr. des Frosches. Kopfteisslänge.	Dauer der Krappfüt- terung.	Dauer der Aussetzung der Krapp- fütterung.	Nr. des Frosches. Kopfteisslänge.	Dauer der Krappfüt- terung.	Dauer der Aussetzung der Krapp- fütterung.
1 44	3 Tage	0	15 52	46 Tage	0
2 36	6	0	16 52	46	15
3 88	8	0	17 46	48	0
4 73	12	0	18 49	49	0
5 33	14	0	19 48	54	0
6 34	14	0	20 57	57	0
7 41	16	0	21 71	59	0
8 52	18	0	22 60	62	0
9 42	36	0	23 68	69	0
10 52	36	0	24 67	73	0
11 62	36	0	25 66	85	7
12 72	36	0	26 60	86	0
13 82	36	0	27 89	105	30
14 48	42	0			

Färbung der Weichtheile.

An einem senkrechten Schnitt durch die Cutis (Taf. XIX, Fig. 1) unterscheidet man mikroskopisch drei Schichten derselben und zwar: die äussere oder epidermoidale (a), die untere, aus den parallel verlaufenden, groben Bindegewebsfasern der Cutis bestehende (d) und die mittlere, die Hautdrüsen einschliessende Schicht (b). Bei einer näheren Betrachtung dieser Gebilde ergibt sich, dass sich zwischen den Hautdrüsen (h) ein lockeres, aus stern- und spindelförmigen Elementen und einer feinfaserigen Substanz bestehendes Bindegewebe findet, welches in seinen oberen Parteen grosse sternförmige, schwarzpigmentirte (g) und kleinere unregelmässige, weisspigmentirte Zellen (f) enthält. Dieses lockere Bindegewebe verbindet sich mit dem subcutanen Zellgewebe durch gesonderte, ziemlich weit von einander gelagerte, die Cutis senkrecht durchsetzende Bündel (k), welche aus Bindegewebsfasern und, nach Eberth¹⁾, aus glatten Muskelfasern zusammengesetzt sind.

1) Untersuchungen zur normalen und pathologischen Anatomie der Froschhaut. Leipzig 1869.

Zwischen der mittleren und unteren Hautschicht findet sich noch ein Gebilde (c), welches sich an einem senkrechten Schnitt in Gestalt eines 0,009—0,021 mm breiten Streifens darstellt, gegen die Drüsenschicht scharf begrenzt wird und gegen die Cutis sich unmerklich verliert. An einem Flächenschnitt stellt es sich in Gestalt eines continuirlichen, siebförmig durchlöchernten Septum dar, welches die ganze Dicke der Cutis in die zwei obengenannten Schichten trennt, und dessen Maschen die oben erwähnten, die beiden Hautschichten verbindenden Bündel durchlassen. Diese siebförmige Hautschicht sieht feinkörnig aus, verliert sich an den Rändern der Maschen nicht abrupt, sondern schlägt sich nach unten um und bildet für die verbindenden Bündel trichterförmige, mit breiteren Oeffnungen nach Aussen zugekehrte Scheiden (Fig. 1, i).

Bezüglich der feineren Struktur der betreffenden Hautschicht sagt Eberth (l. c.), dass dieselbe bei *Rana esculenta* aus feinen Bindegewebsfasern zusammengesetzt sei. Bei sorgfältigen Untersuchungen frischer, sowie in Spiritus und in Müller'scher Flüssigkeit conservirter Präparate konnte ich nichts weiter, als feine Körner finden. Zwar kann man an der unteren Grenze dieser Schicht zwischen den Körnern auch sehr feine Bindegewebsfasern wahrnehmen; doch überzeugt man sich, dass dieselben aus der unterliegenden Hautschicht emporsteigen und gerade an dieser Stelle sehr fein sind. Sie durchdringen nicht die ganze Dicke der siebförmigen Schicht und machen keineswegs die Hauptmasse derselben aus. Die Körner sind nicht gleichmässig, sondern vielmehr haufenweise vertheilt. Bei sorgfältigen und allseitigen Untersuchungen dieser Hautschicht konnte ich weder zellige Elemente isoliren, noch Kerne nachweisen. Mit Karmin, Pikrokarmine, Hämatoxylin, Eosin und Anilinfarben tingirt sich dieselbe in ihrer ganzen Dicke sehr schwach und gleichmässig.

Die beschriebene siebförmige Hautschicht, welche unter normalen Verhältnissen eine sehr schwach gelbliche Nuance besitzt, färbt sich roth bei den mit Krapp gefütterten Thieren (Fig. 1, c). Die Färbung ist bei durch- und auffallendem Lichte sehr klar zu beobachten. An dem Frosch Nr. 20 kann man schon makroskopisch rosaroth Zeichnungen an den Stellen sehen, wo die schwarzpigmentirten Zellen sehr sparsam sind, wie an der Bauchhaut und an den inneren Flächen der Schenkel. An einem auf schwarzer Unterlage und bei auffallendem Lichte untersuchten Flächenschnitt

(Taf. XIX, Fig. 9) beobachtet man ein, an ein injicirtes Lymphgefässnetz sehr erinnerndes Bild; man sieht nämlich ein aus mächtigen, anastomosirenden, rosaroth gefärbten Balken bestehendes Reticulum, dessen nicht gefärbte Maschen diejenigen sind, welche die verbindenden Bündel durchlassen. Die Ränder der Balken sind intensiver als die mittleren Theile derselben gefärbt und entsprechen den Stellen, wo die siebförmige Schicht sich trichterförmig vertieft, wovon man sich leicht an senkrechten Schnitten überzeugen kann.

Die Epidermis wird ebenfalls mit Krapp gefärbt, die Färbung ist aber so schwach, dass dieselbe an senkrechten Schnitten kaum zu sehen und nur an Flächenschnitten zu beobachten ist. An abgefallenen Epidermisstücken lebendiger mit Krapp gefütterter Frösche fand ich hauptsächlich die Zellkerne gefärbt; bei der Untersuchung der tieferen Epidermisschichten der in Spiritus conservirten Präparate schienen die Epidermisszellen gleichmässig rosaroth gefärbt zu sein.

Die Färbung der Haut ist nach einer zweiwöchentlichen Fütterungsdauer sehr deutlich und nimmt bei fortgesetzter Fütterung an Intensität zu. Bei sehr alten Fröschen (Nr. 13, 27) gelingt die Färbung schwieriger, als bei jüngeren und es ist zu bemerken, dass dieselbe bei gleich alten Thieren und bei gleicher Fütterungsdauer sehr grossen Schwankungen unterliegt (Nr. 17, 18).

Die mit Krapp gefärbte Cutis ist ein sehr überzeugendes Object, um eine Decoloration der gefärbten Theile nach der Aussetzung der Krappfütterung nachzuweisen. Am besten konnte ich dies an den Fröschen Nr. 16 und 25 beobachten. In beiden Fällen zeigte die Cutis am Ende der Fütterung eine ziemlich intensive rosaroth Färbung; nach der Aussetzung der Krappfütterung wurde die Färbung immer schwächer und verlor sich unmerklich nach zwei Wochen ganz und gar, so dass ich weder makroskopisch noch mikroskopisch irgend eine Färbung mehr wahrnehmen konnte.

Der Eierstock besteht bei *Rana esculenta* aus zwei Lamellen, welche sehr leicht mit Nadeln von einander getrennt werden können und dünn genug sind, um ohne etwaige Präparation mikroskopisch untersucht zu werden. An jeder Lamelle (Taf. XX Fig. 12) unterscheidet man ein feinfaseriges Stroma und Graaff'sche Follikel, welche an einem und demselben Eierstock von verschiedenem Alter zu treffen sind (A und B). Der Graaff'sche

Follikel besteht aus einer faserigen Kapsel (theca), einer structurlosen, mit länglichen Kernen versehenen, die epitheliale Schicht des Follikels darstellenden Membran (membr. granulosa) und einem darin liegenden Ei (a). Das letztere besitzt ein grosses, in einer isolirbaren Membran eingeschlossenes Keimbläschen (b) mit zahlreichen Keimflecken. Je nach dem Alter des Eies sieht das Ei-protoplasma verschieden aus: an jüngeren Eiern ist das Protoplasma hell und feinkörnig; bei grösseren und älteren Eiern erscheint dasselbe dunkel und grobkörnig und bietet besondere Gebilde dar, welche bei mit Krapp gefütterten Fröschen roth gefärbt werden.

Bei dem Frosch Nr. 22 fand ich im Ei-protoplasma der älteren Eier sehr zahlreiche intensiv purpurroth gefärbte Körner (Fig. 12 c), deren Grösse von einem kaum bemerklichen Pünktchen bis zu 0,03 mm betrug. Die Körner lagen so dicht an der Peripherie des Ei-protoplasmas, dass dieselben zu der Membrana granulosa zu gehören schienen, doch traten die Körner nach dem Zerquetschen des Graaff'schen Follikels aus dem letzteren heraus und schwammen in der Untersuchungsflüssigkeit frei herum. Die Körner stellen sich in Gestalt abgerundeter, aber nicht ganz runder stark lichtbrechender Körper dar, welche weder in Aether noch in Säuren und Alkalien löslich sind, mit Ueberosmiumsäure schwarz, mit Jod gelb tingirt werden. Bei sehr jungen Fröschen fehlen diese Gebilde ganz und gar, erst bei den 40—46 mm langen Krappfröschen sind dieselben wegen ihrer rothen Färbung in Gestalt punktförmiger, rundlicher Körner deutlich zu sehen (Nr. 9, 17). Dass dieselben mit dem Alter der Frösche an Grösse zunehmen, kann man an älteren Fröschen, sowie an einem und demselben Eierstock eines ausgewachsenen Frosches beobachten. Ich halte diese Gebilde für Dotterkörner, obwohl dieselben im abgesetzten Froschlaich immer kleiner und abgerundeter sind. Anstatt zahlreicher kleiner Dotterkörner findet man manchmal im Ei-protoplasma einen einzigen stark lichtbrechenden, bei Krappfröschen intensiv purpurroth gefärbten grossen Körper. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Dotterkörner desto intensiver gefärbt werden, je länger die Krappfütterung dauert. Bei den Fröschen, welche weniger als eine Woche mit Krapp gefüttert werden, auch bei denjenigen, bei welchen die Krappfütterung sehr lange ausgesetzt wird (Nr. 27), findet man die Dotterkörner farblos. Individuelle

Schwankungen sind auch hier nicht selten, so bietet z. B. der Frosch Nr. 22 eine viel intensivere Färbung der Dotterkörner, als der Frosch Nr. 26 dar.

Auch in der Leber der Krappfrösche habe ich roth gefärbte Körper gefunden, welche den im Eiprotoplasma beschriebenen sehr ähnlich, aber kleiner sind. Das sind längliche Körper, deren kleinerer Durchmesser 0,0015—0,0075 mm und deren grösserer 0,0875 bis 0,0375 mm beträgt. Diese Gebilde sind nicht im Zellprotoplasma, sondern zwischen den Leberzellen so gelagert, dass an einem Längsschnitt der Lebertrabekel dieselben reihenweise in der Axe der Trabekel liegen und ein ziemlich regelmässiges Netz bilden. An einem quergeschnittenen Lebertrabekel findet man ein roth gefärbtes Körnchen in dessen feinem Lumen eingekeilt. Es unterliegt also keinem Zweifel, dass diese Gebilde in den Gallengängen liegen. Gegen chemische Reagentien verhalten sie sich, wie die im Eiprotoplasma beschriebenen, mit dem Unterschied jedoch, dass die ersteren mit Ueberosmiumsäure etwas schwächer gefärbt werden. Was die Natur dieser Gebilde betrifft, so konnte ich nichts mehr herausbringen und in den nicht mit Krapp gefütterten Fröschen konnte ich diese Körner nicht nachweisen.

Ausser den beschriebenen Gebilden, welche mit Krapp sehr intensiv gefärbt werden, findet man bei der Untersuchung der Krappfrösche, dass sich alle Weichtheile ohne Ausnahme mehr oder weniger intensiv und gleichmässig, aber verhältnissmässig schwach rosaroth färben. Makroskopisch ist diese Färbung immer sehr deutlich zu sehen, mikroskopisch aber muss man grobe Schnitte bei auffallendem Lichte, schwacher Vergrösserung und auf einer weissen Unterlage untersuchen, um die rosaroth Färbung deutlich zu beobachten.

In Betreff der Krappfärbung der Weichtheile kann man im Allgemeinen sagen, dass dieselbe nach einigen Tagen der Krappfütterung zum Vorschein kommt, mit der Fortsetzung der Fütterung intensiver wird, bei erwachsenen Fröschen viel leichter gelingt, nach der Aussetzung der Krappfütterung in einigen Tagen verschwindet und endlich individuellen Schwankungen unterliegt.

Der Harn der Krappfrösche ist mehr oder weniger rosaroth gefärbt. Bei der Autopsie eines Krappfrosches habe ich in der Harnblase zwei rosaroth gefärbte Distomen gefunden.

Färbung der Knochen.

Ich habe fast alle Knochen der zur Beobachtung kommenden Thiere untersucht und die Krappbilder so einförmig gefunden, dass ich gar nicht für nothwendig erachte, alle die von mir untersuchten Knochen zu beschreiben. Ich werde mich auf die Darstellung der Krappbilder beschränken, welche ich an der Tibio-fibula verschieden alter und verschieden lange Zeit mit Krapp gefütterter Frösche beobachtete. Ich finde es jedoch nothwendig, den betreffenden Knochen eines erwachsenen Frosches zu beschreiben, mit der Voraussetzung, dass die von mir gebrauchte Terminologie für die Architecturelemente der Froschknochen (l. c.) dem Leser bekannt ist.

Die Tibio-fibula des Frosches (Taf. XIX Fig. 4) stellt einen etwas gebogenen, mit abgerundeten, schwach abgeplatteten knorpeligen Enden versehenen Knochencylinder dar, welcher an seiner vorderen und hinteren Fläche eine an den Knochenenden ziemlich tiefe, gegen die Mitte der Diaphyse unmerklich sich verlierende Längsfurche (c, d) besitzt. Desswegen erscheint der Knochen im mittleren Drittel ganz cylindrisch, im oberen und unteren Drittel wie aus zwei verwachsenen Knochen zusammengesetzt. An einem frontalen Längsdurchschnitte (Taf. XIX Fig. 5) findet man in dem mittleren Drittel des Knochens einen einfachen Tubus medullaris (b), in dessen Mitte ein poröses Knochenröhrchen (a) in schräger Richtung verläuft (Canalis nutritius) und zwei einander gegenüber liegende Foramina nutritia (Fig. 4 a und b) verbindet. Das obere und untere Drittel des Knochens besitzt zwei parallel verlaufende, durch eine Knochenwand getrennte Knochenmarkhöhlen (Fig. 5 c c). Das die letzteren trennende Septum (d und e) ist als aus zwei parallelen Knochenlamellen bestehend zu betrachten, da in demselben Gefässkanäle und zwar immer in sagittaler Richtung verlaufen, d. h. in der Richtung derjenigen Fläche, welche die oben erwähnte vordere und hintere Längsfurche verbindet. An den beiden pilzförmigen Gelenkknorpeln (Fig. 4 e und f) sieht man auch eine seichte vordere und eine hintere Furche, welche darauf hindeuten, dass jeder pilzförmige Gelenkknorpel aus zwei verwachsenen Knorpeln gebildet wird.

An Querschliffen erhält man verschiedene Bilder, je nach der Höhe, in welcher der Schnitt geführt wird. In der Höhe des

Gelenkknorpels stellt das Präparat zwei Knochenringe dar, von denen jeder mit einer Schicht Periost und einer Schicht Knorpel umgeben ist. Im oberen und unteren Drittel des Knochens beobachtet man das die beiden Knochenmarkhöhlen trennende, aus zwei Lamellen bestehende knöcherne Septum (Taf. XIX Fig. 7 B). Hier scheint der ganze Knochen aus zwei verwachsenen Knochen-cylindern zu bestehen; an jedem Knochenring kann man alle die von mir früher beschriebenen Architecturelemente der Batrachierknochen beobachten. Die homogene Knochenschicht (d) ist immer sehr deutlich und die perichondrale Grenzlinie (f) nur in dem Falle zu sehen, wo der endostale Knochen vorhanden ist. In der Mitte der Diaphyse erscheint der quergeschnittene Knochen elliptisch oder kreisförmig (Taf. XIX Fig. 2 und 10); das Bild sieht aber darum etwas complicirt aus, weil gerade in dieser Höhe der röhrenförmige, intramedullär entstandene Canalis nutritius (Fig. 2 a) sich vorfindet.

Die Gestalt des beschriebenen Knochens wird durch seine Entwicklungsgeschichte erklärt. In einem Entwicklungsstadium, wo noch keine Knochenbildung stattfindet, beobachtet man zwei parallel nebeneinander liegende präformirte Knorpel, welche durch eine Schicht Perichondrium von einander getrennt werden (Taf. XX Fig. 13). Bei dem Auftreten der regressiven Metamorphose des Knorpels wird das mittlere Drittel der beiden Knorpel zerstört (Taf. XX Fig. 14 d). Von hier aus geht der Zerstörungsprocess in die zwei oberen und zwei unteren Drittel des Knorpels über. Etwas früher tritt ein perichondraler Ossificationsprocess auf, der zu den freien oberen und unteren Enden des präformirten Knorpels fortschreitet (Fig. B und 14 b b). Das das mittlere Drittel der beiden Knorpel trennende Stück Perichondrium verknöchert aber nicht, sondern gibt die Matrix des Markgewebes ab. Die beiden oberen und unteren Enden des eben gebildeten Knochens verwachsen später mit einander und bilden die oben erwähnten knöchernen Septa (Fig. 13 und 14 c). Nach dem Ablauf des Verknöcherungsvorganges findet man den Knochen so gestaltet, wie ich dies vorhin auseinandergesetzt habe. Das knöcherne Septum in der Mitte der Diaphyse, wo der Tubus medullaris einfach ist, wird gar nicht gebildet (Fig. 13 und 14 d).

Jetzt gehe ich zu der Beschreibung der Tibio-fibula bei Krappfröschen über, wobei ich es zweckmässig finde, das ganze

Material nach dem Alter der Frösche und der Dauer der Krappfütterung in fünf gesonderte Gruppen einzutheilen.

I. Gruppe. Hierher gehören junge 33 bis 44 mm lange Frösche, welche 3 bis 16 Tage mit Krapp gefüttert wurden (NN. 1, 2, 5, 6 und 7).

Frosch Nr. 2; — 36 mm lang; — 6tägige Krappfütterung. Makroskopisch ist der ganze Knochen gleichmässig in seiner ganzen Masse schwach rosaroth gefärbt. An mikroskopisch untersuchten und in verschiedener Höhe geführten Querschliffen (Taf. I Fig. 6) bemerkt man zwei rosaroth gefärbte Streifen, von denen der eine (b) den inneren Rand des Knochenringes einnimmt und den Tubus medullaris unmittelbar umgibt, der andere (a) in einiger Entfernung von der äusseren Knochenfläche liegt und einen kontinuierlichen ununterbrochenen Ring bildet. Das sind die Strelzoff'schen Krapplinien. Die übrige Knochensubstanz scheint ungefärbt zu sein. Von den zwei beobachteten Krapplinien werde ich die erstere, die Knochenmarkhöhle umgebende, als innere, die letztere, in einiger Entfernung von der äusseren Knochenfläche verlaufende, als äussere Krapplinie bezeichnen.

Ähnliche Bilder bieten alle Frösche dieser Gruppe dar, mit dem Unterschied, dass die äussere, ungefärbte Knochenschicht bei verschiedenen Fröschen verschieden dick ist. An dem beschriebenen Exemplar ist die betreffende Knochenschicht am dicksten (0,15 mm). Bei einem 3 Tage lang gefütterten Frosch (Nr. 2) ist nur die äussere Krapplinie deutlich zu sehen, die innere scheint ganz zu fehlen.

II. Gruppe. Junge, 42 bis 49 mm lange Frösche, welche 36 bis 54 Tage mit Krapp gefüttert wurden (NN. 3, 14, 17, 18 u. 19).

Frosch Nr. 18; — 49 mm lang; — 49tägige Krappfütterung. Makroskopisch ist die ganze Tibio-fibula gleichmässig durch und durch rosaroth gefärbt. Mikroskopisch unterscheidet man an Querschliffen (Taf. I Fig. 8) die äussere (a) und innere (b) Krapplinie. Die äussere ungefärbte Knochenschicht ist sehr dünn und bei schwacher Vergrösserung nicht immer in dem ganzen Umkreise des Knochens wahrzunehmen. — Die ganze Gruppe zeigt dieselben Bilder. Bei dem Frosch Nr. 19 (Taf. I Fig. 10) sind die Krapplinien sehr schwach ausgesprochen. An der mittleren ungefärbten Knochenschicht (c) beobachtet man rosaroth gefärbte Pünktchen, welche nichts Anderes sind, als gefärbte Knochenhöhlen.

III. Gruppe. Hierher gehören 52 bis 71 mm lange, 18 bis 86 Tage mit Krapp gefütterte Frösche (Nr. 8, 10, 11, 15, 20, 21, 22, 23, 24 und 26).

Frosch Nr. 8; — 52 mm lang; — 18tägige Krappfütterung. Makroskopisch ist die ganze Tibio-fibula gleichmässig rosaroth gefärbt. An mikroskopischen Querschliffen (Taf. XIX Fig. 2) beobachtet man die äussere (f) und innere (g) Krapplinie; die erstere wird durch eine dünne ungefärbte Knochenschicht (e) von der äusseren Knochenfläche getrennt. Die verkalkten Knorpelinseln sind roth gefärbt. An den in der Höhe des Canalis nutritius geführten, auf einer weissen Unterlage und bei auffallendem Lichte untersuchten Querschliffen beobachtet man rosaroth gefärbte Strahlen (ee), welche von der äusseren Knochenfläche gegen den Tubus medullaris convergirend verlaufen, aber die innere Knochenfläche nicht erreichen und in der Dicke der Knochenwand unmerklich verloren gehen. Diese Färbung entspricht den von mir schon früher beschriebenen (Fig. 9 und 10 der citirten Arbeit), strahlenförmig verlaufenden Geflechten von Saftkanälen. In der Höhe des oberen und unteren Drittels des Knochens ist die mittlere (radiärgestreifte) Knochenschicht diffus und gleichmässig rosaroth gefärbt. Accessorische Foramina nutritia (Fig. 2 d) besitzen je einen sehr feinen, roth gefärbten Ring, der in einiger Entfernung von der Fläche liegt (Havers'sche Krapplinien Strelzoff's). Hier sind die Verhältnisse gerade so, wie an der äusseren Knochenfläche.

Frosch Nr. 11; — 62 mm lang; — 30tägige Krappfütterung. Makroskopisch ist der ganze Knochen sehr schön und gleichmässig roth gefärbt (Taf. XIX Fig. 4 und 5). In den Längsfurchen (Fig. 4 c, d) ist die Färbung etwas intensiver. Die verkalkten Knorpelinseln sind ungleichmässig und schwach tingirt. Die an mikroskopischen Querschliffen zu beobachtenden Krappbilder sind denjenigen des oben beschriebenen Exemplars ganz ähnlich, aber schärfer ausgesprochen.

Frosch Nr. 15; — 52 mm lang; — 46tägige Krappfütterung. Makroskopisch ist der Knochen gleichmässig intensiv roth gefärbt. An den in dem oberen und unteren Drittel geführten Querschnitten untersucht und makroskopisch oder mit der Loupe betrachtet, erscheint die Knochenwand aus drei concentrischen continuirlichen Ringen zusammengesetzt, von denen der mittlere und

zu gleicher Zeit der mächtigste roth gefärbt ist. Der innere und äussere Ring sind fast farblos und umgeben den mittleren Ring saumartig. Mikroskopisch findet man (Taf. XIX Fig. 3), dass, abgesehen von einer diffusen Färbung der Zwischensubstanz des mittleren Ringes (d), die Knochenhöhlen desselben (radiär gestreifte Knochenschicht des Verf.) roth gefärbt sind (Taf. XX Fig. 16 g). Die dem genannten Knochen anliegende homogene Knochenschicht (Fig. 3 und 16 e) ist ganz farblos. Mikroskopisch bemerkt man, dass der äussere sowie der innere Knochenring je eine sehr mächtige Krapplinie besitzt (Fig. 3 und 16 b und c); die letzteren liegen in einiger Entfernung von der Knochenfläche. Die an dem früheren Präparate beschriebenen rosaroten Strahlen sind auch hier in dem mittleren Drittel des Knochens sehr deutlich zu sehen. Die übrigen Exemplare dieser Gruppe bieten ähnliche Krappbilder dar, mit dem Unterschied, dass die Färbung nicht immer gleich intensiv ist.

IV. Gruppe. Ausgewachsene, 72—88 mm lange Frösche, welche 8 bis 36 Tage mit Krapp gefüttert wurden (Nr. 3, 4, 12 und 13).

Frosch Nr. 3; — 88 mm lang; — 8 tägige Krappfütterung. Makroskopisch ist der Knochen sehr schwach rosa-roth gefärbt. An mikroskopischen Querschliffen beobachtet man, dass der äussere und innere Krappstreifen in verschiedenen Höhen des Knochens eine ungleiche Mächtigkeit und eine verschiedene Färbungsintensität darbieten (Taf. XIX Fig. 7 und 11). In dem mittleren Drittel des Knochens sind die beiden Krapplinien sehr schwach ausgesprochen. Der äussere Krappstreifen wird desto mächtiger, je näher derselbe den Knochenenden liegt. In der Höhe des pilzförmigen Knorpels ist dieser Streifen sehr breit und intensiv purpurroth gefärbt (Fig. 11 b). An der Stelle der an der äusseren Knochenfläche befindlichen Längsfurchen ist derselbe immer mächtiger (Fig. 7 e). Die Verstärkung der Krappfärbung und das Breitwerden des äusseren Krappstreifens gegen die Gelenkenden zu, sowie an der Stelle der Furchen sind an allen Krappknochen mehr oder weniger zu beobachten. Bei den erwachsenen Fröschen tritt diese Erscheinung am deutlichsten hervor. Die äussere Krapplinie wird hier auch von der äusseren Knochenfläche durch eine dünne, ganz farblose Knochenschicht getrennt, welche letztere in den Längsfurchen und besonders gegen die

Knochenenden stärker wird (Fig. 7 C, Fig. 11 a). An einigen Stellen des oberen und unteren Drittels des Knochens bemerkt man eine sehr schwache Färbung der radiärgestreiften Knochenschicht (Fig. 7 c). Die verkalkten Stellen des pilzförmigen Knorpels (Fig. 11 g) sind ungleichmässig roth tingirt. Die übrigen Versuchsthiere dieser Gruppe bieten dieselben Krappbilder dar; die Färbung ist aber nicht an allen Thieren gleich intensiv.

V. Gruppe. Verschieden alte, 52—89 mm lange, 46 bis 105 Tage mit Krapp gefütterte Frösche, bei welchen die Krappfütterung 7 bis 30 Tage ausgesetzt war (Nr. 16, 25 und 27).

Frosch Nr. 25; — 66 mm lang; — 85 tägige Krappfütterung und darauffolgende 7tägige Aussetzung derselben. Makroskopisch ist der Knochen rosaroth gefärbt. An mikroskopischen Querschliffen und nur bei auffallendem Lichte beobachtet man überall die beiden Krapplinien, von denen die äussere gegen die Gelenkenden etwas mächtiger wird. Die radiärgestreifte Knochenschicht des oberen und unteren Drittels des Knochens ist sehr schwach gefärbt. Die Foramina nutritia sind von rosarothern Säumen umgeben; der verkalkte Knorpel bietet eine sehr schwache Färbung dar.

Frosch Nr. 16; — 52 mm lang; — 46 tägige Krappfütterung und 15tägige Aussetzung derselben. Makroskopisch ist die Färbung der Tibio-fibula kaum sichtbar. An mikroskopischen Querschliffen sind die beiden Krapplinien, sowie die Havers'schen Säume an den Foramina nutritia nur auf einer weissen Unterlage bei auffallendem Lichte und schwacher Vergrösserung zu beobachten. Die übrige Knochensubstanz ist farblos.

Frosch Nr. 27; — 89 mm lang; — 105tägige Krappfütterung, 30tägige Aussetzung derselben. Makroskopisch scheint der Knochen ungefärbt zu sein. An mikroskopischen Querschliffen, bei auffallendem Lichte, schwacher Vergrösserung und auf weisser Unterlage ist nur die äussere Krapplinie und zwar kaum sichtbar.

Vergleichen wir die Intensität der Krappfärbung an den Knochen der fünf beschriebenen Gruppen, so nehmen wir wahr, dass die Knochen der jungen Frösche (I. und II. Gruppe) nach 3tägiger Krappfütterung schon gefärbt werden, mit der Fortsetzung der Krappfütterung eine etwas intensivere Färbung dar-

bieten, aber nie eine so intensive Färbung gewinnen, wie die Knochen älterer Thiere, so dass nach einer 54tägigen Krappfütterung junger Frösche die Knochen derselben verhältnissmässig ziemlich blass aussehen. Bei erwachsenen Fröschen (III. Gruppe) färben sich die Knochen viel intensiver, als bei jungen, doch bemerkt man nur einen sehr unbedeutenden Unterschied in der Färbungsintensität zwischen den Knochen der 8 und der 26 Tage lang mit Krapp gefütterter, zu dieser Gruppe gehöriger Frösche. Bei alten Thieren (IV. Gruppe) gelingt die Färbung auch nicht schlecht und zwar so, dass die alten Froschknochen bezüglich der Färbungsintensität unter sonst gleichen Verhältnissen zwischen den jungen und ausgewachsenen Knochen stehen, also sich intensiver als die jungen Froschknochen färben. Nach der Aussetzung der Krappfütterung werden die Knochen allmählich blasser und endlich ganz decolorirt (V. Gruppe). Vergleichen wir den Frosch Nr. 25, welcher nach einer 7tägigen Aussetzung der Krappfütterung untersucht wurde, mit den fast gleich langen und fast die gleiche Zeit mit Krapp gefütterten Fröschen (Nr. 24 und 26), so finden wir die Krappfärbung der Knochen bei dem ersteren bedeutend schwächer als bei den beiden letzteren. Will man aber den Frosch Nr. 16, bei welchem die Krappfütterung während 15 Tage ausgesetzt wurde, mit dem ganz gleich langen und die gleiche Zeit mit Krapp gefütterten Frosch Nr. 15 vergleichen, so findet man den Unterschied in der Färbungsintensität so auffallend, dass die Decoloration der Knochen nach der Aussetzung der Krappfütterung kaum irgend einem Zweifel unterliegen kann. Der Frosch Nr. 27, welcher unter meinen Versuchsthieren am längsten, d. h. 105 Tage mit Krapp gefüttert und nach 30tägiger Aussetzung der Krappfütterung untersucht wurde, bot an seinen Knochen nur spurweise eine schwache Krappfärbung dar. Bezüglich der Färbungsintensität ist es nothwendig hervorzuheben, dass an jedem Krappknochen ohne Ausnahme, eine diffuse und eine streifige Färbung zu unterscheiden ist. Die erstere bedingt die makroskopisch sichtbare gleichmässige Färbung der ganzen Knochenmasse, die letztere entspricht den von Strelzoff an Taubenknochen beschriebenen Krapplinien.

Was die Verbreitung der Krappfärbung betrifft, so verdienen einige der von mir beschriebenen Knochenschichten eine besondere Besprechung. In erster Linie will ich auf die Knochen-

schicht aufmerksam machen, welche nach aussen von der äusseren Krapplinie liegt, fast an allen Krappknochen zu beobachten ist, die oberflächliche Schicht des Knochens bildet und immer farblos erscheint. Da die betreffende Knochenschicht öfters äusserst sohmäl ist und bei dem Schleifen des Präparats nicht selten abbricht, so kann dieselbe an manchen Präparaten übersehen werden. Wenn man aber alle diese Verhältnisse berücksichtigt, so kann man die betreffende Knochenschicht an allen Krappknochen nachweisen. Was die feinere Struktur dieser Knochenschicht betrifft, so verhält sich dieselbe auf verschiedene Weise, je nach der Mächtigkeit derselben. Ist dieselbe sehr schmal (Taf. XX Fig. 16 a), so erscheint sie als ein strukturloser, aus schwach lichtbrechender Substanz bestehender Streifen, welcher durch undeutliche und kaum sichtbare, in fast gleicher Entfernung von einander stehende Schatten quer gestreift erscheint. Dieses Aussehen deutet wahrscheinlich auf eine Reihe von Osteoblasten hin, welche ihre zellige Natur verloren haben und in Verschmelzung begriffen sind. Bietet die in Rede stehende Knochenschicht einige Mächtigkeit dar (Taf. XX Fig. 15 a), so ist dieselbe der gewöhnlichen Knochensubstanz sehr ähnlich, mit dem Unterschied, dass die Contouren der Knochenhöhlen etwas verwischt sind, die Ausläufer der Knochenhöhlen ganz fehlen, und die Interzellularsubstanz das Licht etwas schwächer bricht, als die des übrigen Knochens. Ich bin zu der Ueberzeugung gelangt, dass diese Knochenschicht, welche ich als osteoide Schicht bezeichne, keine Kalksalze enthält, obwohl es etwas schwierig ist, einen objectiven Beweis dafür zu liefern. Wegen seiner Feinheit kann dieses Gebilde nicht isolirt mit Salzsäure geprüft werden. Setzt man aber einen Tropfen verdünnter Salzsäure dem ganzen mikroskopischen Präparat zu, so beobachtet man, dass die Auflösung der Kalksalze und Bildung der Luftblasen an der äusseren Krapplinie beginnt und gegen den Tubus medullaris fortschreitet, wobei das Lichtbrechungsvermögen der betreffenden Knochenschicht nicht verändert wird, dasselbe aber an der übrigen Knochensubstanz schwächer und dem der farblosen Knochenschicht ähnlich wird. Da die osteoide Schicht an den entkalkten Präparaten wegen des gleichen Lichtbrechungsvermögens der ganzen Knochensubstanz nicht zu beobachten ist, so habe ich dieses Gebilde in meiner früheren Arbeit, wo ich hauptsächlich entkalkte Knochen untersuchte, über-

sehen; ich habe aber hervorgehoben, dass dasselbe sich gegen die Farbstoffe anders als die übrige Knochensubstanz verhält (l. c. S. 23). Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Mächtigkeit der osteoiden Schicht von der Energie der Knochenbildung abhängt. Bei jungen Fröschen, sowie an Knochenenden und Furchen ist dieselbe mächtiger, als bei alten Fröschen und in der Mitte der Diaphyse.

Die homogene Knochenschicht, welche der Knochenhöhlen, sowie der Knochenhöhlenausläufer ganz entbehrt, bleibt immer farblos in den Fällen, wo dieselbe zwischen den anderen Knochenschichten liegt. Wenn aber dieselbe den Tubus med. unmittelbar umgibt, so ist ihre Fläche mehr oder weniger intensiv roth gefärbt. Der feine rothe Saum ist nichts anderes, als die innere Krapplinie, von der noch weiter unten die Rede sein wird. Die Färbung dringt aber nie in die Dicke dieser Knochenschicht ein. Diese Beobachtung deutet darauf hin, dass das Vorhandensein der Knochenhöhlenausläufer für die Krappfärbung der Knochenflächen gar nicht nothwendig ist.

Was die Krappfärbung der inneren Knochenterritorien betrifft, so lässt eine directe Beobachtung diese Frage leicht beantworten. Dass die Färbung nach dem Verlauf der Saftkanäle sich verbreitet, wird am besten durch die strahlenförmige Färbung der radiärgestreiften Knochenschicht in dem mittleren Drittel des Knochens nachgewiesen. Hier sieht man ohne Weiteres, dass die Krappbilder sehr genau der Lagerung der Saftkanäle entsprechen und diese Thatsache ist ohne Ausnahme an allen Krappknochen zu beobachten (III. Gruppe). Die Abwesenheit der Havers'schen Kanäle im oberen und unteren Drittel der Batrachierknochen wird wahrscheinlich durch eine reichliche Entwicklung der Saftkanäle in der radiärgestreiften Knochenschicht (Taf. XX, Fig. 16 f) compensirt. Hier ist es nothwendig den Umstand zu erwähnen, dass die Knochenhöhlenausläufer der radiärgestreiften Knochenschicht spindelförmige Erweiterungen und öfters massenhaft darbieten (Fig. 16 h). Diese Erweiterungen darf man aber nicht für angeschnittene Knochenhöhlen halten, da dieselben viel kleiner, nur ausschliesslich in der betreffenden Knochenschicht zu beobachten und viel zahlreicher als die Knochenhöhlen sind. An dicken Querschliffen kann man dieselben in der Dicke des Knochens sehr deutlich beobachten und sich überzeugen, dass dieselben nie

Knochenkörperchen enthalten. Aehnliche Erweiterungen der Saftkanäle sind an den Knochenvorsprüngen, wo die Sehnen sich anheften, nicht selten zu finden. An diesen Stellen sind die Saftkanäle sehr zahlreich, kurz und spaltförmig, so dass die Knochensubstanz etwas cavernös erscheint und immer mit Krapp gefärbt wird (Taf. XX, Fig. 19 d und 20 c).

Die verkalkten Knorpelinseln werden entweder an den Rändern oder in ihrer ganzen Masse diffus gefärbt. Im Allgemeinen findet die erstere Erscheinung in den Fällen statt, wo die verkalkten Knorpelstellen homogen aussehen, wenn aber die verkalkte Stelle aus punktförmigen Kalkkrümeln besteht, wird dieselbe diffus gefärbt.

Die äussere Krapplinie trennt die osteoide Schicht von der übrigen Knochensubstanz und liegt also nie an der Knochenfläche. Die mehr oder weniger intensive Färbung dieser Linie wird gegen die osteoide Schicht scharf contourirt und geht gegen den Tubus med. unmerklich verloren. In dem ganzen Verlauf der äusseren Krapplinie beobachtet man ein dichtes Geflecht von feinsten Saftkanälen, deren Lumina rosaroth gefärbt zu sein scheinen (Taf. XX, Fig. 15 und Fig. 16 b). In meiner früheren Arbeit glaube ich nachgewiesen zu haben, dass an äusseren Flächen der Batrachierknochen während des ganzen Lebens des Thieres eine Knochenbildung ununterbrochen vor sich geht. Untersucht man die äusseren Knochenflächen junger Frösche (1. und 2. Gruppe), so beobachtet man, dass der Ossificationsprocess in den verschiedenen Höhen derselben fast gleichmässig fortschreitet und dass die äussere Krapplinie überall fast die gleiche Dicke und Farbe darbietet. Etwas anders verhalten sich die Knochenflächen der ausgewachsenen Frösche (3. Gruppe); hier geht der Ossificationsvorgang an den Knochenenden viel energischer, als in der Mitte der Diaphyse vor sich; dem entsprechend ist die äussere Krapplinie an den Knochenenden viel mächtiger, als in der Mitte des Knochens.

Die Havers'schen Krapplinien, d. h. diejenigen, welche die Ernährungslöcher umgeben, verhalten sich in allen Beziehungen so, wie die äusseren Krapplinien und werden von der dem Lumen zugekehrten Knochenfläche durch eine feine farblose osteoide Schicht getrennt. In dem ganzen Verlauf der Havers'schen

Krapplinien beobachtet man eine reichliche Entwicklung der Saftkanäle.

Die innere Krapplinie (Fig. 16 c) ist nie so breit und so intensiv gefärbt wie die äussere. Hier findet man fast nie eine nennenswerthe Entwicklung der Saftkanäle. In der Mehrheit der Fälle liegt dieselbe an der Knochenfläche und umgiebt den Tubus med. unmittelbar. Verhältnissmässig selten findet man hier die oberflächliche farblose osteoide Schicht und in manchen Fällen nur stellenweise. Ich habe früher nachgewiesen (l. c.), dass die Knochenbildung an den dem Tubus med. zugekehrten Knochenflächen sehr oft nur stellenweise stattfindet und manchmal ganz und gar fehlt. Dieser Unterschied in dem Verlauf der elementaren Ossificationsvorgänge an der äusseren und inneren Knochenfläche, sowie eine schwache Entwicklung der Saftkanäle an der inneren Knochenfläche kann vielleicht den Unterschied in der Mächtigkeit und Färbungsintensität der äusseren und inneren Krapplinie erklären; die erstere tritt immer stärker, als die letztere hervor. Da die innere Krapplinie immer continuirlich, nie unterbrochen erscheint und den Tubus medullaris als ein feiner rother Saum umgibt, so ist man berechtigt den Schluss zu ziehen, dass die aplastischen Knochenflächen auch mit Krapp gefärbt werden.

Vergleicht man die von Strelzoff beschriebenen und abgebildeten sehr complicirten Krappzeichnungen an Taubenknochen mit meinen verhältnissmässig sehr einfachen Krappbildern der Batrachierknochen, so kann man diesen Unterschied wegen des Vorkommens der Havers'schen Kanäle in Taubenknochen sehr leicht begreifen und erklären. Die von Strelzoff beschriebenen Havers'schen Krapplinien sind an den Froschknochen nur an den Foramina nutritia zu sehen. Anstatt parallel verlaufender genereller Krapplinien Strelzoff's, findet man an Batrachierknochen nur eine einzige äussere Krapplinie. Um eine ganze Reihe der generellen Krapplinien an Batrachierknochen zu erhalten, müsste man die Frösche wahrscheinlich jahrelang mit Krapp füttern, da diese Thiere sich sehr langsam vergrössern, die Tauben aber in vier Monaten ausgewachsen sind.

Aus den von mir beobachteten und in der vorliegenden Schrift niedergelegten Thatsachen bezüglich der Krappfärbung der Froschknochen ergibt sich, dass die makroskopisch sichtbare rothe Färbung der Knochen in der That gar nicht gleichmässig in der ganzen

Knochenmasse vertheilt ist. Mikroskopisch lassen sich die charakteristischen Knochenschichten nachweisen, welche immer farblos bleiben (die osteoide und homogene Knochenschicht), wie lange auch die Thiere mit Krapp gefüttert werden mögen. Die gefärbten Knochentheile sind auch nicht gleichmässig gefärbt. Die am intensivsten tingirten Stellen treten als rothe Linien hervor, welche immer eine charakteristische und ihnen eigenthümliche Lage behalten und an allen Krappknochen zu beobachten sind. Selbst die diffuse Färbung der radiärgestreiften Knochenschichten ist charakteristisch, da dieselbe an gewissen und immer denselben Stellen strahlenförmig sich verbreitet.

Es fragt sich nun, wovon hängt diese Verschiedenheit in der Intensität und der Verbreitung der Krappfärbung ab? Bei einem genauen Studium der Knochenbildung überzeugt man sich, dass, abgesehen von der oberflächlichen osteoiden Schicht, die dem Verlauf der äusseren Krapplinie entsprechende Schicht der ächten, d. h. der verkalkten Knochensubstanz die jüngste ist. Gerade an dieser Stelle beobachtet man bei starker Vergrösserung, dass die Kalksalze punktförmig, krümelartig abgelagert werden. Aus den an verkalkten Knorpeln angestellten Beobachtungen kann man schliessen, dass eine punktförmige Ablagerung der Kalksalze für Krappfärbung viel günstiger, als eine homogene ist. Der elementare Verknöcherungsprocess und die punktförmige Ablagerung der Kalksalze gehen nach meinen Beobachtungen gleichzeitig, Hand in Hand, vor sich; die beiden Vorgänge scheinen für die Krappfärbung der Knochen günstig zu sein. Diese Beobachtung kann auf den Gedanken führen, dass die früheren Ansichten über die Verbreitung der Krappfärbung, nach welchen sich neu abgelagerte Knochenschichten ausschliesslich oder vorzugsweise färben und die Kalksalze in der Krappfärbung eine Rolle spielen, thatsächlich bestätigt werden. Ich glaube aber, dass dem gar nicht so ist. Die radiärgestreifte Knochenschicht, welche bei allen meinen Versuchsthieren vor der Krappfütterung unzweifelhaft existirte, fand ich immer mehr oder weniger intensiv roth gefärbt, je nach der Dauer der Krappfütterung.

Will man meine Untersuchungen mit denjenigen von Strelzoff vereinigen und die beobachteten Thatsachen verallgemeinern, so kann man sich bei mikroskopischen Untersuchungen leicht überzeugen, dass die im Wachsthum begriffenen und ganz ausge-

wachsenen Knochen fast gleich intensiv mit Krapp gefärbt werden und dass die Krappbilder in beiden Fällen einander ganz ähnlich sind. Immer findet man die in einiger Entfernung von den Knochenflächen liegenden Krapplinien. Betrachtet man aber die Krappknochen der im Wachsthum begriffenen und die der ausgewachsenen Thiere makroskopisch, so findet man einen grossen Unterschied: die ersteren scheinen purpur- oder scharlachroth, die letzteren schwach rosaroth oder kaum gefärbt zu sein. Dieser Unterschied wird durch die Mächtigkeit der Knochenbalken und durch die Menge und Breite der Havers'schen Kanäle erklärt. An jungen Taubenknochen sind die durch feine Knochenbalken getrennten Havers'schen Kanäle sehr breit und mikroskopisch von den rothen Krapplinien umgeben, makroskopisch erscheint dieser spongiöse Knochen ganz roth; bei den erwachsenen Tauben sind die engen, kaum ein capillares Blutgefäss durchlassenden Havers'schen Kanäle durch sehr breite Knochenterritorien von einander getrennt und mikroskopisch auch von Krapplinien umgeben. Solche compacte Knochen, makroskopisch betrachtet, sehen ganz blass aus. Da die Batrachierknochen keine Havers'schen Kanäle besitzen und von Anfang an compact sind, so findet man bei der makroskopischen Betrachtung derselben einen solchen Unterschied in der Färbungsintensität zwischen den jungen und den alten Knochen nicht, wie man dies bei Tauben beobachtet. Man muss nicht vergessen, dass gleichzeitig mit der Ablagerung der Knochensubstanz und der Sclerosirung derselben eine reichliche Entwicklung der Saftkanäle stattfindet, welche eine reichliche Zufuhr der Nährsäfte und eine intensivere Färbung der betreffenden Stelle begünstigt.

Bei Tauben wie bei Fröschen verbreitet sich die Krappfärbung nach der Richtung der Saftkanäle, und von der mehr oder weniger reichlichen Entwicklung derselben hängt, unter sonst gleichen Verhältnissen, die Intensität der Färbung ab. Dieser Satz ist für alle Wachstumsstadien der Knochen gültig. Während des Knochenwachsthums bei Tauben findet eine periodisch vor sich gehende Ausbildung dichter Geflechte von Saftkanälen statt, welche parallel der Knochenfläche verlaufen, mit Krapp gefärbt werden und das Entstehen der nach dem Ablauf des Knochenwachsthums makroskopisch sichtbaren rothen Zonen (*virole colorée*) bedingen. Wegen der Feinheit der Knochenbalken und der reichlichen, perio-

disch fortschreitenden Ausbildung der Saftkanäle der im Wachs-
thum begriffenen Knochen, liegen die Krapplinien sehr nahe neben-
einander und bedingen das makroskopisch sichtbare trügerische
Bild, als ob die rothe Zone intensiver als die übrige Knochen-
substanz gefärbt wäre. Die mikroskopischen Untersuchungen der
wachsenden Krappknochen setzen uns in Stand, die von verschie-
denen Forschern aus der makroskopischen Betrachtung der Krapp-
knochen gezogenen irrthümlichen Schlüsse zu begreifen und die-
selben zu widerlegen.

Nun tritt uns eine sehr schwierige Frage entgegen, die Frage
über die Betheiligung der Kalksalze an der Krappfärbung. Früher
dachte man, dass das Vorhandensein der Kalksalze für die Krapp-
färbung eine nothwendige Bedingung und dass der Krappfarbstoff
an diese mineralischen Theile gebunden sei. Die an Mollusken
angestellten Untersuchungen von E. Heckel¹⁾ haben gezeigt, dass
die knorpelige Schädelkapsel der Cephalopoden mit Krapp gefärbt
wird und die kalkhaltige Schale farblos bleibt. Lieberkühn²⁾
hat Alizarinnatrium in Venen von Hunden und in Lymphsäcke
von Fröschen injicirt und gefunden, dass die Weichtheile sehr
rasch eine gelbe Färbung gewinnen, welche nach einer kurzen
Zeit sich verliert, da der Farbstoff sehr rasch durch den Darm-
kanal und die Nieren ausgeschieden wird. Aus den von diesem
Autor an Fröschen angestellten Untersuchungen hat sich ergeben,
dass, abgesehen von den Knochen, welche eine blaurothe Färbung
gewinnen und dieselbe sehr lange behalten, die oberflächlichen
Epidermiszellen, Corium und Hautdrüsen ebenfalls roth gefärbt
werden. Durch diese meine Untersuchungen glaube ich nun un-
zweifelhaft nachgewiesen zu haben, dass die Weichtheile, welche
keine Kalksalze enthalten, und einige unter denselben sehr in-
tensiv, bei den mit Krapp gefütterten Fröschen roth gefärbt werden.
An Tauben hat Strelzoff (l. c.) gezeigt, dass die mit Krapp ge-
färbten Knochen nach der Entkalkung ihre rothe Färbung behalten

1) De quelques phénomènes de localisation des matières minérales et
organiques chez les Mollusques, Gastéropodes et Céphalopodes. *Compt. rend.*
T. LXXIX. p. 614. 1875.

2) Ueber die Einwirkung von Alizarin auf die Gewebe des lebenden
Körpers. *Sitzungsbericht der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten*
Naturwissenschaften zu Marburg. Nr. 3. 1874.

und den Schluss gezogen, dass der Farbstoff hauptsächlich an die organische Unterlage der Knochen gebunden ist; ob die mineralischen Bestandtheile sich auch mit dem Farbstoff verbinden, hat er dahingestellt sein lassen. Die von Strelzoff durch die Untersuchung der Taubenknochen herausgebrachten Thatsachen kann ich an Froschknochen bestätigen. — Sind wir nicht vielmehr berechtigt, die Bedingungen der Krappfärbung in der Beschaffenheit der organischen Unterlage der Knochen und Knorpel zu suchen? Aus den Untersuchungen von Strelzoff¹⁾ wissen wir ja, dass das Verhalten der verkalkten und nicht verkalkten Knorpelgrundsubstanz gegen das Hämatoxylin gar nicht dasselbe ist. Aus meinen Beobachtungen geht hervor, dass die osteoide Schicht an entkalkten Knochen sich ganz anders gegen das Karmin verhält, als der ächte Knochen. Wollen wir uns an die Thatsachen halten und den Umstand berücksichtigen, dass die Verbindung des Krappfarbstoffs mit den Kalksalzen der Krappknochen von Niemand dargethan worden ist und dass die Färbung der Weichtheile als eine unwiderlegliche Thatsache feststeht, so ist man berechtigt zu vermuthen, dass das Vorhandensein der Kalksalze bei der Färbung der Knochen keine Rolle spielt. Eine intensivere Färbung der krümelig verkalkten Stellen kann durch eine günstigere Circulation der Nährsäfte in denselben erklärt werden. Findet man die von mir angeführten Angaben nicht genügend, um die Frage über die Rolle der Kalksalze in Krappfärbung entschieden zu beantworten, so muss man nothwendigerweise zugestehen, dass die betreffende Frage ganz offen bleibt.

Bezüglich der pathologischen Knochenbildung hat F. Busch²⁾ in der neuesten Zeit an Hunden Krappversuche angestellt, aus welchen er die Frage zu beantworten suchte, ob nur die während der Krappfütterung abgelagerte, oder auch die vor der Krappfütterung gebildete Knochensubstanz gefärbt wird. Nach Busch sind die von verschiedenen Forschern aus der Krappmethode geführten Folgerungen desshalb nicht stichhaltig, weil die

1) Ueber die Histogenese der Knochen. Untersuchungen aus dem pathologischen Institut zu Zürich. Leipzig 1873.

2) Ueber den Werth der Krappfütterung als Methode zur Erkennung der Anbildung neuer Knochensubstanz. Langenbeck's Archiv für klin. Chirurgie. Bd. XXII. Heft 2. 1877.

Autoren nicht genau wussten, welche Knochentheile in einem gegebenen Zeitraum neugebildet wurden. Um genau zu wissen, was in dem Knochen neugebildet und was alt ist, hat Busch eine andere Methode angewandt; er hat ausgewachsene Hunde, bei denen er auf experimentalem Wege (durch chirurgische Eingriffe) eine reichliche pathologische Knochenbildung hervorrief, mit Krapp gefüttert. Die fünf Versuche haben folgende Resultate ergeben: in drei Fällen war der alte Knochen farblos, der neugebildete Callus „blass und matt“ gefärbt. In dem vierten Falle fand er die alte Knochensubstanz farblos, den Callus intensiv roth gefärbt, wobei die oberflächliche Knochenschicht des Callus „auffallend heller“ war, als die tieferen Callusschichten. Endlich in dem fünften Versuche bot die neugebildete Knochensubstanz eine intensive rothe Färbung dar, zu gleicher Zeit waren der alte Knochen um die Havers'schen Kanäle rosaroth gefärbt. Aus diesen Befunden schliesst der Autor, dass die in dem fünften Versuche beobachtete, die Havers'schen Kanäle umgebende Knochensubstanz auch neugebildet, da dieselbe roth sei. Man kann leicht einsehen, dass Busch denselben Fehler gemacht hat, dem er zu entgehen suchte, indem er nichts weniger als nachgewiesen hat, dass die die Havers'schen Kanäle umgebenden Knochenschichten während der Krappfütterung abgelagert wurden. Eingehende feinere Untersuchungen fehlen in der Arbeit von Busch ganz und gar; man kann nicht aus seinen Angaben ersehen, was eigentlich an dem Callus gefärbt ist. Man kann nur so viel wissen, dass der während der Krappfütterung neugebildete Callus, bei makroskopischer Betrachtung, viel intensiver als die alte Knochensubstanz gefärbt zu sein scheint.

Ganz zufällig fand ich einen 82 mm langen Frosch (Nr. 13), welcher eine geheilte, in der Mitte der rechten Tibio-fibula sich befindliche Knochenfractur mit einem haselnussgrossen, knochenharten Callus darbot. Nach der 36 Tage langen Krappfütterung ist der Callus an mikroskopischen Querschliffen untersucht worden, wobei es zu bemerken ist, dass seine Grösse und Consistenz ganz unverändert geblieben sind. In der Mitte des Callus (Taf. XX, Fig. 18) beobachtete man die quergeschnittenen Fracturen des Knochens in Gestalt zweier gegenüber liegender Halbringe (a, a), zwischen denen zwei verschieden grosse, mit Knochenmark ausgefüllte Knochenmarkhöhlen vorhanden waren. Aussen sind die

beiden Halbringe von Callusgewebe umgeben, welches sich zwischen dieselben hineinschiebt, dieselben zusammenhält und die beiden Knochenmarkhöhlen von einander trennt. Die Fracturenden und der Callus haben ein ganz verschiedenes Aussehen: Indem die ersteren aus einer ganz compacten Knochensubstanz bestehen, erscheint der Callus spongiös, aus Knochenbalken und Markkanälen bestehend. In der Nähe der Fracturenden sind die Knochenbalken des Callus (b, b) viel mächtiger und die Markkanäle enger, als gegen die Peripherie desselben. Die peripherischen Knochenbalken, deren Vorsprünge ganz knorpelig sind (c, c), enthalten stellenweise verkalkte Knorpelreste. Die beschriebene spongiöse Knochenneubildung ist von einem feinen, continuirlichen, compacten Knochenring (d) umgeben. Studirt man das Callusgewebe etwas genauer, so überzeugt man sich aus dem vor sich gehenden Ossificationsprocess, dass der Callus ursprünglich knorpelig war. Der Verknöcherungsvorgang geht hier metaplastisch vor sich, gerade so, wie ich es an den Gelenkenden der Batrachierknochen beschrieben habe (l. c.); nach der vorausgehenden Canalisirung und partiellen Verkalkung des Knorpels wandelt sich der letztere direct in Knochen um, wobei von den Markräumen aus noch eine geringe Anbildung von Knochensubstanz intramedullär stattfindet. Das Detail des elementaren Ossificationsvorganges ist hier dasselbe, wie bei der normalen Verknöcherung der knorpelig präformirten Batrachierknochen. Der metaplastisch ossificirte knorpelige Callus entspricht der endostalen Knochensubstanz der normalen Knochen; — ausserdem ist hier auch periostaler Knochen vorhanden; dies ist der oben erwähnte, den knorpelig präformirten Callus umgebende, von dem Periost aus neoplastisch gebildete Knochenring (d). Derselbe wird von dem metaplastisch gebildeten endostalen Knochen durch die perichondrale Grenzlinie getrennt und besitzt auch eine zwar sehr feine, aber bei genauer Untersuchung deutlich sichtbare homogene Knochenschicht. Es ist interessant zu beobachten, dass alle die von mir beschriebenen charakteristischen Architecturelemente der normal wachsenden Batrachierknochen bei der pathologischen Knochenbildung wieder zu finden sind.

Jetzt gehe ich zu den Krappbildern des betreffenden Knochens über. Makroskopisch ist der ganze Knochen schwach rosaroth und der Callus intensiv purpurroth gefärbt. Bei makroskopischer Betrachtung des querschnittenen Callus (Taf. XX Fig. 17) scheint

das Callusgewebe diffus und gleichmässig roth gefärbt, die Fracturenden erscheinen aber farblos. Untersucht man das Callusgewebe an Querschliffen mikroskopisch (Fig. 18), so findet man, dass die rothe Färbung nur an den Rändern der Knochen- und der verkalkten Knorpelbalken, sowie an der äusseren Fläche des den Callus umgebenden Knochenrings vorhanden ist und an der übrigen Knochensubstanz ganz und gar fehlt. Was aber die Fracturenden betrifft, wird hier auch der Knochen an seinen freien Flächen gefärbt. Die Färbung erscheint immer in Gestalt von den schon an normalen Knochen beschriebenen Krapplinien. Es ist leicht zu begreifen, dass der makroskopisch sichtbare Unterschied in der Färbungsintensität der Fracturenden einerseits und des dieselben umgebenden Callus andererseits durch den Umstand bedingt wird, dass die ersteren aus einer compacten, der letztere aber aus einer spongiösen Knochensubstanz besteht. Da die in dem Callusgewebe verlaufenden Krapplinien sehr zahlreich sind und in mikroskopischer Entfernung von einander liegen, so summiren sich die gefärbten Knochenstellen und bedingen die makroskopisch zu beobachtende intensive diffuse rothe Färbung des Callus. In meinem Versuche war der Callus vor der Krappfütterung vorhanden; derselbe ist nicht dadurch intensiver als der alte Knochen gefärbt, dass derselbe während der Krappfütterung in Bildung begriffen gewesen wäre, — dies ist hier gar nicht der Fall, — sondern dadurch, dass seine Knochensubstanz, ihrer Struktur nach, in günstigeren Verhältnissen für den Zutritt der mit dem Farbstoffe imprägnirten Nährsäfte sich befindet.

Die intensivere Färbung des Callus in den Versuchen von Busch wird durch die oben angeführten Betrachtungen vollkommen erklärt und die ausschliessliche Färbung der während der Krappfütterung abgelagerten Knochensubstanz ist von Busch gar nicht nachgewiesen.

Was die Zuverlässigkeit der Krappmethode für die Beurtheilung des Knochenwachstums betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die aus einer makroskopischen Betrachtung der Krappknochen geführten Schlüsse werthlos sind und dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft nicht entsprechen.

Selbst eine eingehende mikroskopische Untersuchung der Krappknochen kann nur dann Dienste leisten, wenn man die

Knochen in verschiedenen Entwicklungsstadien untersucht, wobei die Krappmethode nur als ein Hilfsmittel dienen kann.

Aus den in der vorliegenden Arbeit niedergelegten Beobachtungen glaube ich folgende für die Krappfärbung der Froschgewebe gültige Schlüsse ziehen zu dürfen:

1. Der Krappfarbstoff tritt in das Blut- und Lymphgefäßsystem des Thieres ein, durchtränkt alle seine Gewebe, färbt dieselben mehr oder weniger intensiv roth und wird durch die Harnorgane ausgeschieden.

2. Die am intensivsten gefärbten Gebilde sind: a) die siebförmige Schicht der Cutis, b) die Dotterkörner des Eiprotoplasmas, c) die nicht näher erörterten, in den Gallengängen zu beobachtenden Körper und d) die organische Unterlage des Knochen- und verkalkten Knorpelgewebes. Ob der Farbstoff, wenigstens zum Theil, auch an die Kalksalze gebunden wird, muss dahingestellt bleiben.

3. Die Krappfärbung der Froschgewebe nimmt mit der Fortsetzung der Krappfütterung bis zu einer gewissen Grenze an Intensität zu, dann bleibt sie in Statu quo stehen, wobei es hervorzuheben ist, dass die Färbung erwachsener und alter Frösche besser als junger gelingt.

4. Nach der Aussetzung der Krappfütterung geht die Krappfärbung der Gewebe verloren.

5. Bei der makroskopischen Betrachtung der Krappknochen scheinen dieselben in ihrer ganzen Masse durch und durch, mehr oder weniger intensiv, roth gefärbt zu sein. Mikroskopisch unterscheidet man eine diffuse und eine streifige Färbung. Die diffuse Färbung nimmt hauptsächlich die radiärgestreifte Knochenschicht ein, wobei zu bemerken ist, dass das obere und untere Drittel derselben diffus und gleichmässig, das mittlere aber diffus und strahlenförmig gefärbt ist. Die streifige Färbung stellt sich in Gestalt rother Linien (Krapplinien Strelzoff's) dar, welche in einiger Entfernung von den Knochenflächen verlaufen und immer continuirlich sind.

6. Die diffuse sowie die streifige Färbung wird durch eine noch nicht näher bekannte Beschaffenheit der organischen Unterlage, durch eine mehr oder weniger reichliche Entwicklung, Anordnung und Verlaufsrichtung der Saftkanäle bedingt. Je reichlicher die Saftkanäle entwickelt sind, desto intensiver wird die

Färbung, und dieser Satz ist für die Knochenflächen, sowie für die inneren Knochenterritorien gültig.

7. Die äussere, osteoide Schicht bleibt immer farblos, unabhängig davon, ob dieselbe an der äusseren Knochenfläche oder in dem Canalis nutritius sich findet.

8. Die der Saftkanäle und Knochenhöhlen entbehrende homogene Knochenschicht bleibt ungefärbt.

9. Pathologische Knochenneubildungen (Callus) verhalten sich gegen die Krappfärbung in allen Beziehungen ähnlich wie die normalen Knochen.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XIX—XX.

Die Abbildungen sind (die Figuren 4, 5, 13, 14 und 17 ausgenommen) mit der Camera lucida von Hartnack gezeichnet.

Fig. 1. Ein senkrechter Durchschnitt der Cutis des Krappfrosches Nr. 20. Syst. 5 von Hartnack.

a Epidermis, b Drüsenschicht, c siebförmige Schicht, d Derma, e subcutanes Zellgewebe, f weisspigmentirte Zellen, g schwarzpigmentirte Zellen, h Drüsen, i trichterförmige Vertiefung der siebförmigen Schicht, k verbindende Bündel.

Fig. 2. Ein Querschnitt durch die Mitte der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 8. Bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht. Syst. 2 von Hartn.

a Canalis nutritius, b Tub. medullaris, c osteoide Schicht, d Foramina nutritia accessoria, e, e Geflechte von strahlenförmigen Saftkanälen (roth), f äussere Krapplinie, g innere Krapplinie.

Fig. 3. Ein Querschliff an der Grenze zwischen dem oberen und mittleren Drittel der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 15. Bei auffallendem Lichte und weisser Unterlage untersucht. Syst. 2 von Hartn.

A, B Knochenmarkhöhlen, a knöchernes Septum, b äussere Krapplinie, c innere Krapplinie, d gefärbte mittlere (radiär gestreifte) Schicht des periostalen Knochens, e homogene Knochenschicht, f, g perichondrale Grenzlinie.

Fig. 4. Aeussere Fläche der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 11. $2\frac{1}{2}$ mal vergrössert.

A vordere Seite, B hintere Seite, a Foramen nutritium anterius,

b Foramen nutritium posterius, c obere Längsfurche, d untere Längsfurche, e oberer pilzförmiger Knorpel, f unterer pilzförmiger Knorpel.

Fig. 5. Innere Fläche desselben Knochens.

A vordere Hälfte, B hintere Hälfte, a Canalis nutritius, b einfacher Tubus medullaris, c, c doppelter Tubus medull., d oberes Septum, e unteres Septum.

Fig. 6. Ein Querschliff durch das mittlere Drittel der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 2. — Bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht. Syst. 3 von Hartn.

A Tubus medullaris, a äussere Krapplinie, b innere Krapplinie, c osteoide Schicht.

Fig. 7. Ein Querschliff durch das obere Drittel der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 3. Bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht. Syst. 1 von Hartn.

A Knochenmarkhöhle, B Septum, C, C vordere und hintere Längsfurche, a äussere Krapplinie, b innere Krapplinie, c mittlere (radiär gestreifte) Schicht des periostalen Knochens, d homogene Knochen-schicht, e stark entwickelte äussere Krapplinie in der Längsfurche, f perichondrale Grenzlinie.

Fig. 8. Ein Querschliff an der Grenze zwischen dem oberen und mittleren Drittel der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 19. Bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht. Syst. 2 von Hartn.

A Tubus medullaris, a äussere Krapplinie, b innere Krapplinie, c perichondrale Grenzlinie, d Septum.

Fig. 9. Cutis von der inneren Seite des Schenkels vom Krappfrosch Nr. 20. Bei auffallendem Lichte und auf schwarzer Unterlage untersucht, von der Fläche betrachtet. Syst. 4 von Hartn.

a weisspigmentirte Zellen, b schwarzpigmentirte Zellen, c Löcher der siebförmigen Hautschicht.

Fig. 10. Ein Querschliff durch das mittlere Drittel der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 18. Bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht. Syst. 2 von Hartn.

A Tubus medullaris, a äussere Krapplinie, b innere Krapplinie, c gefärbte Knochenhöhlen, d, d perichondrale Grenzlinie.

Fig. 11. Ein Querschliff durch den pilzförmigen Knorpel des Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 3. Bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht. Syst. 2 von Hartn.

A Knochenmarkhöhle, B Knochenwand, a osteoide Schicht, b äussere Krapplinie, c innere Krapplinie, d perichondrale Grenzlinie, e Periosteum, f nicht verkalkter Theil des pilzförmigen Knorpels, g verkalkter Knorpel.

Fig. 12. Eierstock vom Krappfrosch Nr. 22. Syst. 5 von Hartn.

A ein älteres Ei, a Vitellus, b Keimbläschen, c Dotterkörner, B jüngere Eier.

- Fig. 13. Schema der Tibio-fibula im Anfang ihrer Entwicklung. a, a präformirte Knorpel.
 b, b } periostaler Knochen,
 c, c }
 d Stelle, wo kein Knochen gebildet wird.
- Fig. 14. Schema der Tibio-fibula bei weiterer Entwicklung derselben.
 a, a Knorpel, b, b Knochenwand, c knöchernes Septum, d Tubus medullaris im Beginn der Knorpelzerstörung.
- Fig. 15. Das in Fig. 6 abgebildete Präparat, bei durchfallendem Lichte, mit Immersionssystem 9 von Hartn. untersucht.
 a osteoide Schicht, b äussere Krapplinie.
- Fig. 16. Das in Figur 3 abgebildete Präparat, bei durchfallendem Lichte betrachtet. Syst. 7 von Hartn.
 A Knochenmarkhöhle, a osteoide Schicht, b äussere Krapplinie, c innere Krapplinie, d endostaler Knochen, e homogene Knochenschicht, f mittlere (radiär gestreifte) Schicht des periostalen Knochens, g gefärbte Knochenhöhlen, h Erweiterungen der Saftkanäle, i perichondrale Grenzlinie.
- Fig. 17. Ein Querschnitt durch den Callus der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 4. Natürliche Grösse. Die farblosen halbmondförmigen Figuren in der Mitte des Callus sind die Fracturenden des Knochens.
- Fig. 18. Dasselbe Präparat, fein geschliffen, bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht, 10 mal vergrössert
 a, a Fracturenden des Knochens, b, b, b Knochenbalken des Callus, c, c, c nicht ossificirte Knorpelinseln, d periostaler Knochenring.
- Fig. 19. Ein grober Querschleiff der Tibio-fibula vom Krappfrosch Nr. 21. Bei auffallendem Lichte und auf weisser Unterlage untersucht. Syst. 2 von Hartn.
 A Tubus medullaris, a äussere Krapplinie, b innere Krapplinie, c perichondrale Grenzlinie, d gefärbte Stelle eines Knochenvorsprunges der Tibio-fibula.
- Fig. 20. Dasselbe Präparat, fein geschliffen. Bei durchfallendem Lichte untersucht. Syst. 4 von Hartn.
 A Tubus medullaris, a äussere Krapplinie, b innere Krapplinie, c quergeschnittene Saftkanäle, d längsgeschnittene Saftkanäle, e perichondrale Grenzlinie, f homogene Knochenschicht, g mittlere (radiär gestreifte) Schicht des periostalen Knochens.