

Zur chemischen Constitution des Knorpelgewebes.

Von

Alexander Friedleben, Dr. med. zu Frankfurt a. M.

Es ist allgemein bekannt, dass die ausgezeichnetsten Forscher im Gebiete der Histogenese und des Wachsthums des Knochengewebes bis in die neueste Zeit gelehrt haben, dass der Verknöcherungsprocess auf zwei verschiedene Arten vor sich gehen könne. Einmal nämlich verknöchern die knorpelig vorgebildeten Knochen durch Ossification ihrer Knorpel, indem an einem gegebenen Punkte die Intercellularsubstanz des Knorpels sich mit Kalksalzen imprägnirt, durch deren sogleich eingeleitete Resorption sich Hohlräume (Markräume) bilden; in diesen Hohlräumen findet dann durch Umbildung der Knorpelzellen zu Knochenzellen (Knochenkörperchen) und erneute Ablagerung von Kalksalzen um dieselben in bekannter geregelter Ordnung (*Havers'sche Kanäle* mit ihren Lamellensystemen) die eigentliche Knochenbildung Statt. Anders gestaltet sich der Vorgang in den knorpelig nicht präformirten Knochen, indem hier aus den Bindegewebszellen der innersten Periostlage sich die Knochenzellen mit ihren sternförmigen Ausläufern entwickeln und dann der weitere Vorgang der Verknöcherung wie in jenem andern Fall Statt finden sollte. Dieser zweiten Art der Verknöcherung fehlt demnach zu grossem Theile wenigstens jene massenhafte Schmelzung der zuerst abgelagerten Kalksalze. Man schied nach dieser Auffassung die Knochen in primäre und secundäre, eine Eintheilung, die unbestritten zu Recht besteht, wenn man die dem fertigen Knochen vorausgehenden Gewebe in Anschlag bringt; man hatte auch sicherlich vollkommen Recht, in diesem Sinne von einem Längswachsthume der primären Knochen durch Knorpelverknöcherung und ihrem Dickewachsthume durch secundäre (periostale) Ossification zu sprechen. Allein in neuester Zeit sind die durch die trefflichen Arbeiten eines *Kölliker*¹⁾, *H. Meyer*²⁾ und *Virchow*³⁾ gewonnenen Resultate einer

1) Mikroskopische Anatomie.

2) *Muller's Archiv*. 4849. 4.

3) *Archiv V.* 4

noch eingehenderen Analyse unterworfen worden; meines Wissens hat zuerst *Bruch*¹⁾ nachzuweisen versucht, dass die Knorpelverknöcherung wenigstens theilweise mit dem Prozesse der periostalen Ossification vielfach übereinkomme; doch hat erst *H. Müller*²⁾ in seiner vortrefflichen Arbeit über die Entwicklung der Knochensubstanz zur Evidenz dargethan, dass die eigentliche Knochenbildung überall nur eine bindegewebige ist, dass der vorgebildete Knorpel zwar verkalkt, und durch diese Verkalkung zur Resorption geführt und durch diese Resorption allerdings zwar die Markraumbildung erzielt wird, dass aber in diesen Hohlräumen nunmehr erst wahre Knochensubstanz um die im vorschiebenden Bindegewebe sich entwickelnden Knochenzellen (welche vielleicht zum Theile Abkömmlinge von Knorpelzellen immerhin sein mögen) sich zu bilden vermöge. Bleibt demnach auch die Eintheilung in primär und secundär ossificirende Knochen in morphologischer Hinsicht in ihrer alten Geltung, so ist doch durch *Müller's* schöne Untersuchungen die Identität des Vorgangs der Ossification für alle Knochen erwiesen und darf als ein herrlicher Gewinn unserer Erkenntniss begrüsst werden.

Hat demnach auch die Histologie des Knochengewebes durch die Forschungen aller jener ausgezeichneten Männer grosse Fortschritte gemacht, so blieb doch seither ein Punkt einer nähern Untersuchung entzogen, welcher meines Erachtens ein sehr wesentlicher genannt werden muss. Allgemein nämlich wird angenommen, dass der primär vorgebildete Knorpel ein sog. Chondrogen-, der eigentliche Knochenknorpel ein Collagenknorpel sei. Man schloss dies daraus, dass die Abkochungen des primär vorgebildeten Knorpels, ganz wie die des permanenten Knorpels mit Essigsäure, essigsaurem Bleioxyd, Alaun und Eisenchlorid Niederschläge und Fällungen bilden, also die Reactionen des Chondrin ergeben, währenddem die Decocte des Knochenknorpels mit Gerbsäure und Sublimat getrübt oder gefällt werden können, von den oben genannten Reagentien aber nicht alterirt werden, demnach die Reactionen des Glutin liefern. Es war hiermit eine Schwierigkeit gegeben, welche bis jetzt noch nicht gelöst worden; denn die Erklärungen, die man bis jetzt versucht, haben wohl kaum noch die Grenzen unsicherer Hypothesen überschritten. Wenn *Schlossberger*³⁾ meint, dass wohl die Chondrogenmolecüle allmählig zersetzt, verflüssigt und resorbirt, dagegen an ihrer Statt, soweit nicht Canäle entstehen, Collagenmolecüle und Knochensalze abgesetzt werden, und wenn *H. Müller* diesen Vorgang einfach dadurch zu erklären sucht, dass eben der primäre Knorpel nicht ossificire, sondern der Knochen überall aus bindegewebiger (d. h. glutiniger) Grundlage hervorgehe, demnach auch eigentlich von einer Umwandlung von Chondrogen in Col-

1) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Knochensystems. Denkschrift der Schweiz. naturf. Gesellschaft.

2) Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. IX. 2.

3) Erster Versuch einer allgem. und vergl. Thierchemie. Bd. 1. S. 33

lagen nirgends die Rede sein könne, so fehlt eben diesen Auffassungen alle experimentelle Basis; sie bleiben eben nur Vermuthungen. Es müsste vorans erst festgestellt werden, dass Knochenknorpel und hyaliner Knorpel wirklich so verschiedene chemische Reactionen liefern, wie man seither allgemein zugelassen hat.

Vielleicht erscheint dieser Satz auf den ersten Anblick etwas paradox. Wie? man will eine Thatsache in Zweifel ziehen, die man ja jeden Augenblick auf das evidenteste darthun kann? Wohl weiss ich, dass jene Reactionen evident dargethan werden können, wenn man nach den seitherigen Verfahrungsweisen die Knorpel behandelt. Nichts leichter als dieses! Ich habe in meinen zahlreichen chemischen Untersuchungen des Knochengewebes, welche ich einem baldigen Abschlusse zuführen zu können hoffe, dies ebenso gefunden, wie alle anderen Forscher. Allein es drängte sich mir wiederholt das Bedenken auf, ob denn wohl nicht die Art der Behandlung hier von entscheidendem Einfluss sei. Es ist allgemein bekannt, dass ein hyaliner Knorpel, nach sorgfältiger Entfernung seines Perichondriums und der äussersten (jüngsten) Schichten seines Gewebes (als den möglicher Weise durch Glutinreactionen täuschenden Parthien) mit destillirtem Wasser gekocht, in einem gewöhnlichen Tiegel äusserst langsam, erst nach tagelangem Kochen aufgelöst werden kann, dass hingegen ein durch mehrtägiges Lagern in verdünnter Salzsäure (1 Theil auf 10 Theile Wasser) aus einem Knochen dargestellter Knochenknorpel sehr leicht und schnell, meist schon nach 1—2 Stunden, manchmal noch viel rascher durch Kochen vollständig gelöst werden kann. Es ist ebenso allgemein bekannt und völlig richtig, dass dann das erste Decoet die Reactionen des Chondrin und spärlich die des Glutin, das zweite nur die des Glutin liefert. Indem ich nun aber den hyalinen Knorpel gerade so wie den Knochen vorgängig einige Tage in die gleiche verdünnte Salzsäure legte, war sein physikalisches Verhalten jetzt ganz gleich jenem des Knochenknorpels; er liess sich sehr leicht und in ebenso kurzer Zeit vollkommen durch Kochen lösen. Sein Gefüge war durch die Salzsäure nicht wesentlich alterirt worden; die Intercellularsubstanz schien unter dem Mikroskope zwar transparenter geworden, die Knorpelzellen selbst schienen etwas gequollener zu sein, allein die Zellen waren vollkommen erhalten. Was aber das Bemerkenswerthe, es waren nunmehr die Chondrinreactionen vollständig verschwunden, es ergaben sich jetzt nur Glutinreactionen. Ich habe diese Versuche oft wiederholt, sowohl mit hyalinem Knorpel (Rippen- wie Epiphysenknorpel) von Kindern und Erwachsenen, sowie von Kälbern und Ochsen; sie gaben alle das gleiche Resultat. Ja noch mehr, ein verkalkter Rippenknorpel eines 36 Jahre alten Mannes, gleichfalls mit verdünnter Salzsäure behandelt und seiner Kalksalze vollständig beraubt, ergab gleichfalls nur Glutinreaction (schwache Trübung durch Gerbsäure). Es ist dies zwar nach den erwähnten Thatsachen leicht begreiflich, allein es widerspricht

dieser Befund geradezu der Annahme, als ob verkalkter Knorpel andere Reactionen ergebe, als entsalzter Knochenknorpel, eine Annahme, der man oft genug, neuerlichst wieder bei *H. Müller*, begegnet. Ich muß ausdrücklich hervorheben, dass jener verkalkte Rippenknorpel keine Spur von Knochengewebe zeigte, weder Knochenkörperchen noch viel weniger *Havers'sche* Kanäle, sondern nur amorphe Kalkconcremente mit Markraumbildung.

Es darf hierbei nicht unterlassen werden zu bemerken, dass aus den (nicht verkalkten) Rippen- und Epiphysenknorpeln durch die Salzsäure keine Erden ausgezogen wurden, wie direct angestellte Prüfungen erwiesen. Es konnte daher auch keinem Zweifel unterliegen, dass es nur die Einwirkung der Säure auf die Intercellularsubstanz des Knorpels gewesen, welche jene mächtige Umänderung bewirkt. Nun aber haben wir seither die Knochenknorpel fast immer durch Salzsäure gewonnen; diese entzog die Mineralstoffe und kam bis zur vollständigen Entsalzung in directer Berührung mit der Knorpelsubstanz selbst, gerade so bei den verkalkten Rippenknorpeln. Die Einwirkung der Säure war also in beiden Fällen gleich. Welcher Art diese Einwirkung, wage ich bis jetzt nicht zu bestimmen; das aber scheint mir festzustehen, dass man nicht mehr an einem chemischen Unterschied des Hyalin- und Knochenknorpels festhalten kann, so lange man nicht eine andere Methode der Darstellung gefunden haben wird. Nun hat man zwar geraspelte Knochen in Papinianischen Topfe bei hohem Atmosphärendruck gekocht, auch wirklich hierdurch Glutinreactionen erzielt, allein man hat meines Wissens nicht den Knochenknorpel von seinen Salzen zu trennen vermocht; die Glutinreactionen in diesem Falle sind leicht verständlich, wenn man an das massenhafte Bindegewebe der *Havers'schen* Kanäle, der Gefässe, vielleicht theilweise selbst der Knochenzellen denken will.

Da also bis jetzt zur Gewinnung von Knochenknorpel nur die Salzsäure in Anwendung kam, hierdurch auch sehr leicht Glutinknorpel gewonnen werden konnte, andererseits aber jeder Hyalinknorpel, auf die gleiche Weise behandelt, ganz dieselben Resultate liefert, so muss

1) die auf die seitherigen Versuche gegründete Eintheilung in Chondrogen- und Collagenknorpel aufgegeben werden, so lange nicht eine andere Darstellungsweise für letzteren gefunden sein wird, und es darf

2) einstweilen vermuthet werden, dass der Hyalinknorpel weder bei Verkalkung, noch bei Verknöcherung, soweit ihn dieselbe zu betreffen vermag, eine chemische Veränderung erleide.

Es schien mir die Sache belangreich und wichtig genug, ebenso für Physiologen, wie Chemiker, um sie auch jetzt schon in dieser vorläufigen Form den Fachgenossen zu übergeben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1859-1860

Band/Volume: [10](#)

Autor(en)/Author(s): Friedleben Alexander

Artikel/Article: [Zur chemischen Constitution des Knorpelgewebes.
20-23](#)