Die Lymphwurzeln der Knochen.

Von

Dr. Albrecht Budge,

Assist. am anatom. Institut. in Greifswald.

Hierzu Tafel VII.

Eine Untersuchung über die Blutgefässe des Knochens und ihre Beziehung zur Knochenentwicklung führte mich zu einem Befunde, der mir für die Lymphgefässe des Knochens von Bedeutung erschien und mich zur weiteren Verfolgung bestimmte.

Wie bekannt kommen in den Havers'schen Canälen Blutgefässe in verschiedener Anzahl vor, so dass auf die grösseren zwei und mehr, auf die mittleren zwei, die kleinsten nur eins kommt. Die Wandung derselben besteht bei letzteren nur aus einem einfachen Endothelschlauche, wie er vielen Capillaren eigen ist. An diesen kleinsten Havers'schen Canälchen fällt die grosse Anzahl von Endothelzellen auf, die so dicht stehen, dass sie unmöglich einem einzigen Rohre angehören können. Häufig finden sich zwei Endothelkerne vollkommen nebeneinander, während sie sonst mehr oder weniger alternirend und in geringerer Menge vorkommen. Ich benutzte meistens die Knochen ausgewachsener Katzen, welche in 1%iger Chromsäure entkalkt waren und färbte Schnitte davon mit essigsauerm Carmin nach der bekannten Methode von Schweigger-Seidel. Hierdurch treten die Endothelkerne schön und deutlich hervor.

Zur Controlle bediente ich mich ebenso behandelter Präparate von Knochen, deren Blutgefässe mit blauem Leim injicirt waren.

Dadurch war die Möglichkeit gegeben, Endothel, welches der Blutcapillare angehört, von etwa anliegendem anderen Endothel zu unterscheiden. Es zeigte sich nun wirklich auf ganz unzweideutige Weise, dass im Havers'schen Kanale zwei Endothelcylinder vorhanden sind. An vielen Stellen solcher Schnitte kommt es vor, dass die blau injicirten Blutgefässe zum Theil aus den Kanälen herausgehoben sind und daneben liegen, während ein anderes Stück desselben Gefässes noch in denselben sich befindet. Ein Abschnitt des Havers'schen Canals wird dadurch leer und durchsichtig, ein anderer noch mit dem blaugefärbten Blutgefässe erfüllt. An letzterem ist nun einmal die Anzahl der Endothelzellen viel häufiger, als in dem anderen. Zweitens erscheint das freiliegende Blutgefäss, welches auf Druck in der Flüssigkeit flottirt, noch mit seinen Endothelzellen besetzt, während gleichzeitig noch eine einfache Schicht solcher Zellen den vom Gefäss entblösten Canal auskleidet. Hieraus muss man schliessen, dass wirklich zwei Endothelrohre in den kleinsten Canälchen vorkommen. Dass man nicht etwa daran denken kann, die Endothelien seien Knochenzellen, die an erweichten Knochen mancherlei Gestalten annehmen können und häufig in der Nähe der Canäle liegen, geht schon allein daraus hervor, dass diese Endothelien im Canal und nicht dicht daran sich finden, und zweitens, dass die Knochenkörperchen unregelmässig, bald näher bald weiter um den Canal gruppiert sind. Mit Markzellen sind sie gleichfalls nicht zu verwechseln, da, abgesehen von der völligen Verschiedenheit des Aussehens, solche überhaupt in den kleinsten Canälchen nicht vorkommen.

Diese Befunde mussten mich natürlich auf den Gedanken führen, dass hier vielleicht ebenso, wie im Gehirn, in der Leber etc. perivascularäre Lymphräume vorkommen ¹⁾. Diese Vermuthung hat sich

1) Mit dem Niederschreiben vorliegender Arbeit beschäftigt, erhalte ich die Untersuchung über »Elasticität und Festigkeit der Knochen« von Prof. Rauber. Ich führe seine eigenen Worte über diesen Gegenstand an: »Die nächste Auskleidung der Havers'schen Canäle ist eine endotheliale. Sie begrenzt, wie ich es vorläufig auffasse, circumvascularäre Lymphcanäle. Die Mitte wird von einem oder mehreren Blutgefässen eingenommen.« pag. 72. Die Abbildung (Taf. 2 Fig. 4) ist zutreffend, wenn auch, mit meinen Präparaten verglichen, etwas schematisch gehalten. Ich habe den Raum zwischen Blutgefässendothel und der endothelialen Auskleidung des Havers'schen Canals, in dem nur ein einziges Blutgefäss enthalten ist, nicht so breit, wie es nach der Abbildung scheint, gefunden.

nun auch vollkommen bestätigt. An und für sich machen es schon die doppelten Endothelien höchst wahrscheinlich. Der sichere Beweis war aber nicht eher beizubringen, bis der Zusammenhang zwischen Lymphgefässen und diesen Räumen sich durch Injection darstellen liess. Um diesen Zweck zu erreichen, trieb ich, nachdem das Mark entleert war, in Wasser lösliches Berlinerblau in den Markkanal mittelst des bekannten Quecksilber-Druckapparates ein und liess den Druck lange Zeit wirken. Indessen war dieser Versuch, den ich mehrmals wiederholte, ohne Erfolg, wahrscheinlich weil der Farbstoff sich zu früh an den Wänden niedergeschlagen und so diese feinen Gänge verstopft hatte.

Viel günstiger erwies sich die zweite Stelle, von der aus ich einzudringen versuchte.

Zunächst behandelte ich sorgfältig abpräparirte Stücke des Periost's mit Arg. nitr., um mich über das Vorkommen und die Lage der Lymphgefässe im Periost zu orientiren¹⁾.

Ich fand ein weit verzweigtes Netz, das aus mehreren Lagen besteht und sich überall eng an die Blutgefässe anschliesst. Fig. 1 zeigt ein solches Präparat, welches dem Periost des Mittelfusses vom Kalb entnommen ist. In dem Periost älterer Thiere (Kuh) sind die Lymphgefässe nicht so zahlreich vorhanden.

Einstichinjectionen mit Berlinerblau zeigten dieselben Bilder. Die Lymphgefässe, wie sich leicht an einer Reihe von Flächenschnitten zeigt, sind in den äussersten Lagen am zahlreichsten, während sie in der elastischen Lage, ebenso wie die Blutgefässe an Menge abnehmen.

Auch gelang es mir nur an Kalbs- und Kuhfüssen, an welchen die Knochen mit einem auffallend starken und derben Periost umkleidet sind, vollständige Injectionen darzustellen. Katzen und Kaninchen eignen sich weniger zu solchen Versuchen. Besondere Schwierigkeiten bietet der innige Zusammenhang der periostalen Lymphgefässe mit denen des umliegenden lockeren Bindegewebes, der Sehnen etc., weil man bei der Präparation des Periost's eine Menge grösserer Stämme durchschneiden muss, aus denen die Injectionsmasse abfließt, anstatt in den Knochen einzudringen. Ich

1) Vor ungefähr anderthalb Jahren hatte Prof. Schwalbe die Güte mir periostale Lymphgefässe zu zeigen, die die oberflächlichen Gefässe als starke Stämme begleiten.

benutzte meist die Mittelfussknochen oben genannter Thiere, die man sich leicht frisch verschaffen kann.

Ein grosser Theil dieser oberflächlichen Lymphgefässe mündet in zwei starke Lymphgefässstämme, die unmittelbar auf dem Periost aufliegen und die Blutgefässe des Fussrückens begleiten. Sehr feine Glascanülen lassen sich in dieselben einbinden, jedoch ist es mir nie geglückt, von diesen aus kleinere Stämme zu füllen, wenn ich auch Tage lang einen constanten Druck anwendete und die Präparate mit verdünntem Alkohol behandelte, was bekanntlich empfohlen ist, um die Klappen nachgiebiger zu machen.

Nach vielen vergeblichen Versuchen fand ich Stellen am Mittelfussknochen, an denen sich Sehnen weit ins Periost hineinsenken und allmählich in dasselbe übergehen.

An den Sehnen lassen sich bei einiger Uebung leicht schöne Lymphgefässnetze darstellen, während in mehr lockerem Bindegewebe häufig wenigstens an der Einstichstelle Extravasate entstehen, was auch für die meisten Stellen des Periost's gilt. Ferner hatte ich hier den Vorthail, dass ich das eigentliche Periost nicht freizulegen brauchte, wobei natürlich viele Lymphgefässe der Nachbarschaft, wie schon bemerkt, zerschnitten werden. Es lassen sich dadurch Lymphgefässnetze auf weite Strecken hin füllen und für das Periost leicht auf Flächenschnitten untersuchen. Ist das Periost sorgfältig entfernt, so markiren sich bei wohlgelungenen Injectionen an dem freiliegenden Knochen einzelne blaue Punkte, die man schon mit blossen Auge, sehr deutlich mit der Loupe, sehen kann. Das vereinzelte Vorkommen derselben spricht schon dafür, dass man es mit Lymphgefässen, nicht mit Blutgefässen zu thun hat. Ist man beim Einstechen mit der Nadel in ein Blutgefäss gekommen, so sieht man entsprechend der grossen Anzahl der in den Knochen eindringenden Blutgefässe eine grössere Fläche mit solchen Punkten besetzt.

Ueberraschend war es mir, an feinen abgespaltenen Splittern, die ich in Glycerin mit etwas Salzsäure (1 : 100 Glyc.) untersuchte, schon bei schwacher Vergrösserung blaue Körperchen zu finden, die in Form und Grösse den Knochenhöhlen entsprechen. Bei genauerer Beobachtung präsentirten sich dieselben als wirklich mit Injectionsmassen gefüllte Knochenhöhlen. Fig. 2¹⁾ zeigt ein solches Prä-

1) Abbildung 2, 3, 4 verdanke ich der Güte des Herrn Prof. Sommer in Greifswald, wofür ich ihm hier meinen Dank ausspreche.

parat, auf dem drei Knochenhöhlen und deren Ausläufer mit Injectionsmasse gefüllt, enthalten sind.

Die Knochenzelle selbst ist etwas zusammengedrückt, markirt sich aber deutlich dadurch, dass auf ihr das Berlinerblau dichter niedergeschlagen ist. Man könnte bei flüchtiger Betrachtung auf den Gedanken kommen, dass hier blaue Injectionsmasse von benachbarten Gefässen während des Schneidens zufällig aufgetragen sei und dies eine Täuschung veranlasst hätte.

Dieses war bei dem abgebildeten Präparat von vorn herein auszuschliessen, da die injicirten Knochenhöhlen nicht an der Oberfläche des Knochens lagen, sondern beiderseits von einer dünnen Knochenschicht bedeckt waren. Jeder Zweifel aber wurde entfernt, nachdem ich feine Schnitte untersuchen konnte, die dem durch 1procentige Chromsäure erweichten Knochen entnommen und dann mit essigsauerm Carmin tingirt waren, wodurch die blaue Farbe der Injectionsmasse sich sehr deutlich abhebt.

Hier fand ich nun in sehr grosser Anzahl injicirte Knochenhöhlen, die sich als blaue mit längeren oder kürzeren Fortsätzen versehene, sternförmige Gebilde zeigen und in deren Mitte man die scharf begrenzte, schön roth gefärbte Knochenzelle sieht. Schon bei schwacher Vergrösserung erblickt man dieselben als rothe Punkte, die von einem blauen Hofe umgeben sind. In beigegegebener Figur 3 ist ein solches Knochenstückchen dargestellt, an dem die Knochenhöhlen in oben angegebener Weise injicirt sind.

Von geringerem Interesse sind mancherlei Modificationen. Bald ist eine Knochenhöhle mit mehr, bald mit weniger Injectionsmasse gefüllt, so dass die Zelle bald ganz überdeckt, bald ganz zusammengedrückt sich findet, während bei anderen eine kaum sichtbare Menge von Masse, die Knochenhöhle nur mit der Zelle ausgefüllt erscheinen lässt. Ebenso variabel ist die Injection der Ausläufer, die nur stellenweise, auf Strecken hin, gefüllt sich zeigen. Dass man sie nicht in ihrer vollen Ausdehnung und Gestalt erkennt, erklärt die anerkannte Thatsache, dass die Ausläufer der Knochenhöhlen nur dann deutlich sichtbar sind, wenn sie mit Luft erfüllt sind und fast nie an feuchten Präparaten die bekannten Bilder geben.

Es war nun noch übrig, auch den Weg deutlich vor Augen zu haben, auf dem die Injectionsmasse in die Knochenhöhlen eindringen kann. Dieses ist mir nun auch geglückt.

Die Blutgefässe, die durch Carminfärbung und noch darin be-

findliche Blutkörperchen als solche deutlich hervortreten, zeigen auf dem Querschnitt einen feinen concentrischen Ring, der nach innen von dem Endothel der Blutcapillare, nach aussen von dem des Havers'schen Canals begrenzt ist. Fig. 4 zeigt dieses Verhalten. In der Umgebung des Gefässes finden sich die früher beschriebenen injicirten Knochenhöhlen.

Solche Bilder kommen nun nicht vereinzelt vor, sondern finden sich an geeigneten Untersuchungsstellen in grosser Anzahl. Analog diesem Befunde sieht man auf dem Längsschnitt, wenn das Gefäss gespalten ist, feine blaue Streifen, die aussen dasselbe saumartig umgeben. Ist das Gefässchen unverletzt, so erscheint es schwach blau, so dass man an eine Blutgefässinjection glauben könnte, wenn man nicht an Stellen, die schief durch den Schnitt getroffen sind, in das Blutgefäss, wie in eine offene Röhre hineinsehen und sich überzeugen könnte, dass keine Spur von Farbstoff darin ist.

Besonders instructiv sind etwas dickere Schnitte, in denen Quer- und Längsschnitte Havers'scher Canälchen vorhanden sind. An ihnen sieht man schon bei schwacher Vergrösserung durch die blauen Ringe und Streifen die Blutgefässe gegen die Knochensubstanz sich abgrenzen.

Jene Räume sind somit als perivasculäre Lymphräume aufzufassen. Dieselben lassen sich einmal von Lymphgefässen aus injiciren, stehen also mit ihnen im Zusammenhang und zweitens besitzen sie ein nachweisbares Endothel, zwei Eigenschaften, die ihre Lymphgefässnatur untrüglich darthun.

In grösseren Havers'schen Canälen habe ich eigene Lymphgefässe mit besonderen Wandungen gefunden, die von den periostalen Lymphbahnen aus direkt in den Knochen eindringen. Sie sind so gross, dass man sie schon mit blossem Auge, besser mit der Loupe, wie oben bemerkt, erkennt.

Die Injection hat nun nachgewiesen, dass mit den perivasculären Lymphräumen die Knochenhöhlen durch ihre Ausläufer zusammenhängen. Man muss also annehmen, dass in letzteren Lymphe während des Lebens circulirt. Es findet sich hier sicher eine grosse Aehnlichkeit mit den Saftcanälchen des Bindegewebes wieder, die dem Knochengewebe mehr und mehr seine Stellung unter den Binde-substanzen sichert, vielleicht es als typisch hinstellt.

So schwierig die Erforschung des Knochens wegen seiner Festig-

keit zu sein scheint, so bietet er doch auch wieder grosse Vortheile, die grade in seiner Festigkeit und Unnachgiebigkeit der Zwischensubstanz beruhen. Während beim Bindegewebe sich leicht künstliche Gänge und Spalten durch Injectionsdruck bilden, oder dicht aneinander verlaufende Canälchen sich bei der Nachgiebigkeit der Gewebe, wenn ein oder das andere durch Injectionsmasse mehr als normal ausgedehnt ist, gegenseitig zusammendrücken, ist man beim Knochen grade gegen diese beiden Hauptfeinde der Injection geschützt. —

Fasst man das Gesagte noch einmal kurz zusammen, so muss man zwei verschiedene Ernährungssysteme am Knochen unterscheiden, die nicht direkt mit einander zusammenhängen, wohl aber in innigster Berührung stehen, nämlich das Blutgefäss- und das Lymphgefäss-System ¹⁾.

Sie gestatten einen gegenseitigen Austausch ihrer flüssigen und gasförmigen, vielleicht auch ihrer festen Bestandtheile (weisse Blutzellen).

Das Lymphgefässsystem ist innig mit dem Knochen verschmolzen, während die Blutgefässe nur durch ersteres, also indirekt mit demselben in Verbindung stehen. Somit kann also allen Punkten des Knochens durch die Saftcanälchen Ernährungssaft zugeführt werden. Auf diesem Wege werden auch wohl die dünnen Siebbeinplatten, die gar keine Blutgefässe haben, ernährt werden müssen. Unwillkürlich kommt der Gedanke, wie wird die Circulation der Lymphe in einem so starren Gewebe ermöglicht? Denkt man sich die Knochenzellen als contractile Gebilde, die, unterstützt von der Capillarität der Ausläufer von Knochenhöhlen, durch Contraction Lymphe ansaugen, durch Nachlassen derselben letztere weitertreiben, also das Ganze als ein Saugwerk, das durch Bewegung der Knochenzellen in Thätigkeit erhalten wird, so kann in dieser Weise wohl ein Verständniss der Lymphcirculation gewonnen werden.

Die Lymphwurzeln der Knochen liegen, wenn man so sagen darf, in den Knochenhöhlen. Durch die Ausläufer communiciren sie mit perivascularären Räumen, die wiederum mit den periostalen Lymphgefässen in Zusammenhang stehen.

1) Zum leichteren Verständniss füge ich eine schematische Abbildung in Fig. 5 bei. Die Theile, die blau gezeichnet sind, entsprechen den Lymphbahnen.

Das Verhältniss der Lymphgefässe in den grösseren Canälen zu den perivascularären ist mir bis jetzt nicht gelungen zu ermitteln. Ebenso reichen meine Untersuchungen über die Lymphgefässe des Markkanals und die des sich noch entwickelnden Knochens noch nicht hin, um über sie berichten zu können. Ich hoffe im Verlauf des nächsten Sommers nebst genauer Angabe der Literatur diese Fragen im Zusammenhang mit den Untersuchungen über die Blutgefässe beantworten zu können.

Greifswald, den 27. Februar 1876.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel VII.

- Fig. 1. Lymphgefässnetz der oberflächlichen Periostschicht (Mittelfussknochen. Kalb). Blutgefässe blau. Lymphgefässe durch Arg. nitr. dargestellt. Hartn. Oc. 4. Obj. 4.

(Diese, sowie Fig. 4, ist von dem Universitäts-Zeichenlehrer, Herrn Weiland, angefertigt.)

- Fig. 2. Ein von nicht erweichtem Knochen abgespaltener Splitter, in dem die Knochenzellen mit Injectionsmasse gefüllt sind. (Mittelfussknochen. Kuh.) Hartn. Oc. 3. Obj. 8 ausg. Tub.

- Fig. 3. Ein Schnitt von in 1%iger Chromsäure erweichtem Knochen, der mit essigsauerm Carmin gefärbt ist. Es ist, nach sorgfältiger Entfernung des Periost's, etwa der dritte Schnitt von der Oberfläche aus gerechnet. Er enthält Knochenhöhlen mit deutlich roth gefärbten Zellen, um welche blaue Injectionsmasse gelagert ist, die auch noch die Ausläufer theilweise füllt. Hartn. Oc. 3. Obj. 8 ausg. Tub.

- Fig. 4. Das Präparat ist wie voriges hergestellt, ebenfalls vom Mittelfussknochen einer Kuh. In der Mitte befindet sich ein querdurchschnittener Havers'scher Canal, in dessen Centrum ein mit deutlichem Endothel versehenes Blutgefäss ist. Concentrisch um letzteres ein mit blauer Masse gefüllter Raum, der von dem Knochen durch Endothelzellen getrennt ist; also der perivascularäre Lymphraum. Einzelne injicirte Knochenhöhlen sind um denselben gelagert.

- Fig. 5. Schematische Darstellung der Lymphwurzeln der Knochen.

Die blaue Farbe deutet die Lymphbahnen an. Knochenzellen und Blutgefäss roth.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.