

Ueber

Knochen und Gelenke.

Von

PROF. DR. E. ALBERT.

Vortrag, gehalten am 21. November 1883.

Mit fünf Holzschnitten.

Wenn man einem Claviervirtuosen zusieht, wie er ein technisch schwieriges Stück vorspielt und wenn man sich hiebei die verschiedenen Knochen, Gelenke, Sehnen, Muskeln und Nerven vorstellt, die hiebei in Action treten; wenn man sich insbesondere vorstellt, wie berechnet jeder Griff sein muss, wie geometrisch genau die Bewegungen der Arme, der Hände, der Finger sein müssen, um in den Tasten nicht fehlzugreifen; wenn man bedenkt, welch' feine Abstufungen der Muskelkraft der Spieler in seiner Gewalt haben muss, um den Anschlag und die Tonerzeugung in jedem Augenblicke zu modificiren: so muss man den menschlichen Arm als eine Art von Präcisionsinstrument anstaunen, dessen Vielseitigkeit durch Erziehung und Uebung in unabsehbarem Masse gesteigert werden kann. Bevor die Hand solche Leistungen hervorzubringen im Stande war, hatte der Besitzer derselben das deutliche Gefühl, dass hier zwei Elemente in Betracht kamen; erstlich die Knochen, die er zu bewegen hatte und die in ihrer Passivität bloß ein Werkzeug darstellen, etwa so wie die Tasten des Claviers selbst, die ja auch Bein (Elfenbein) sind; zweitens die Muskeln, die gewöhnt und erzogen werden mussten, bestimmten Impulsen des Willens in mannigfaltigen gleichzeitigen Com-

binationen und Aufeinanderfolgen unbedingt zu gehorchen. Der Gegensatz, der zwischen den anfangs sehr widerspänstigen, fehlgreifenden, regellos arbeitenden Muskeln und den willenlos folgenden Knochen bestand, wird in der Physiologie dadurch ausgedrückt, dass man die Knochen die passiven, die Muskeln aber die activen Bewegungsorgane nennt. Freilich ist der eigentliche Acteur der Wille, aber sowie die Schlacht nicht der Feldherr, sondern die Soldaten schlagen, so werden die Knochen von den Muskeln bewegt, diese aber vom Willen gelenkt.

Eine einfache Ueberlegung führt uns bald dahin, dass das Zusammenspielen zwischen den activen und passiven Bewegungsorganen noch eine weitere Bedingung voraussetzt; die Knochen, welche von den Muskeln bewegt werden, müssen derart zusammengefügt sein, dass eine bestimmte Führung derselben möglich ist; sie müssen derart untereinander verbunden sein, dass sie als ein geregelter Complex fungiren. Diese gesetzmässige Verbindung der Knochen untereinander besorgen die Gelenke, und das Wort besagt in sehr schöner Weise, dass die Zusammenfügung eine bestimmte, regelrechte, eine lenksame ist.

Sieht man hingegen einen Seiltänzer an, der etwa auf einem Beine stehend, auf dem Seile balancirt; so drängt sich uns ein anderes Moment auf. Da fällt uns die Festigkeit des Gefüges auf; wir staunen, dass das Gefüge des Beines, das im Laufen, Springen, Tanzen eine solche Beweglichkeit zeigt, plötzlich eine solche Verläss-

lichkeit in der Ruhe bewahrt, als ob es ein einziger starrer Körper wäre. Hat uns also die Betrachtung des Clavierspielers auf die regelmässige Beweglichkeit des Knochensystems geführt, so führt uns das Beispiel des Seiltänzers auf die Stellbarkeit, Fixirbarkeit des Systems.

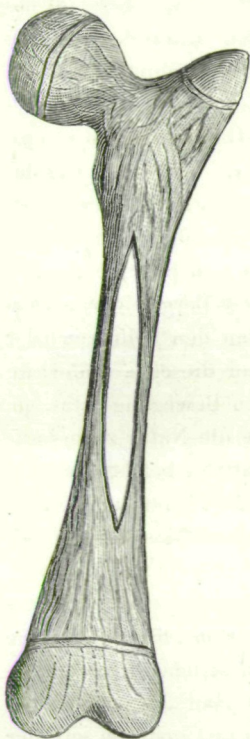
Von rein mechanischer Seite betrachtet, stellt sich der ganze menschliche Körper als ein vielfach gegliederter Aufbau heraus, der sowohl als Ganzes sich im Raume selbst fortbewegt, als auch in seinen einzelnen Gliederungen der staunenswerthesten Leistungen fähig ist, deren maschinenartige Mittel die Knochen und die Gelenke sind. Ob man nun an den Violinspieler oder Tänzer, ob man an den Schwimmer oder Bergsteiger, an den Fechter oder an den Operateur, an den Schützen oder an den Mimen denkt: es ist immer dieselbe sonderbare Maschinerie, welche das Gehirn in Bewegung setzt, um direct oder mittels der Werkzeuge die Natur zu beherrschen, die menschliche Gesellschaft zu beleben, das eigene und das Innere der anderen zu rühren u. s. w.

Fügt man hinzu, dass diese ganze Maschinerie sich entwickelt, wächst, ausbildet, vervollkommnet und wieder langsam gebrechlich wird, so steht ein wohl bedeutungsvolles und würdiges Object vor uns, dessen einzelne Grundzüge nun entworfen werden sollen. Ihrer gröberen Formbeziehungen nach, theilt man die Knochen in lange, platte und dicke. Nur von den ersteren soll hier die Rede sein.

Die langen Knochen sind die Säulen in jenem Aufbaue, den der Körper vorstellt. Berücksichtigt man die-

jenigen, welche durch ihre besondere Grösse hervorragen, so wird der Vergleich mit einer Säule anschaulicher.

Fig. 1.



Man bemerkt sofort, dass sich an dem Knochen ein langes Mittelstück, der Schaft, und — zwei eigenthümlich gestaltete, verdickte Enden oder Knäufe unterscheiden lassen. Während nun der Schaft eine sehr einfache Gestalt aufweist, sind die verdickten Enden von grosser Mannigfaltigkeit der Gestaltung. Und zwar erkennt man bald, dass diese Knäufe an streng geometrische Gebilde erinnern. So erinnert das obere Ende des Oberschenkels sofort an eine Halbkugel, das untere Ende desselben Knochens zeigt zwei nebeneinander liegende Abschnitte, deren Oberflächen so gekrümmt erscheinen, als ob sie Stücke einer schneckenförmig gewundenen Muschelschale wären. Ist der Knochen im frischen Zustande, so sieht

man, dass diese regelmässigen Flächen mit Knorpel überzogen sind, deren glatte wie polirte Flächen geradezu spiegeln. Diese spiegelnden glatten Flächen sind dazu

bestimmt, die Gelenke zu bilden. Betrachtet man z. B. das untere Ende des Oberarms und das obere Ende der Vorderarmröhre, so fällt sofort auf, dass die spiegelnde convexe Fläche des Oberarms in die spiegelnde concave Fläche am Vorderarm passt; beide Flächen aufeinander gelegt passen vollständig, berühren sich in allen Punkten und gleiten um einander in der denkbar glattesten Weise. Die aufgetriebenen Enden der langen Knochen tragen also Gelenkflächen und heissen daher auch Gelenkenden, oder Epiphysen.

Die langen Knochen heissen auch Röhrenknochen. Sägt man nämlich einen langen Knochen durch, so bemerkt man, dass er inwendig hohl ist; er stellt in der That eine Röhre vor. Am Längsdurchschnitt zeigt sich, dass der Knochen nur im Bereiche seines Schaftes hohl ist; die ganze Länge des Schaftes ist von einem Hohlraum durchzogen, der im frischen Zustande von dem Knochenmark ausgefüllt ist und daher Markhöhle oder Markcanal heisst. Die Wandungen dieses Canals sind von einer äusserst compacten, dichten Substanz gebildet, welche man Rindensubstanz oder Compacta nennt. Die Gelenkenden hingegen zeigen keinen Hohlraum; sie sind aus einem Gitterwerk von Knochenbälkchen aufgebaut, das zahllose kleine, untereinander communicirende Hohlräume einschliesst; einer groben Aehnlichkeit wegen, die dieser Knochenabschnitt mit dem Schwamme zeigt, nennt man dieses Knochengefüge die schwammige Substanz. Die Höhlen dieser schwammigen Substanz sind ebenfalls mit Mark ausgefüllt, so dass die grosse

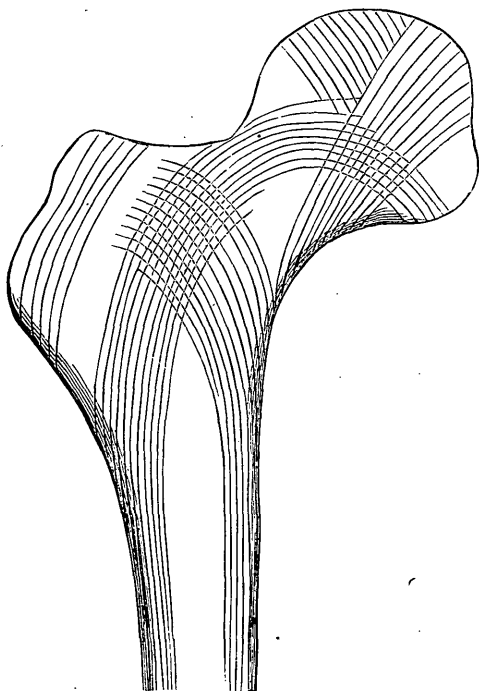
Markhöhle nach beiden Enden hin in ein System von zahllosen kleinen Hohlräumen ausläuft. Nur die Oberfläche der Gelenkenden zeigt compacte Substanz und zwar in einer relativ sehr dünnen Schichte.

Seit jeher wurde darauf hingewiesen, dass der röhrenförmige Aufbau der Knochenschäfte einem Princip der Sparsamkeit entspricht. Die Physik lehrt nämlich, dass eine Röhre ebensoviel tragen kann, wie ein solider Stab, der gleiche Dimensionen besitzt und aus gleichem Materiale gefertigt ist, und dass eine Röhre auch dem Zerknicken einen gleichen Widerstand leistet, wie ein solider Stab. Soferne also unsere Knochen der Festigkeit unseres Körperbaues Rechnung tragen sollen, so leisten sie als Röhren ebensoviel, wie wenn sie solid wären, nur ist dabei eine grosse Masse schwerer Knochensubstanz erspart und zugleich ist Raum für das Knochenmark gewonnen.

Diese Bemerkung machte man, wie gesagt, seit langer Zeit. In den letzten Jahren ist man aber auf That-sachen gestossen, welche uns geradezu in Erstaunen versetzen. Professor H. v. Meyer in Zürich hat nämlich nachgewiesen, dass auch die schwammige Substanz der Gelenkenden, die ein anscheinend regelloses Durcheinander von Bälkchen und Spangen bietet, einen gesetzmässigen Bau aufweist. An feinen Durchschnitten der Knochen, die mit der Fourniersäge gewonnen wurden, bemerkt man nämlich, insbesondere an den Knochen der unteren Gliedmassen, dass die Bälkchen in regelmässigen krummen Linien ziehen. Dies müsste eine Bedeutung

haben. Was der grosse Oersted ausgesprochen, dass wir unsere Gedanken in der Natur schon erfüllt finden, bewährte sich auch hier.

Fig. 2.



Die Mechanik lehrt nämlich Folgendes: Wenn auf einen starren Körper, wie es der Knochen ist, mehrere Kräfte wirken, die sich mittelst der Starrheit desselben

Gleichgewicht halten, so entstehen in dem Körper Spannungen und Pressungen in bestimmten Richtungen, die im Allgemeinen in krummen Linien ziehen. Längs mancher dieser krummen Linien im Inneren des starren Körpers sind die Spannungen gross, längs anderer Linien klein. An jenen Stellen, wo die Spannungen und Pressungen sehr gering sind, ist es offenbar gleichgiltig, ob der Körper hier bedeutend fest ist oder nicht, während an jenen Stellen, wo die innere Pressung gross ausfällt, der Körper starr sein muss, um den Kräften Stand zu halten. Es kann Stellen geben, wo der Körper gar nicht starr sein muss, wo eine Flüssigkeit oder eine weiche Masse vorhanden sein darf, ohne dass die Festigkeit darunter leidet. Ist der starre Körper stabförmig, und wird seine Festigkeit hauptsächlich in der Längsrichtung auf die Probe gestellt, so zeigt die Mechanik, dass die grössten Spannungen und Pressungen in der Mitte des Stabes in der Nähe seiner Oberfläche, an den Enden des Stabes aber auch in seiner Tiefe stattfinden. In der Mitte des Stabes muss also die Festigkeit des Gefüges zumal gegen die Oberfläche am stärksten sein; nach beiden Enden hin muss aber die Festigkeit des Gefüges auch in die Tiefe des Inneren hineinreichen. Das sehen wir in der That im Allgemeinen am Röhrenknochen. In der Mitte sind die oberflächlichen Schichten äusserst compact; nach beiden Enden hin aber reichen die soliden Bälkchen der Knochensubstanz auch in die Tiefe hinein.

Es handelte sich nur noch weiter darum, ob diese allgemeinen Postulate der Mechanik auch im Detail des

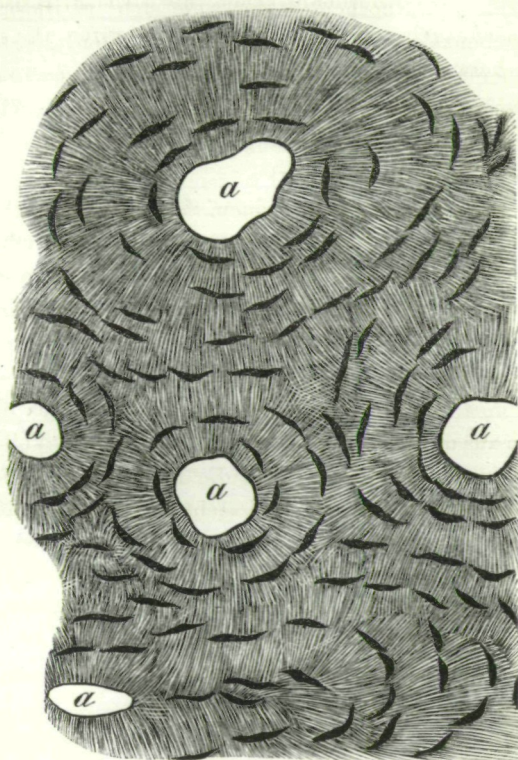
Knochenbaues erfüllt sind. H. v. Meyer liess nun jene Systeme von Knochenbälkchen, die sich im Halse des Oberschenkels zeigen, von Technikern prüfen. Es stellte sich heraus, dass hier in der That ein System von Linien, von sogenannten Trajectorieen vorhanden ist, welches bei sparsamster Verwendung von Material die relativ grösste Festigkeit garantirt.

Dieser Fund hat mit einem Schlage ein unermessliches Forschungsgebiet eröffnet. Man braucht sich nur vorzustellen, welcher Bienenfleiss dazu nöthig sein wird, bevor man in allen Knochen des menschlichen Körpers das Gewirre der Bälkchen und Spangen entziffern und in seiner mechanischen Bedeutung richtigstellen wird. Dass dies in Angriff genommen werden muss, das fliesst schon aus der Grösse des berührten Gedankens. Vollends wenn man erwägt, dass auch die Thierwelt auf diesen Punkt erforscht werden muss, steht vor uns ein Problem, an dessen Detailausführung wir lange Zeiten zu arbeiten haben werden.

Soviel von demjenigen, was die Betrachtung des Knochens mit dem freien Auge darbietet. Untersucht man den Knochen unter dem Mikroskope, so schliesst sich eine neue Welt auf.

Nimmt man nämlich ein feinstes Stück der compacten, elfenbeinartigen Rindensubstanz zur Untersuchung, ein Stück, das uns wie eine homogene Masse erscheint, so zeigt es bei stärkerer Vergrösserung zunächst, dass es trotz des homogenen Aussehens von Canälen durchzogen ist, die man mit dem freien Auge gar nicht wahrnehmen

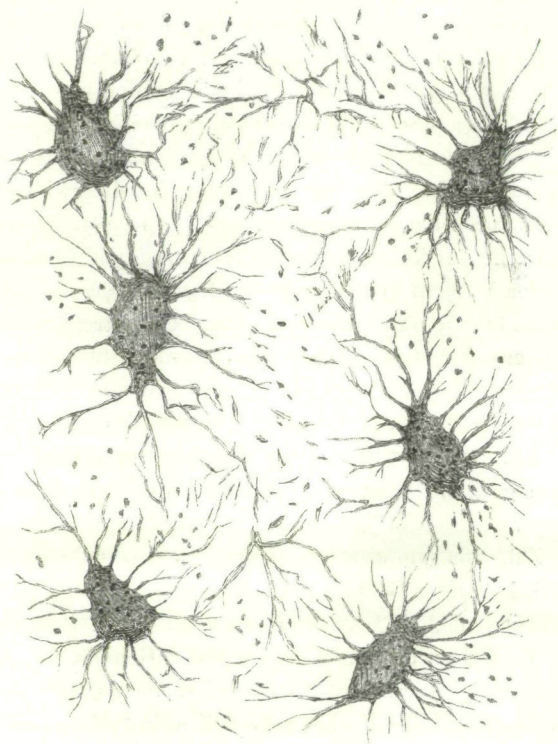
Fig. 3.



a Durchschnitte der Havers'schen Canäle.

kann. Diese Canäle, von ihrem Entdecker Havers, der am Ende des 17. Jahrhunderts lebte, Havers'sche Canäle genannt, enthalten im lebenden Zustande Blutgefäße, denen

Fig. 4.



Spuren von Knochenmark anliegen. Wir sehen sofort, dass die grosse Markhöhle, die sich in den schwammigen Gelenkenden in ein System von kleinen Hohlräumen auflöst, auch

in das Innere der Knochenmasse selbst sich fortsetzt, allerdings in immer feinerer und feinerer, endlich nur dem stark bewaffneten Auge zugänglicher Ausstrahlung.

Um die Havers'schen Canäle herum zeigt nun die Knochensubstanz eine concentrische Schichtung; wir können sagen, dass der Knochen aus Lamellen aufgebaut ist, die um die Blutgefässe herum in sich zurücklaufen. Nebst diesen Lamellen gibt es auch solche, die zwischen den Havers'schen durchlaufen, und solche, welche der Oberfläche des Knochens parallel verlaufen und General-lamellen heissen. Radiär auf die Lamellenzüge verlaufend, sieht man unter dem Mikroskope eine Streifung des Knochengewebes ausgeprägt. Das auffallendste aber sind ganz sonderbare Gebilde, die in dieses System von concentrischen Ringen und radiären Streifungen eingeschaltet sind. Der erste Eindruck, den man von diesen Gebilden gewinnt, erinnert an die Spinnen. Es kommt einem vor, als ob um jeden Havers'schen Canal herum sich eine Zahl von spinnenartigen Gebilden so gruppirt hätte, dass jedes dieser Gebilde dem Havers'schen Canal seine Breitseite zukehren würde. (Vergl. Fig. 4 auf Seite 165.)

Betrachtet man ein einziges solcher Gebilde, so wird die Aehnlichkeit mit der Spinne anscheinend noch grösser. Man bemerkt, dass in der harten Knochensubstanz ein Hohlraum ausgegraben erscheint, der nach beiden Seiten hin feinste Canälchen entsendet. Fasst man zwei solcher benachbarter Gebilde in's Auge, so findet man, dass die Canälchen des einen Hohlraumes mit jenen des anderen communiciren. Erst im Jahre 1871 gelang es Professor

E. Lang in dem Stricker'schen Laboratorium nachzuweisen, dass in diesen Hohlräumen lebende Zellen wohnen, welche sogar mit einer gewissen amöboiden Bewegung ausgestattet sind. Durch die feinen Canälchen ist ein Rapport dieser zerstreuten lebenden Wesen ermöglicht.

Das Knochenmark, welches die grosse Markhöhle ausfüllt und von da aus in die Maschen und Lücken der schwammigen Substanz, weiterhin aber auch den Blutgefässen entlang in die allerfeinsten Knochencanälchen ausstrahlt, ist eine weiche, zitternde, zusammenhängende Masse, deren Fettreichthum schon den Urmenschen als Leckerbissen galt. In den Knochen des noch ungeborenen Kindes ist aber das Mark nicht so fettreich, daher nicht so gelb, sondern roth. In den späteren Lebensaltern erhält sich die rothe Beschaffenheit des Markes nur in den engeren Räumen der schwammigen Substanz. Sie ist dadurch bedingt, dass hier sehr zahlreiche Blutgefässe vorkommen, und dass noch keine Verfettung der Marksubstanz eingetreten ist. Untersucht man das rothe Mark mikroskopisch, so findet man, dass es aus rundlichen feingekörnten Zellen besteht, welche man Markzellen genannt hat.

Vor etwa fünfzehn Jahren wurde bei der Untersuchung des rothen Markes durch E. Neumann in Königsberg und fast gleichzeitig durch Bizzozero ein wichtiger Fund gemacht. Beide Forscher fanden im rothen Marke zahlreiche Formen von Zellen vor, welche alle Stadien des Ueberganges zwischen weissen und rothen Blutkör-

perchen bieten, so dass man sich vorstellen musste, das rothe Mark sei eine Stätte, wo rothe Blutkörperchen entstehen. Diese Annahme fand bald eine Stütze in einem anderen Funde. Wenn in dem rothen Marke die rothen Blutkörperchen keimen, so wäre noch immer zweifelhaft geblieben, wie dieselben in die geschlossenen Blutbahnen gelangen, um dann in der Blutmasse zu circuliren. Da lieferte Hoyer den Nachweis, dass im Knochenmark eine eigene Einrichtung der Blutgefässe besteht. Während anderwärts im Körper die feinsten Schlagadern sich in die sogenannten Capillargefässe auflösen, aus deren Netzen die Venen entstehen, fand Hoyer, dass im Knochenmark die Schlagadern in wandungslosen Hohlräumen aufgehen, die auf der anderen Seite in Venen übergehen. Im Marke strömt also das Blut eine Strecke weit durch Räume, die von keiner eigenen Wandung begrenzt sind; in diesen Räumen keimen eben die rothen Blutkörperchen und sie brauchen daher durch keine Wandung durchzudringen, um in das Innere der Blutgefässe zu gelangen, sondern sie können direct in die an ihnen vorüberströmende Blutmasse gelangen. Die genannten Funde wurden etwa zehn Jahre später von Rindfleisch bestätigt und es besteht heute kein Zweifel, dass man dem Marke eine blutbildende Thätigkeit zuschreiben muss.

An seiner äusseren Fläche ist der Knochen von der Beinhaut überkleidet. Diese folgt der Knochenoberfläche an allen ihren Unebenheiten und Vorsprüngen und lässt natürlich nur jene Stellen der Gelenkenden aus, die über-

knorpelt sind. In seiner Zusammensetzung zeigt die Beinhaut zwei Schichten, eine äussere derbfaserige, und eine innere, aus netzförmigem Bindegewebe bestehend, welche nebstdem zahlreiche spindelförmige oder rundliche Zellen enthält. So lange der Knochen wächst, lagert hier, unmittelbar an dem Knochen, eine Schichte ganz eigenthümlicher Zellen, der sogenannten Osteoblasten. Von diesen Zellen ist es erwiesen, dass sie bei der Knochenbildung eine Hauptrolle spielen; sie werden zu Knochenkörperchen. Noch im späteren Alter, wo die Knochenbildung vollendet ist, können die spärlichen Osteoblasten unter krankhaften Zuständen zu einer solchen Thätigkeit angeregt werden, dass sie neue Knochen bilden.

Vielfach wurde bis nun der Blutgefässe des Knochens gedacht. Die genauere Kenntniss derselben verdankt man dem hiesigen Anatomen C. Langer. Jeder Röhrenknochen zeigt an einer bestimmten Stelle seines Schaftes eine ziemlich ansehnliche Oeffnung, durch welche eine für das Innere des Knochens bestimmte Schlagader eintritt, die sich nach ihrem Eintritt in das Mark in Aeste zerspaltet, die spitzwinklig abgehen, bis es unter fortwährender feinerer und feinerer Abspaltung zur Bildung von Capillaren kommt. Andererseits erhält die Beinhaut von benachbarten Blutgefässen Zweige, deren feinere Aeste, durch die compacte Rindenschicht in's Innere dringend, dort Verbindungen mit den Markgefässen eingehen. Es ist schon früher gesagt worden; dass es im rothen Marke auch Gebiete gibt, wo keine Capillaren vorhanden sind, sondern Lacunen, in welche

die Arterien einmünden und aus denen die Venen hervorgehen.

Endlich besitzt der Knochen auch Empfindungsnerven. Sie erklären uns die kolossalen Schmerzen, welche bei der Entzündung des Markes auftreten und welche so gross sind, dass die Kranken durch die geringste Erschütterung, durch das Vorbeifahren eines Wagens zu erschütternden Klagen veranlasst werden. Die Krankheit kommt hauptsächlich bei Kindern vor und man sieht, dass trotz des darniederliegenden Bewusstseins, trotz des förmlich typhösen Zustandes der Kranken die geringste Reizung durch Berührung mit der Bettdecke ein Wimmern hervorruft.

Halten wir nun ein und suchen wir das Gesamtbild des Baues eines Knochens festzuhalten.

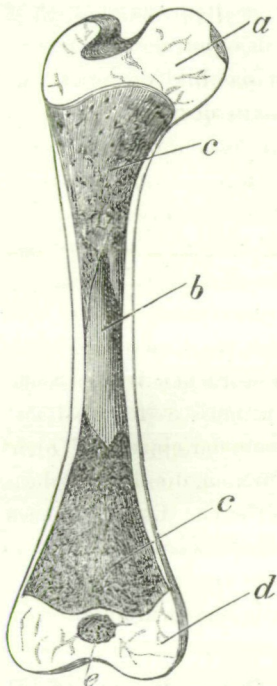
In Kuttenberg in Böhmen besteht eine Kirche, deren Gestein fast aus lauter versteinerten vorweltlichen Thieren besteht. Denken wir uns also einen Thurm aus ähnlichem Gestein. Der Thurm stellt uns den Schaft eines Röhrenknochens vor. Oben denken wir uns den Thurmbau dadurch geschlossen, dass ringsum von den Mauern sich allerlei wohlberechnete feine Gewölbspangen und Züge ablösen, die sich in der Luft mannigfaltig verflechten, und zwischen sich Hohlräume einschliessen. Das sei das Bild der schwammigen Substanz. Eine metallische Kuppel überwölbt den Thurm; das sei der spiegelnde Knorpelüberzug der Gelenkfläche. Nun denken wir uns alle die versteinerten Thiere, die in dem Gesteine des Thurmes eingelagert sind, auf einmal belebt, das sind die

Knochenkörperchen. Das Leben erfordert Nahrung. So denken wir uns denn ein mächtiges Rohr, welches schief durch die Mauer in das Innere des Thurmes dringt, und die Ernährung zuführt. Das ist das Bild der ernährenden Schlagader. An der Aussenseite des Thurmes ziehen viele an Caliber geringere Rohre herum, die sich ebenfalls theilen und ihre Zweige in's Innere senden; das sind die Blutgefäße der Beinhaut. Sowie in unseren Wasserleitungen nicht nur für die Zufuhr, sondern auch für die Abfuhr des verbrauchten Wassers gesorgt ist, so auch im Knochen; die Abfuhr besorgen die Venen. Damit aber in dem von uns gedachten Thurme die in seinem Mauerwerk eingeschlossenen lebend gewordenen Wesen Stoffe aufnehmen und abgeben können, muss es feinste Röhren geben, die bis in die Muscheln der einzelnen Thiere dringen, das sind die feinen Röhrchen, die das Knochengewebe bis zu den Zellen durchdringen. Endlich können die Nerven der Knochen versinnlicht werden durch eine telegraphische Leitung; die in das Innere unseres Thurmes geleitet wäre. Was bisher gesagt wurde, gilt vom fertigen Knochen des Erwachsenen.

Sieht man sich die Sachen zu verschiedenen Zeiten der Körperentwicklung an, so stösst man wiederum auf höchst interessante Befunde.

Betrachtet man den Längsdurchschnitt eines Oberschenkels bei einem Neugeborenen, so zeigt das Innere des Knochens ein ganz anderes Bild als beim Erwachsenen. Erstlich sieht man, dass die Markhöhle, die beim Erwachsenen fast die ganze Länge des Schaftes ein-

Fig. 5.



- a* das obere knorplige Ende;
b die Markhöhle;
c die schwammige Substanz;
d das untere knorplige Ende;
e ein Verknöcherungskern.

nahm, nur den mittelsten Theil des Schaftes einnimmt. Nach oben und nach unten hin geht die Markhöhle in schwammige Substanz über, die einen weit anschnlicheren Abschnitt des Knochens einnimmt, als beim Erwachsenen. Die Gelenkenden aber sind gar nicht knöchern, sie bestehen aus reinem Knorpel.

Wie wächst nun der Knochen weiter?

Der Knochen wird beim Wachsen länger und dicker. Das Dickerwerden geschieht derart, dass die Beinhaut neue Schichten ablagert und zwar sind es die Osteoblasten, die zu Knochenkörperchen werden, während die Substanz zwischen ihnen Kalksalze aufnimmt und so verknöchert.

Das Wachsen in die Länge geschieht aber an der Grenze zwischen dem knöchernen Mittelstück und dem knorpligen Endstück. Und zwar geschieht dies auf Kosten des Letzteren. Während es nämlich fortwächst,

geht vom Mittelstücke aus eine fortwährende Umwandlung des Knorpels vor sich, eine Umwandlung, deren detaillirte Darlegung wohl zum mindesten eine ganze Vorlesung in Anspruch nehmen würde. Während so an der Grenze des Knorpeligen und des Knöchernen eine stete Umwandlung des ersteren in letzteres stattfindet, geht auch mitten in dem knorpeligen Ende eine Verknöcherung vor sich. Es schiessen mitten in dem knorpeligen Gelenkende Verknöcherungsinseln auf, welche auf Kosten des Epiphysenknorpels sich vergrössern, so dass schliesslich die ganze Epiphyse in eine schwammige Substanz umgewandelt wird, bis auf einen Streifen oder eine Scheibe, die bei dem ferneren Wachsthum des Knochens noch fungirt, indem das Knorpelgewebe derselben sich beständig vermehrt und sowohl von der Schaftseite wie von der Epiphysenseite der Verknöcherung unterworfen ist. Dieser Epiphysenknorpel erhält sich so lange, als das Wachsthum der Knochen dauert; dann verknöchert er selbst auch.

Sowohl das Auftreten der Verknöcherungspunkte, als auch das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein des Epiphysenknorpels, kann zur Bestimmung des Alters einer aufgefundenen Leiche oder blosser Skelettheile dienen. So tritt z. B. am Oberarm die Verknöcherung der knorpeligen Epiphysen vom 2. Lebensjahre an ein. Im 5. Lebensjahre sind die Kerne des oberen Endes verschmolzen, die Epiphyse ist verknöchert. Im unteren Ende des Oberarms hingegen bleiben die vier Verknöcherungskerne bis zum 18. Lebensjahre unvereinigt. Am Ober-

schenkel tritt folgendes Verhalten auf. Im ersten Lebensjahre tritt ein Verknöcherungskern im Oberschenkelkopf auf, im 5. Lebensjahre ein Kern im grossen Rollhügel, im 13. und 14. Jahre ein Kern im kleinen; der untere Epiphysenknorpel verschwindet erst zwischen dem 20. und 25. Jahre. Aber auch nach vollendetem Wachsthum ruht der Knochen nicht. Aus der Betrachtung der Lamellensysteme des fertigen Knochens muss man schliessen, dass selbst in der compacten Schichte ein beständiger Umbau im Kleinen stattfindet. Man findet nämlich, dass um jene Havers'schen Canäle herum, welche die grösste Weite haben, nur wenige Lamellensysteme herum angelagert sind; um jene Canäle herum aber, die eng sind, findet man zahlreiche Lamellensysteme, die äussersten von ihnen sind aber häufig defect. Man muss sich demnach vorstellen, dass von der Lichtung der Havers'schen Canäle aus der Knochen angefressen wird und dass dann neue Ausmauerung der Canäle erfolgt. Es mag also hier ein ähnlicher Umbau stattfinden, wie in alten Tunnels oder in alten Kirchen, wo man defect gewordene Mauerstücke durch neu eingefügte ersetzt.

Im höchsten Grade interessant sind nun jene Vorgänge, welche am erkrankten Knochen stattfinden.

Soweit die Sache hier andeutungsweise berührt werden kann, will ich auf zwei Zustände hinweisen. Wenn ein langer Röhrenknochen bricht, und die Heilung durch neugebildete Knochensubstanz, die man Callus nennt, erfolgt ist, so ist die Markhöhle an der Bruchstelle durch den Callus verschlossen; der Callus unter-

bricht als compacte Masse die Markhöhle so, wie wenn man einen langen Corridor durch eine dicke Quermauer in zwei Hälften getheilt hätte. Nach Monaten fängt nun in der Callusmasse, soweit sie im Markraum steckt, eine Umbildung der compacten Substanz in schwammige an; der Callus wird porös. Die Räume der schwammigen Callusmasse werden immer grösser, die Bälkchen spärlicher. Endlich verschwindet die ganze schwammige Masse, und es besteht von nun an wieder eine einzige Markhöhle, etwa so, wie wenn man in unserem Bilde an der trennenden Quermauer an verschiedenen Orten einen Stein nach dem andern herausgenommen hätte, bis die ganze Mauer entfernt ist. Tritt ein Knochenbruch im Bereiche einer schwammigen Knochensubstanz, wie am Schenkelhalse, ein, so entsteht abermals Callus, aber im Laufe der Zeit wird der Callus schwammig, und zwar ordnen sich die Bälkchen so, dass ihr Aufbau wiederum dem Maximum der Tragfähigkeit entspricht.

Bei jener schweren Erkrankung, die das Knochen-system der wachsenden Individuen betrifft, dem sogenannten Knochentyphus, gehen oft ganze Diaphysen der Röhrenknochen durch Brand zu Grunde. Während aber das Brandige abgestossen wird, bildet sich von der lebendig gebliebenen Beinhaut ein ganz neuer Knochen. So auch beim Brande der Kieferknochen, der durch Phosphordämpfe bei Zündhölzchenarbeitern entsteht; da sieht man ab und zu, dass sich ein ganz neuer, allerdings mangelhafter Kiefer wiederbildet.

Die wesentlichsten Bestandtheile eines Gelenkes sind:

1. Die Gelenkkörper, d. h. die Gelenkenden jener zwei Knochen, die sich berühren, und an diesen Gelenkenden sind es vor Allem die überknorpelten Gelenkflächen, welche mit einander in unmittelbarer Berührung stehen und den Verkehr mit einander unterhalten.

2. Die Gelenkbänder; das sind wahrhafte Bänder oder Stricke, die an verschiedenen Punkten von dem einen Gelenkkörper zum anderen ziehen und die beiden Knochen in einer festen Zusammenfügung aufrecht halten.

3. Die Gelenkskapsel, d. i. ein aus Bindegewebe gebildeter Schlauch, der oberhalb des einen Gelenkkörpers an dem einen Knochen ringsum beginnt und unterhalb des anderen Gelenkkörpers an dem anderen Knochen ringsum endet.

Was zunächst die Gelenkflächen betrifft, so wurde schon hervorgehoben, dass der knorpelige Ueberzug, mit dem sie versehen sind, ihnen eine spiegelglatte Oberfläche verleiht, so dass diese Flächen eine geometrische Regelmässigkeit erhalten. Dieser Ueberzug hat aber auch noch einen anderen Nutzen. Wenn wir uns denken, dass der Mensch einen Sprung von bedeutender Höhe ausführt, so würde der Stoss des einen Knochens gegen den andern vielleicht eine Zermalmung oder wenigstens eine Beschädigung der gegen einander stossenden Knochen herbeiführen; da aber die beiden Knochenenden mit dem elastischen Knorpelpolster überzogen sind, so fungiren sie geradezu als Stossballen oder Puffer, in denen die Gewalt des Stosses zerrinnt.

Wenn wir unsere Aufmerksamkeit vor Allem der geometrischen Seite der Frage zuwenden, so finden wir an den Gelenken des menschlichen Körpers folgendes Prinzip durchgeführt:

Es sind nur solche geometrische Flächen zur Gelenkbildung verwendet, dass ein Stück der einen Fläche auf einem Stück der andern in stetiger Bewegung schleift oder gleitet, ohne dass an irgend einer Stelle ein Klaffen eintritt.

Es gibt nur eine einzige Gattung von Flächen, bei denen diese Bedingung erfüllt ist, das sind die Schraubenflächen im weitesten Sinne des Wortes. Eine Art der Schraubenflächen ist besonders ausgezeichnet, das sind die Rotationsflächen. Während bei den anderen Schraubenflächen nicht nur eine drehende, sondern auch eine fortschreitende Bewegung stattfindet — wir sehen beide Bewegungen am gewöhnlichen Bohrer, der gedreht wird und gleichzeitig vorwärts dringt — kommt bei den Rotationsflächen nur die drehende Bewegung vor. In beiden Fällen ist aber die Bewegung eine streng vorgeschriebene; der Knochen, der sich in einem Schraubengelenke vorwärts bewegt, bewegt sich so gezwungen, wie die Schraubenspindel in der Schraubemutter, ein beliebiger Punkt desselben beschreibt das Stück einer Schraubenlinie. Nur muss man sich vorstellen, dass an jenen Gelenken, bei denen Schraubenflächen im engeren Sinne des Wortes angebracht sind, von der Schraubenfläche nur ein ganz kleiner Abschnitt vorhanden ist, so dass nicht einmal eine halbe Umdre-

hung erfolgt. Bei den Rotationsflächen gleiten die Gelenkflächen derart auf einander, dass nur Drehbewegung aber keine Fortbewegung entsteht; ein beliebiger Punkt des bewegten Knochens beschreibt einen Kreis. Im Sprunggelenke des Menschen ist eine wahre Schraubenbewegung; zwischen Oberarm und Ellbogenröhre nach Langer auch eine Schraubenbewegung, nach anderen jedoch bloß Rotationsbewegung. In beiden Fällen sind die Bewegungen zwangläufig.

Von allen Rotationsflächen ist die Kugelfläche eine der ausgezeichnetesten. Im menschlichen Körper ist die Kugelfläche verwendet an zwei hervorragendsten Gelenken: am Schulter- und am Hüftgelenk.

Am Hüftgelenk insbesondere ist die Einrichtung getroffen, dass die Halbkugel, welche der Gelenkskopf vorstellt, congruent hineinpasst in eine hohle Halbkugel, welche durch die Hüftpfanne gebildet wird, die von einem knorpiligen Saum ergänzt ist, der einen luftdichten Verschluss bedingt. In einem solchen Gelenke geschehen die Bewegungen nicht um eine Axe, wie bei den Schrauben im eigentlichen Sinne des Wortes, sondern um jeden beliebigen Durchmesser als Axe. Das Gelenk hat unzählige Axen, die sich sämmtlich in einem Punkte schneiden, der als Drehpunkt des Gelenkes dem Mittelpunkte der Kugel entspricht, welche der Oberschenkelkopf darstellt.

Die Bewegungen eines solchen Gelenkes sind einer leichten Analyse zugänglich.

Fragen wir z. B. nach dem Umfange der Bewegungen dieses Gelenkes, so denkt man sich eine gerade

Linie, die vom Mittelpunkte des Schenkelkopfes nach einem bestimmten Punkte, z. B. nach dem Mittelpunkte der queren Knieaxe geht; führt man den Oberschenkel continuirlich durch alle seine äussersten Lagen herum, so schneidet die genannte Gerade, welche ich die mechanische Schenkelaxe nenne, aus dem Raume ein Kugelstück heraus, welches man den Excursionskegel nennt. Ich habe diesen Excursionskegel vor einigen Jahren nach seiner Lage und Grösse bestimmt, so dass man geometrisch darstellen kann, innerhalb welcher Grenzen der Schenkel überhaupt schwingen kann. Nimmt man noch gewisse Orientirungsgebilde oder Coordinaten an, so lässt sich jede beliebige Lage des Schenkels streng angeben, und kennt man noch die Richtung der Muskelkräfte, so lassen sich nun die Bewegungen des Schenkels streng mechanisch analysiren.

Die Wissenschaft, die sich mit Problemen dieser Art beschäftigt, die Mechanik der Gelenke, ist bis nun nur in Bruchstücken vorhanden; aber da ihre Methode eine strenge, eine unbedingt aufschliessende ist, so werden die nächsten Zeiten auf diesem Gebiete Lösungen finden, die in ihrer Sicherheit und Evidenz den rein physikalischen Problemen zur Seite gestellt werden können. Es lässt sich dann der Organismus in dieser Beziehung als ein Mechanismus ansehen und die Bewegungen ebenso analysiren, wie die Bewegungen eines Mechanismus.

Die Gelenkbänder sind aus einem ausserordentlich festen, sehnigen Gewebe gebildet und nicht selten ge-

schiebt es, dass bei einer bestimmten Gewaltwirkung nicht das Band zerreißt, sondern dass dasselbe die Knochenstrecke, innerhalb welcher es sich an den Knochen ansetzt, aus dem Gelenke herausreißt. Die meisten Bänder sind aussen am Gelenke angebracht; es gibt aber auch solche, die im Inneren eines Gelenkes von dem einen Gelenkskörper zum anderen ziehen. So z. B. das runde Band in der Hüfte, welches von dem Grunde der Pfanne zum Schenkelkopfe zieht; so auch die Kreuzbänder des Kniegelenkes, welche von den beiden Knorren des Oberschenkels zum Schienbeine ziehen und während der Bewegungen des Knies ein förmliches Spiel von abwechselnden Spannungen und Erschlaffungen bieten.

Oeffnet man die Kapsel eines Gelenkes, so findet man das Innere ausgefüllt mit einer klaren, hellgelblichen, etwas klebrigen Flüssigkeit, welche augenscheinlich dieselbe Bedeutung hat wie die Schmiere an den Maschinen; sie vermindert die Reibung, und heisst darum auch Gelenksschmiere, was allerdings nicht so wohl-tönend klingt, wie das griechische Synovia. Die Gelenkskapsel erscheint gewissermassen als der Tiegel, in welchem die Gelenksschmiere aufbewahrt wird; nur hat dieser Tiegel die hübsche Eigenschaft, dass er die Schmiere auch erzeugt und sobald etwas von derselben aufgebraucht werden sollte, den Verlust sofort ersetzt.

Auch die Gelenke erfahren trotz ihrer strengen Form doch allerlei Umbildungen.

So sehen wir am Neugeborenen, dass der Oberschenkelkopf zwar eine Kugel ist, wie beim Erwach-

senen, aber genauere Messungen zeigen, dass dieselbe am Aequator etwas abgeplattet ist, während beim Erwachsenen die Abplattung im entgegengesetzten Sinne zu beobachten ist. So finden sich derartige Formverschiedenheiten zwischen den Gelenkkörpern der Neugeborenen und Erwachsenen in mehr oder weniger starker Ausprägung fast allenthalben.

Viel bedeutsamer sind jene Veränderungen, welche die Gelenkflächen durch krankhafte Processe erleiden. Es ist eine sicher auffallende Thatsache, dass ein Gelenk, welches nach einer bestimmten Richtung nicht bewegt wird, auf dieser Seite verödet. Wird es überhaupt nicht bewegt, so kann es ganz veröden; seine Höhle verwächst, es wird ganz unbeweglich. Wird umgekehrt in einem Gelenke die Bewegung nach einer und derselben Richtung dauernd übertrieben, so erweitert es sich in diesem Sinne. Findet nun beides statt, wird die Bewegung nach einer Richtung hin dauernd aufgehoben, nach der anderen hin dauernd übertrieben, so verödet das Gelenk auf der ersteren und erweitert sich nach der anderen Seite, so dass es dann gewissermassen sich verschoben oder verlagert hat. So sieht man z. B. beim Spitzfusse, dass das Sprunggelenk, respective die überknorpelte Fläche des Sprungbeines sich nach hinten über verschoben hat. Die complicirten Missgestaltungen des Skeletts, wie z. B. der Plattfuss, die ausgebogene Wirbelsäule u. dgl. weisen solche Befunde in Menge auf.

Sowie also an den Knochen durch mannigfaltige Veranlassungen ein langsamer Umbau des scheinbar so

unveränderlichen Gefüges stattfindet, so geht Aehnliches auch an den Gelenken vor.

Es wurden bisher die Knochen für sich und die Gelenke für sich besprochen. Wenn man aber von Knochen und Gelenken spricht, so könnte das Wörtchen und etwas mehr bedeuten. Sowie in dem Complexe der niederösterreichischen Ortschaften „Krems und Stein“ das „Und“ ein Dorf bedeutet, so kann in dem Wortcomplex „Knochen und Gelenke“ das „Und“ mehr bedeuten, als eine bloße Summation; es kann auch eine innere Beziehung zwischen den Knochen und Gelenken bedeuten, es kann dieses Wörtchen die Frage bedeuten, wie die Vorgänge in den Gelenken auf die Vorgänge in den Knochen wirken und umgekehrt. Eine solche Fragestellung deutet thatsächlich die Probleme an, mit welchen sich die Wissenschaft zu beschäftigen haben wird. Mancherlei ist auf diesem Gebiete schon angegriffen worden.

Denken wir uns, dass irgend ein Gelenk durch einen krankhaften Process verschoben oder verlagert wurde, so treffen dann die Belastungen des einen Knochens den anderen in anderen Richtungen als früher. Die nächste Folge müsste dann die sein, dass vermöge der veränderten Pressungen, die nun im Inneren des belasteten Knochens auftreten, ein Umbau der Bälkchen in der schwammigen Substanz erfolgen muss. Mancherlei, was bis jetzt gefunden wurde, bestätigt eine solche Annahme.

Ein anderes Thema, was sich hier aufdrängt, ist die Thatsache, dass zwei Knochen, die in normaler Weise

keine Verbindung haben, wenn sie sich durch krankhafte Veränderungen treffen und mit einander in constante Berührung treten, sofort eine Gelenksverbindung eingehen. Der äussere Fussknöchel z. B. kommt in normaler Weise niemals in Berührung mit dem Fersenbein. Wenn aber beim hochgradigen Plattfuss der äussere Knöchel auf die Aussenseite des Fersenbeins zu liegen kommt und sich hier fortwährend anstemmt, so bildet sich hier ein Gelenk zwischen den beiden Knochen. Ganz dasselbe kann zwischen zwei krankhaften Knochenauswüchsen vorgehen, wenn sie auf einander treffen.

Welche feinen Beziehungen hier obwalten, möge noch folgendes Beispiel andeuten. Bei dem sogenannten X-bein oder Bäckerbein besteht die Hauptveränderung darin, dass der Fugenknorpel asymmetrisch wird; er wird auf der einen Seite niedriger. Gerade aber auf dieser Seite wird der Gelenkknorpel dicker, höher. Warum? das ist das Beispiel einer Frage, von denen Hunderte ihrer Lösung harren.

Alles in Allem genommen, sieht man, dass hier eine kleine Welt von Dingen und Problemen vorliegt. Als der Mensch der Vorwelt die Röhrenknochen der Thiere aufschlug, um das leckere Mark zu verzehren, hatte er keine Ahnung, welche Räthsel ein Knochen und sein Mark seinen fernen Nachkommen einstens bieten werde.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Albert Eduard

Artikel/Article: [Ueber Knochen und Gelenke. 153-183](#)