

XI.

Beiträge zur Architectur der Spongiosa.

Von Dr. Paul Langerhans,
Prosector und Privatdozent in Freiburg i. Br.

(Hierzu Taf. X.)

Seitdem G. H. Meyer durch die Entdeckung der Architectur der Substantia spongiosa für die Anatomie der Knochen einen neuen befruchtenden Gesichtspunkt aufgestellt hat, ist in einer Reihe von Arbeiten ein grosser Theil des menschlichen Skeletes einer erneuten Bearbeitung unterzogen worden. Es sind dies, ausser der Arbeit von Meyer¹⁾ selbst, die Aufsätze von J. Wolff²⁾, Wolfermann³⁾ und Merkel⁴⁾, und eine kurze Mittheilung von Aeby⁵⁾. Ich möchte in den folgenden Zeilen einige weitere Beobachtungen aus dem weitaus noch nicht erschöpften Gebiete mittheilen, welche ich im vergangenen Winter bei Gelegenheit meiner Vorlesungen gemacht habe. Dieselben würden zugleich dem etwas reservirten Standpunkt Merkel's gegenüber eine Vermehrung des deductiven Beweismaterials für Meyer's Ansicht sein.

Von der Wirbelsäule.

In den Wirbelkörpern ist von Wolfermann ein dreifaches System von Plättchenzügen beschrieben worden. Zunächst das senkrechte zwischen den beiden Endflächen der Körper ausgespannte System, welches in frontalen und sagittalen Schnitten mit gleicher Deutlichkeit erscheint und genau in der Richtung der Belastung verläuft (Fig. 1). In den Halswirbeln ist dies System zwar ebenso wie in den tieferen Abschnitten der Wirbelsäule vorhanden: aber

¹⁾ Archiv von Reichert und Dubois. 1867. S. 615. Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes. Leipzig 1873. S. 40.

²⁾ Dieses Archiv Bd. L. S. 389.

³⁾ Archiv von Reichert und Dubois. 1872. S. 312.

⁴⁾ Dieses Archiv Bd. LIX. S. 237.

⁵⁾ Centralblatt 1873. S.

es ist undeutlicher, die ganze Spongiosa ist gröber und unregelmässiger. Das erklärt sich, glaube ich, aus zwei Gründen: einmal ist die Last, welche von den Halswirbeln getragen wird, erheblich geringer als diejenige, welche auf den tieferen Abschnitten der Wirbelsäule ruht, und sodann ist die compacte Rinde an den Halswirbeln bei dem kleinen Volumen der Körper relativ mässiger.

Diese senkrechten Züge werden von Querbälkchen verbunden, welche Wolfermann als ein zweites System, als Streckbandsystem unterscheidet. Indess wenn auch in allen Wirbelkörpern Querbälkchen zwischen den senkrechten Zügen existiren, so sind sie doch nur selten so entwickelt, dass man sie als eigenes System bezeichnen kann. Sie erheben sich an den Halswirbeln nie zu dieser Entwicklung, ja bei manchen Individuen findet man in der ganzen Wirbelsäule kein besonderes Streckbandsystem. Bei anderen kommt es vor, aber nur an Brust- und Lendenwirbeln, also an demjenigen Theile der Wirbelsäule, welcher ausser der Last des Kopfes resp. Rumpfes, noch die der Extremitäten zu tragen hat. Es ist dann aber nur in der unmittelbaren Nähe der unteren Fläche eines Wirbelkörpers entwickelt, also in der That an dem Orte, an dem die senkrechten Züge am meisten dem Horizontalschub ausgesetzt sind (Fig. 1). Man sieht diese Züge nur auf frontalen Schnittblättchen.

Ausser diesen beiden Systemen unterscheidet Wolfermann ein radiales von der hinteren Fläche des Körpers in gekreuztem Verlaufe nach der vorderen ziehendes, welches auf Horizontalschnitten sich präsentiren soll. Existirte dieses System, so würde es der Erklärung grosse Schwierigkeiten in den Weg stellen; denn es würde auf einen Druck vom Wirbelkanale aus hinweisen, welcher durchaus unverständlich wäre. Das System ist nun aber in der That nicht vorhanden. Auf Horizontalschnitten der Wirbelkörper bekommt man überall nur die rundlichen Maschen, welche man immer da bekommt, wo Bälkchenzüge quer geschnitten sind, nicht die rechtwinkligen Maschen, welche Wolff mit Recht als charakteristisch für diese Züge aufgestellt hat.

Wolfermann ist zur Aufstellung seines radiären Systemes durch die Gefässkanäle verleitet worden, welche in dieser Richtung von hinten nach vorn ausstrahlen.

Diese einfache Anordnung der Spongiosa in den Wirbelkörpern

erleidet am oberen und unteren Ende der Wirbelsäule Modificationen; am oberen im Epistropheus, an dem man von der oberen Gelenkfläche aus auf frontalem Schnitte Züge beobachtet, welche sowohl schräg nach unten und innen in den Wirbelkörper hineinziehen, als auch nach unten und aussen zum Bogen sich begeben. Uebrigens persistirt oft beim Erwachsenen noch eine Knorpelscheibe im Körper des Epistropheus als Rest des Intervertebralknorpels zwischen diesem und dem Zahne.

Bedeutender sind die Modificationen am Kreuzbein. Macht man sagittale Schnitte durch dasselbe, so bekommt man in dem oberen, von Meyer als Pars pelvina unterschiedenem Theile d. h. in den beiden ersten und der oberen Hälfte des dritten Kreuzwirbels Spongiosazüge, welche analog denen in den anderen Wirbeln von oben nach unten verlaufen. Aber diese Züge sind hier beschränkter; sie sind im ersten Wirbel nur in der unteren Hälfte deutlich; in der oberen sehen wir eine sehr stark entwickelte, engmaschige Spongiosa, welche sich nur zum Theile in die senkrechten Züge fortsetzt, zum grösseren Theile aber in andere Züge, auf die wir zurückkommen. Im zweiten und dritten Kreuzwirbel finden wir die senkrechten Züge auf die vordere Hälfte beschränkt, in der hinteren Hälfte finden sich kleine Höhlen, welche in den letzten Kreuzwirbeln relativ zunehmen, und dem Mangel einer jeden Belastung in diesen Theilen Ausdruck geben.

Instructiver ist ein Schnitt durch das Sacrum, welcher die Facies auricularis in möglichst grosser Ausdehnung trifft, und somit ungefähr vom vorderen Rande der oberen Endfläche des fünften Lendenwirbels senkrecht auf die obere Fläche des Kreuzbeines gerichtet ist. Ein solcher Schnitt giebt von den Zügen im fünften Lendenwirbel kein Bild; denn da diese vollkommen mit denen in den anderen Wirbeln übereinstimmen, so schneidet er sie schräg durch, giebt also rundliche Maschen. Anders im Sacrum.

Im Körper des ersten Kreuzwirbels (Fig. 2) sehen wir in der oberen Hälfte eine sehr engmaschige Spongiosa, welche sich überwiegend in Züge fortsetzt, die fächerförmig gegen die Facies auricularis hin divergiren. Ausserdem entwickeln sich aus der Spongiosa in der oberen Hälfte des ersten Wirbels senkrecht absteigende Züge, welche die untere Hälfte derselben allein erfüllen und sich in den zweiten und dritten Wirbel fortsetzen. Auch diese Züge gelangen

vom zweiten und dritten Kreuzwirbel ausgehend in radiärem Verlaufe zur Facies auricularis, und zwar hilft dabei die compacte Substanz um die Foramina sacralia herum wesentlich mit. So sehen wir auf dem angegebenen Schnitte die ganze auf der oberen Fläche des ersten Kreuzbeinwirbels ruhende Belastung zur Facies auricularis fortgeleitet. Es müssen bei dem besprochenen Wege der Last Theile des Saerum vollständig unbelastet bleiben: nehmlich die in der Figur 2 mit a bezeichneten Theile, welche zwischen der unteren Grenze der höheren radiären Züge und der durch das Foramen sacrale I. von ihnen getrennten oberen Grenze der unteren radiären Züge liegen. In diesen Theilen sehen wir dem entsprechend ganz wie im Calcaneus keine Spongiosa, sondern kleine Höhlen, in denen höchstens wenige zarte Bälkchen ohne bestimmte Anordnung sich finden.

Diese Spongiosazüge im Sacrum unterliegen, wie das Streckbandsystem in den Wirbelkörpern, individuellen Schwankungen: sie sind zwar immer in gleicher Weise vorhanden, aber nicht immer so gut entwickelt wie in Figur 2 dargestellt ist. Es kommt vor, dass das radiäre System, welches vom ersten Kreuzwirbel ausgeht, auf den oberen und vorderen Theil der Massa lateralis beschränkt ist; die Züge sind dann größer, ihre Bälkchen stärker und unter ihnen bleibt eine Höhle frei, wie in Fig. 2 bei a. Es treten dann offenbar an Stelle der vielen schwächeren Züge weniger und starke Balken. In solchen Fällen bekommt man dann auf Horizontal schnitten der Massa lateralis nur vorn bogenförmige Züge, welche den ersten Kreuzwirbel mit der Facies auricularis verbinden. Hinter ihnen bleibt dann eine kleine Höhle frei.

Von der unteren Extremität.

Am Beckenknochen überwiegt die Compaeta so bedeutend über die Spongiosa, dass sie selbstverständlich den überwiegenden Anteil bei der Leistung des ganzen Knochens übernimmt. Dennoch lassen sich auch hier bestimmte Züge auffinden, welche von der Facies auricularis aus zur Pfanne ziehen. Einen Schnitt, der sie zeigt, hat Meyer beschrieben: es ist ein Schnitt, welcher parallel mit der Linea innominata laufend jene beiden Gelenkflächen trifft. Man sieht auf ihm von der Facies auricularis aus Züge, welche zum Theil zur inneren, zum Theil zur äusseren Compacta gehen und

von da aus auf die Gelenkpfanne senkrecht ausstrahlen. Sie verstärken die Compacta namentlich an der Aussenseite in ähnlicher Weise, wie die Züge im Femurhals und bilden so einen nach Innen reichenden Vorsprung desselben, der im Querschnitt dem dort von Merkel beschriebenen Schenkelsporn gleicht, und ebenso wie dieser zusammengedrängte Spongiosazüge darstellt.

Ausser diesem Schnitte geben frontale Schnitte des Tuber ischii deutliche Züge von Bälkchen, und zwar Züge, welche von der festen Substanz jeder Seite ausgehend sich im Tuber ischii kreuzen, ähnlich den Zügen im unteren Ende des Femur.

Die Belastungsart beider Punkte stimmt ebenfalls darin überein, dass beide in verschiedenen Winkelstellungen zur Unterlage belastet werden: das Tuber ischii bei den verschiedenen Arten des Sitzens; der Oberschenkel in verschiedener Stellung zur Tibia.

Der Oberschenkel ist von allen angeführten Autoren entweder ausschliesslich oder doch vorwiegend berücksichtigt worden. Seine Anatomie ist dadurch so genau bekannt, dass es schwer sein dürfte, dem Beschriebenen Neues hinzuzufügen. Anders der Unterschenkel. Ueber die Tibia finden wir einige Beobachtungen in Meyer's erster Arbeit. Es sind in ihr zunächst diejenigen Plättchenzüge beschrieben worden, welche senkrecht zu den oberen Gelenkflächen die Last des Körpers von diesen auf die Compacta des Tibia-Schaftes übertragen und durch ein unmittelbar unter der Gelenkfläche befindliches Streckbandsystem vereinigt werden. Ausserdem gibt Meyer an, dass in dem Raum zwischen beiden oberen Gelenkflächen, also der Eminentia intercondyloidea entsprechend, auf Frontalschnitten kreuzende Züge sichtbar sind und Wolfermann erweitert dies dahin, dass auch auf Sagittalschnitten des oberen Tibia-Endes die Spongiosazüge sich kreuzen. Beide Angaben müssen nach zahlreichen Schnitten, die ich vom oberen Ende der Tibia machte, etwas modifiziert werden. Zerlegt man dasselbe, in eine Serie sagittaler Blätter, so sieht man von der ganzen Ausdehnung der Gelenkflächen einfach senkrechte Züge nach abwärts ziehen, genau wie sie beim frontalen Schnitte von Meyer beschrieben sind. Die sagittalen Schnitte treffen offenbar dasselbe System von Zügen, wie die frontalen. Nach der Mitte des Knochens hin ändert sich das Aussehen der Schnitte; sie zeigen hier, der Eminentia intercondyloidea entsprechend die von Wolfermann beschriebene Kreuzung.

Diese sich kreuzenden Züge nun, welche von der vorderen *Compacta* zur *Fossa intercondyloidea posterior*, von der hinteren zur *Fossa anterior* führen, werden beim frontalen Schnitt so getroffen, dass zwischen den beiden seitlichen senkrechten Gruppen von Zügen eine undeutliche Lücke bleibt, in der runderliche Maschen anzeigen, dass der Schnitt nicht der Richtung der Züge entspricht: eine Kreuzung im Frontalschnitt, wie sie Meyer beschreibt, habe ich nie beobachtet. Eine Erklärung dieser sagittal kreuzenden Züge aus der Belastung dürfte unmöglich sein, da der Theil der oberen Fläche der Tibia, dem sie entsprechen, keiner Belastung ausgesetzt ist. Dagegen entspricht die Richtung wie die Ausdehnung derselben den *Ligamenta cruciata* und ich glaube daher, dass sie den Zug dieser Bänder zur *Compacta* des Knochens übertragen.

Bei der äusseren Betrachtung beider Knochen des Unterschenkels erscheint die Fibula als Strebepfeiler, welcher eine, wenn auch unbedeutende Unterstützung der Tibia leisten könnte. Macht man jedoch senkrecht zur *Facies articularis fibularis* des Schienbeins Schnitte durch beide Knochen, welche also von hinten und aussen nach vorn und innen gehen, so sieht man (Fig. 3), dass alle von der oberen Gelenkfläche der Tibia ausgehenden Züge der *Spongiosa* sich zur *Compacta* desselben Knochens begeben, und kaum ein einziger zur Gelenkfläche für die Fibula hinzieht. Dadurch entsteht über der *Facies articularis fibularis* der Tibia eine kleine Höhle, während wir bei einer Belastung der Fibula hier ein System von Zügen finden müssten, das direct diese Gelenkfläche mit der oberen verbindet. Im oberen Ende der Fibula erscheinen ziemlich unregelmässige und feine *Spongiosabälkchen*, welche, wie ein Blick auf die Figur 3 lehrt, ebensowenig genügen, eine Belastung von der Gelenkfläche her auf die *Compacta* der Fibula zu übertragen. Wir müssen somit nach dem anatomischen Befunde der Fibula jede Beteiligung am Tragen der Körperlast absprechen. Dieses Ergebniss der anatomischen Betrachtung harmonirt aufs Vollkommenste mit der chirurgischen Erfahrung. Denn bekanntlich machen Fibulafracturen in der oberen Hälfte des Knochens keine Functionsstörung. „*Einzelfracturen* der oberen Hälfte der Fibula entziehen sich um so häufiger der Diagnose, da die Tibia die Dislocation der Fragmente hindert und selbst die Functionsfähigkeit des Beines allein unterhält, so dass solche Kranke oft mit dem Wadenbein-

brüche herumgehen, immer verwundert über die andauernden Schmerzen im Beine“¹).

Wenn somit das obere Ende der Fibula für die Unterstützung des Körpers bedeutungslos ist, so lässt es doch Spongiosazüge erkennen, welche ihm in anderer Beziehung hohe Wichtigkeit verleihen. Wir sehen nehmlich an Schnitten, welche in genau frontaler Richtung durch das Fibulaköpfchen gelegt sind, an der Aussenseite einen stark entwickelten Zug von Bälkchen, welcher aus der *Compacta* des Schafes hervorgegangen, in den äusseren Höcker des Wadenbeinkopfes zieht (Fig. 4). Dieser Zug von Spongiosa ist der einzige, welcher im Fibulakopfe constant vorhanden ist; außer ihm kommen andere, mehr oder weniger undeutliche Spongiosazüge vor, welche individuell verschieden entwickelt sind und oft vollkommen fehlen: nur dieser äussere Zug fehlt nie. An dem Höcker des Wadenbeinkopfes, in den er sich erstreckt, heftet sich ein Theil der Sehne des *M. biceps* und das *Lig. accessorium laterale*, und man könnte ihn somit auf diese beiden beziehen. Indess, einmal fehlen ähnliche Züge an der hinteren Insertion des Biceps, und sodann ist die Richtung derselben die des Bandes, nicht die des Muskels. Ich glaube somit, dass dieser Bälkchenzug dem genannten Bande entspricht. Während also das Fibulaköpfchen für die Belastung gleichgültig ist, ist es von hoher Bedeutung für die Mechanik des Kniegelenkes. Dass diese Function durch einen Bruch des Fibulaschaftes nicht beeinträchtigt werden kann, liegt auf der Hand, da ein solcher Bruch die Bandverbindung zwischen den beiden Knochen des Unterschenkels nicht stört. Die *Compacta* des Schienbeinschaftes löst sich am unteren Ende des Knochens in ein System von Zügen auf, welche senkrecht zur Gelenkfläche stehen und die Last des Körpers gleichmässig auf dieselbe vertheilen. Sie erscheinen im frontalen wie sagittalen Durchschnitt gleich deutlich, und sind von Meyer erschöpfend beschrieben worden. Diese Züge werden durch ein Streckbandsystem zusammengehalten, welches in der Nähe der Gelenkfläche verläuft, namentlich im sagittalen Durchschnitt deutlich (Meyer), aber auch im frontalen erkennbar ist (Wolfermann) und durch einen stärkeren Zug unterstützt wird, welcher der Verknöcherung der letzten Spur des Epiphysenknorpels seine Entstehung

¹) Handbuch der Chirurgie von Pitha und Billroth. II. 2, Krankheiten der Extremitäten von Pitha, S. 302.

verdankt (Fig. 5, a.). Aber nicht alle Spongiosabälkchen stehen senkrecht zur Gelenkfläche der Tibia selbst; ein Theil gelangt in bogigem Verlauf in den Malleolus internus und steht senkrecht auf seiner Gelenkfläche (Fig. 5), während die innersten Züge der Compacta des malleolus parallel verlaufen und ein Streckbandsystem für die eben erwähnten Plättchen darstellen. Am unteren Ende der Fibula sieht man ein ähnliches Verhalten; nur sind die Züge noch reicher entwickelt. Es strahlen nehmlich vom oberen Theile der Gelenkfläche der Fibula Spongiosazüge aus, welche sowohl nach oben und unten, als nach aussen ziehen, und durch ein Streckbandsystem verbunden sind, welches unter der äusseren Compacta dieser selbst parallel verläuft (Fig. 5).

Wir sehen also ausser den Zügen, welche bereits früher beschrieben und erklärt worden sind, im unteren Ende des Unterschenkels in beiden Knochen Spongiosazüge, welche einem Drucke entsprechen, der beide Knochen von einander entfernt. Ein solcher Druck kommt bekanntlich dadurch zu Stande, dass bei jeder Hebung der Fussspitze und somit bei jeder Neigung des Körpers nach vorn bei feststehendem Fusse der vordere breitere Theil der Talus-Rolle zwischen Tibia und Fibula sich eindrängt. Eine einfache Betrachtung lehrt, dass die auseinander drängende Kraft bei jener Bewegung eine sehr bedeutende sein muss; und dem entsprechend finden wir eine so sorgfältige Anordnung der Spongiosa. Die auseinander gedrängten Knochen werden dann durch den Bandapparat, welcher sie verbindet, wieder aneinander gepresst, und der Druck, welchen die Fibula erleidet, wieder auf die Tibia übertragen. Die Uebertragung ist in der Mitte der Fibula beendet. Denn sonst würden auch Fracturen über der Mitte des Knochens mit Functionstörungen verbunden sein, wie wir sie unterhalb dieser Stelle eintreten sahen.

Im Talus theilt sich bekanntlich nach Meyer's Angaben die Last zweien Zügen mit, welche auf die vordere und auf die hintere Gelenkfläche des Knochens hinziehen. Schneidet man den Talus (Fig. 6) frontal, so erkennt man, dass er nur von der Tibia aus belastet wird; man sieht nehmlich neben den bedeutenden Zügen, welche von der oberen Gelenkfläche ausgehen, solche, welche vom vorderen Theil der inneren, dem Malleolus internus entsprechenden Gelenkfläche entspringen, während die grosse äussere Gelenkfläche, die sich der Fibula zukehrt, keine senkrechten Züge erkennen lässt.

Ein wenn auch relativ kleiner Theil der Körperlast gelangt also auch vom Malleolus internus her zum Talus, während die Fibula, entsprechend dem Verhalten ihres oberen Endes, dem Talus keine Last zuführt.

Die charakteristischen Züge, welche im Calcaneus verlaufen, sind von Meyer erschöpfend beschrieben worden. Ebenso diejenigen, welche vom Taluskopfe aus die Belastung in sagittaler Richtung durch Naviculare und Cuneiforme primum hindurch auf den ersten Metatarsalknochen fortleiten. Ganz ähnliche Züge existiren in den anderen Keilbeinen und dem Cuboideum, und alle sind sie genau auf die Ausdehnung der vorderen und hinteren Gelenkflächen beschränkt, so dass diejenigen Theile der Knochen, welche unterhalb der beide verbindenden Linie gelegen sind, keine deutlichen Stützlamellen aufweisen. Ausserdem aber lassen sich, der Gewölbeconstruction des Fusses entsprechend, in den Keilbeinen und dem Cuboideum, sowie in den Basen der Metatarsalknochen frontale Züge erkennen, welche genau von einer seitlichen Gelenkfläche zur anderen herübergespannt sind. Ich gebe in Fig. 7 einen Frontalschnitt durch das 3. Keilbein, in Fig. 8 einen solchen durch die drei letzten Metatarsalbasen. In beiden sieht man die beschriebenen Züge; in beiden erkennt man auch, dass sich dieselben auf die Gelenkflächen beschränken und somit die mechanisch bedeutungslosen, keinem Drucke unterworfenen Theile der Knochen auch keine Stützsysteme enthalten.

Von der oberen Extremität.

Eine Erklärung für die Anatomic der Knochen der oberen Extremität muss vor Allem die doppelte Belastungsweise derselben berücksichtigen, welche die Verhältnisse hier weit mehr complicirt, als das bei der einfachen Belastung der unteren Extremität der Fall ist. Dazu kommt, dass im Ganzen die Substantia compacta der Knochen der oberen Extremität relativ reicher entwickelt ist, die Spongiosa dadurch zurücktritt, und somit ihre Züge meist weniger deutlich ausgeprägt sind.

Im oberen Ende des Humerus finden sich constant zwei Züge von Bälkchen auf Frontalschnitten (Fig. 9). Der eine davon hebt sich von der inneren Compacta ab und gelangt innen in bogigem, nach aussen gestrecktem Verlaufe auf die überknorpelte Gelenk-

fläche; er setzt sich dabei über die Narbe des Epiphysenknorpels gleichmässig fort. Indess dieser Zug ist nur in dem mittleren und hinteren Theile des Humerus so entwickelt, wie in der Fig. 9. Nach vorn, schon dem vorderen Theile des Tuberculum majus entsprechend, mehr noch aber, wenn der Schnitt durch das Tuberculum minus geht, wird er schwächer und lässt oben und aussen einen Theil des überknorpelten Gelenkkopfes frei.

Der andere äussere Zug hebt sich von der äusseren Compacta ab und zieht in das Tuberculum majus hinein; seine einzelnen Plättchen erleiden durch die Narbe des Epiphysenknorpels eine Unterbrechung.

Beide Züge sind schon von Wolfermann beschrieben worden; dieser Autor giebt ausserdem noch zwei Züge im Humerus an, von denen der eine in der Richtung der in Fig. 9 bei c. dargestellten Linien, der andere parallel dem vorderen Theil der Epiphysennarbe verlaufen soll. Den letzten Zug habe ich nie gefunden; der erstere fehlt ebenfalls meist und stellt, wenn er vorhanden ist, nur eine etwas stärkere Entwicklung der feinen Spongiosablättchen dar, welche im Mark des Knochens verlaufen, ohne Beziehungen zu seinen Oberflächen zu haben.

Für die Erklärung der beiden Züge, welche auch auf sagittalen Schnitten zu erkennen sind, muss man, wie bemerkt, die doppelte Belastungsart der oberen Extremität berücksichtigen. Bei Belastung derselben durch den Rumpf, d. h. bei Aufstützen des Armes, wird wesentlich die Gelenkfläche und von ihr wieder namentlich der obere Theil belastet, welcher gegen das Acromion und das Lig. coraco-acromiale sich anstemmt. Dieser Belastungsweise entspricht, glaube ich, der innere Spongiosazug, und das scheint mir um so wahrscheinlicher, als bei der angeführten Belastungsart nach vorn hin ein grösserer Theil der Gelenkfläche des Humeruskopfes freibleibt und wir dem entsprechend nach vorn hin den inneren Spongiosazug an Ausdehnung nach aussen verlieren, die Höhle zwischen ihm und dem äusseren Systeme zunehmen sehen. Bei dieser Belastung wird der äussere Theil des Humerus nicht direct betroffen; wir finden dementsprechend aussen von dem inneren Spongiosazuge zunächst einen Theil der Oberfläche vollkommen ungestützt oder doch nur durch wenige schräge Bälkchen mit der gut unterstützten Epiphysenknorpelnarbe verbunden.

Schwieriger als die Erklärung des inneren Spongiosazuges ist die des äusseren. Es wäre möglich, dass beim emporgestossenen Arm durch Vermittelung der Weichtheile auch auf das Tuberculum majus ein Bruchtheil der Last des Rumpfes übertragen würde; indess es scheint mir wahrscheinlicher, dass dieser Zug vielmehr der anderen Belastungsart des Oberarmes entspricht: nehmlich der durch Zug von unten. Bei dieser Belastung muss ja die Gelenkfläche im Wesentlichen unbeteiligt sein. Denn wenn auch bei ihr keine Distraction der articulirenden Flächen sich macht, so wird doch sicher auch kein Druck zwischen ihnen stattfinden. Es wird vielmehr die besprochene Belastungsweise wesentlich ermöglicht durch Concurrenz der Muskeln und Bänder. Beide aber, die Muskeln an der Dorsalseite der Scapula wie das Lig. coraco-humerale befestigen sich wesentlich an dem Theile des Humerus, in den sich der äussere Spongiosazug begiebt: welchem von beiden und ob nur einem, etwa nur dem Bande dasselbe entspricht, dürfte zur Zeit nicht zu entscheiden sein.

Deutlicher, als am oberen Ende des Humerus sehen wir an seiner unteren Epiphyse die Züge der Spongiosa den beiden Belastungsarten entsprechen. Wir finden nehmlich hier (Fig. 10) einen grossen Theil derselben direct auf die Gelenkfläche gerichtet und hier durch ein Streckbandsystem zusammengehalten. Anschliessend an diese Züge breiten sich aber andere in die beiden Epicondyle hinein aus, von denen die tragenden Muskeln, wie namentlich die Seitenbänder des Ellenbogengelenkes, entspringen, durch welche bei der Belastung der Hand die Last auf den Humerus übertragen wird.

Von den beiden oberen Enden der Unterarmknochen ist das Radiusköpfchen nur bei emporgestossenem Arme belastet, dement sprechend sehen wir in ihm ein einfach senkrecht zur Gelenkfläche gerichtetes System von Spongiosabälkchen die Last auf die Compacta übertragen, und diese Bälkchen werden unmittelbar an der Gelenkfläche durch ein Streckbandsystem verbunden (Wolfermann). Anders die Ulna. In ihr finden wir zunächst im Proc. coronoideus ein senkrecht nach abwärts ziehendes System, verbunden durch ein Streckband, das der Gelenkfläche parallel läuft, und diese Systeme entsprechen der Belastung von oben her. Wird jedoch die Hand belastet, so muss die Gelenkfläche des Olecranon gegen die Trochlea

des Humerus gedrückt werden, und dem entspricht ein System von Bälkchen, das von der Gelenkfläche des Olecranon zur hinteren Compacta zieht. Dazu kommt ein System von Curven, welche von der hinteren Compacta zum mittleren und oberen Theil der Gelenkfläche sich begeben, und wohl zum Theil als Streckband für das obere System des Olecranon fungiren (Fig. 11).

An den unteren Epiphysen der Unterarmknochen sehen wir die Spongiosa hauptsächlich der Belästung von oben entsprechend angeordnet. Wir finden im Radius wie in der Ulna eine ziemlich gleichmässige Entlastung auf die ganze Gelenkfläche hin. Nur verhältnissmässig wenige Züge, mehr noch in der Ulna (Fig. 12) als im Radius lassen sich in die bändertragenden Griffelfortsätze verfolgen. Es tritt somit der Einfluss einer Belastung der Hand hier in den Hintergrund, offenbar weil dieselbe zum überwiegenden Theil direct durch die Muskeln auf den Oberarm und die oberen Theile der Unterarmknochen übertragen wird.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel X.

- Fig. 1. Frontalschnitt eines Lendenwirbelkörpers.
- Fig. 2. Schnitt durch's Kreuzbein, von der vorderen Grenze der oberen Endfläche des 5. Lendenwirbels senkrecht auf die obere Fläche des Sacrum.
- Fig. 3. Schnitt durch die oberen Enden beider Unterschenkelknochen senkrecht zu ihrer Gelenkfläche.
- Fig. 4. Frontalschnitt durch das Capitulum fibulae, von a bis b Gelenkfläche.
- Fig. 5. Frontalschnitt durch beide Unterschenkelknochen, unteres Ende. Bei a die Narbe des Epiphysenknorpels in der Tibia.
- Fig. 6. Frontalschnitt des Talus.
- Fig. 7. Frontalschnitt des Os cuneiforme III.
- Fig. 8. Frontalschnitt der Basen des 3., 4. und 5. Metatarsalknochens.
- Fig. 9. Frontalschnitt des Humeruskopfes.
- Fig. 10. Frontalschnitt des unteren Humerusendes. a Kleine Höhle, die ich in 4 Fällen dreimal fand, sie liegt an der inneren Grenze des Epicondylus externus. b Fossa olecrani.
- Fig. 11. Sagittalschnitt des oberen Endes der Ulna.
- Fig. 12. Frontalschnitt des unteren Endes der Ulna. s Processus styloideus.

