

kunft eine eingreifende Veränderung, oder wenigstens Einschränkung, erfahren. Schon gegenwärtig treffen wir in der Litteratur eine Reihe von sporadischen Hinweisen darauf, dass außer den Hauptarten der Zellvermehrung durch direkte Teilung, durch Karyokinese, und durch Gemmation oder Fragmentation, wir noch eine Art der Zellvermehrung antreffen, nämlich die Entwicklung neuer Zellen aus dem Kernkörperchen, welches in den meisten Fällen einen Cytoblast (Bioblast) darstellt. Vielleicht wird es sich noch herausstellen, dass auch die Sexualelemente, die Eier und Spermatozoen, aus denen sich der ganze zusammengesetzte vielzellige Organismus entwickelt, ihrerseits in den Sexualorganen ontogenetisch aus einem Körnchen, aus einem Bioblasten, entstanden sind. Ueberall Zellen suchend und nur Zellen anerkennend, schenken wir fast gar keine Aufmerksamkeit jener Masse von Körnern, welche öfters in verschiedenen Geweben außerhalb der Zellgrenzen zerstreut sind, und sehen für gewöhnlich derartige Bildungen für tote Detritusmassen, für Zerfallprodukte pathologischen Charakters an, oder aber sprechen von denselben überhaupt nicht, wie es in der normalen Biologie geschieht. Der Umstand, warum in diesem Falle die ontogenetische Entwicklung der Zelle aus einem Bioblast in den Hintergrund tritt im Vergleich zu den anderen oben angeführten Arten der Zellvermehrung, kann verhältnismäßig leicht seine Erklärung finden, worüber jedoch in dieser Studie nicht die Rede sein kann, da es uns zu weit aus den Grenzen derselben führen würde. Ich wollte auf diese Frage nur hinweisen.

(Viertes Stück folgt.)

## Julius Wolff, Die Lehre von der funktionellen Knochengestalt.

Virchow's Archiv, Bd. 155, 2, S. 256.

Unter dieser Ueberschrift giebt Verf. eine Uebersicht über den neueren Ausbau der Lehre, die er durch sein großes Werk: Das Gesetz der Transformation der Knochen (Berlin 1892) begründet hat. Die neuere Arbeit kann nicht wiedergegeben werden, ohne dass vorerst auf die ältere eingegangen worden ist.

Durch die einleitende historische Darstellung wird die bekannte schöne Erzählung von der Entdeckung des Prinzips der Knochenstruktur durch den Mathematiker Culmann insofern abgeschwächt, als man erfährt, dass der leitende Gedanke schon früher von Bourguery und Ward gefasst und ausgesprochen worden war, freilich noch nicht als allgemeines Prinzip. In dieser Hinsicht also war Culmann's Zeichnung eine wahre Entdeckungthat, und sein Verdienst ist um so größer, weil er selbst zuerst die in Betracht kommenden Gesetze der Verteilung von Zug und Druck gefunden hatte. H. v. Meyer fiel die Ausbeutung der Entdeckung zu, die ihn aber nicht sehr weit führte, so dass der nächste große Fortschritt auf diesem Gebiete dem Verf. vorbehalten blieb: die Anpassung der Struktur

an veränderte Verhältnisse, eben die „Transformation der Knochen“, nachzuweisen. Verf. untersuchte vor allem den Bau des coxalen Femur-Endes, an Längsschnitten in sagittalen und frontalen Ebenen, sowie an Querschnitten. Wie schon H. v. Meyer angegeben hatte, ist an Knochen von Erwachsenen, und noch deutlicher am Gefüge des kindlichen Knochens zu erkennen, dass die äußere kompakte Substanz nur eine entsprechend den Forderungen der Festigkeitsbeanspruchung verdichtete *Spongiosa* darstellt. Ferner lässt sich an jedem Knochenschnitt noch ein allgemeiner Satz bestätigen, der H. v. Meyer entgangen war, dass nämlich die Bälkchen stets senkrecht auf einander und auf die Oberfläche stehen, dass mithin die Zwischenräume stets die Form rechteckiger Zellen haben. Auf die Einzelheiten der Verteilung der Knochenbälkchen kann hier nicht eingegangen werden. Aus den beiden angeführten Thatsachen geht aber schon hervor, dass die Anordnung der Knochenbälkchen thatsächlich genau den Zug- und Drucklinien entspricht, die nach Culmann's Zeichnung einem Körper von der Gestalt des Femurendes unter entsprechender Beanspruchung zukommen. Was bedeuten nun eigentlich diese Zug- und Drucklinien?

Wird ein länglicher Körper, ein Balken, gebogen, so muss er auf der konvexen Seite der Biegung gedehnt, auf der konkaven zusammengedrückt werden. Dazwischen wird eine ideale Schicht, die „neutrale Schicht“, zu finden sein, die ihre ursprüngliche Länge behält, weil weder Zug noch Druck stattfindet. Auf jedem Querschnitte durch den Balken wird von der neutralen Schicht an auf einer Seite der Druck auf der andern der Zug bis zum Rande hin zunehmen. Man kann nun nach von Culmann angegebenen Methoden die Größe des Drucks und Zuges an jeder Stelle des Querschnitts für eine gegebene Beanspruchung berechnen. Verbindet man die Stellen einer Reihe von Querschnitten, an denen Druck- oder Zug-Spannung verhältnismäßig gleiche Größe hat, dann wieder diejenigen Stellen, an denen um eine bestimmte Größe höhere Spannung herrscht, und so weiter fort, so erhält man ein System von Linien, die die Richtung und Größe der Spannung in dem gebogenen Balken deutlich erkennen lassen.

Anschaulicher kann man vielleicht das Wesen dieser Linien auf folgende Weise darstellen: Denkt man sich den Körper aus einer großen Zahl allseitig gleicher elastischer Elemente zusammengesetzt, und unter dem Einfluss der Beanspruchung um eine kleine Strecke gebogen, so werden alle Elemente mit Ausnahme derer in der neutralen Schicht an der Formänderung beteiligt sein. Die Zug- und Drucklinien geben dann die Richtungen an, in denen sich die einzelnen Elemente am stärksten verlängern und verkürzen. Man kann daher die Lage der Zug- und Drucklinien für beliebig gestaltete Körper, anstatt sie zu berechnen, durch Probieren an Gummimodellen bestimmen.

Für die Festigkeit eines Gebildes, das mit möglichster Materialersparnis ausgeführt werden soll, ist es nun wesentlich, dass alles Material an den Stellen verwendet werde, wo die Formänderung bei gegebener Belastung am größten ist. Denn, eine bestimmte Nachgiebigkeit des Materials vorausgesetzt, kommt an dieser Stelle die Größe der Nachgiebigkeit gegenüber der Größe der Formänderung am wenigsten in Betracht.

Wenn also die Knochenbälkchen in der Richtung der Zug- und Druck-Kurven angeordnet sind, so ist dies ein Beweis, dass die Knochen aufs zweckmäßigste, mit der größten Materialersparnis für die größte Widerstandsfähigkeit gebaut sind.

Es fragt sich nun zunächst, inwieweit denn die theoretisch geforderte und die thatsächlich zu beobachtende Anordnung der Bälkchen übereinstimmen? Hier setzte Verf. mit seiner Untersuchung ein, und konnte, wie schon erwähnt, im Gegensatze zu älteren Abbildungen nachweisen, dass die Knochenbälkchen stets rechtwinklig zu einander stehen. Ferner schloss Verf. aus der Theorie, dass, wenn in Wirklichkeit die Anordnung der innern Architektur der Knochen eine statische Bedeutung habe, in der neutralen Schicht keine Anhäufung in bestimmten Richtungen, sondern vielmehr eine indifferente, gleichmäßige Verteilung der Knochenbälkchen zu finden sein müsse. Thatsächlich ergibt die Untersuchung, dass ein sagittal, möglichst genau in der neutralen Schicht geführter Schnitt nur gleichmäßig senkrecht und wagerecht verlaufende Bälkchen zeigt. Diese beiden Beobachtungen sind um so interessanter, weil sie Beispiele bilden von dem in der Biologie so seltenen Falle, dass ein bestimmter Befund auf Grund mathematischer Betrachtung vorausgesagt werden konnte.

Die vollkommenste Begründung, das Corollarium des angegebenen Prinzips, ergibt sich aber erst aus der Beobachtung der Transformation der Knochen bei veränderter Beanspruchung. Jede Veränderung der äußeren Form eines belasteten Balkens bedingt eine Abänderung der Richtungen des maximalen Zuges und Druckes, und damit eine veränderte Beanspruchung seiner sämtlichen Elemente. Wenn also ein Knochen durch irgendwelche Einflüsse in seiner Form verändert ist, so ist seine ursprüngliche, der früheren normalen Form angepasste Struktur unzureichend geworden, und der Knochen wird den veränderten mechanischen Anforderungen nicht mehr genügen können. Erst dann wird er wieder funktionsfähig werden, wenn seine durch die Formveränderung statisch wertlos gewordenen Bälkchen untergegangen und durch neu entstandene für die veränderte Form und Beanspruchung statisch brauchbare Bälkchen ersetzt worden sind. In Kürze besagt das vom Verf. ebenfalls a priori aufgestellte Gesetz der Transformation, dass eine solche Umformung der Struktur wirklich stattfindet.

Durch eine große Zahl von Beobachtungen an Knochen mit geheilten Brüchen wird nachgewiesen, dass sich die innere Struktur durchaus den durch die neue Knochenform gegebenen statischen Bedingungen anpasst. In den Fällen, in denen dies scheinbar nicht geschieht, ist auch die Funktionsfähigkeit nicht wieder hergestellt, die Heilung also als unvollkommen zu betrachten. Verf. unterscheidet primäre und sekundäre Umwandlungen, insofern erstens die Struktur der Bruchstellen selbst sich je nach ihrer Lage verändert, zweitens aber der Aufbau des ganzen Knochens, namentlich die relative Dicke der kompakten Substanz infolge der veränderten Beanspruchung umgebildet wird. Die verschiedenen Formen, unter denen die beiden Arten der Transformation auftreten, teilt Verf. folgendermaßen ein: Transformationen, welche vorzugsweise die äußere Gestalt der Knochen betreffen: Herstellung einer neuen zweckentsprechenden Gesamtform, Bildung seitlicher Schutzwehren, Bildung statischer Brücken zwischen zwei weit von einander abstehenden Fragmenten, Veränderungen

der Markhöhlenform an der Bruchstelle und an weit von der Bruchstelle entfernten Partien, Veränderungen gänzlich unbeteiligter Nachbarknochen u. a. m. Transformationen, welche vorzugsweise die innere Architektur der Knochen betreffen: Schwund ursprünglicher und Bildung neuer Bälkchen, Bildung gänzlich neuer *Spongiosa*-Regionen, Einbeziehung der Randpartien vollständig abgetrennt gewesener und wieder eingekeilter Knochensplitter in die sie umgebende neugebildete *Spongiosa* u. a. m.

Ganz auf dieselbe Weise wie die pathologische Veränderung der statischen Beanspruchung wirkt natürlich eine zu experimentellen oder zu therapeutischen Zwecken hergestellte Änderung der Beanspruchung. Verf. hat hierauf eine Behandlungsweise speziell des Klumpfußes gegründet, und führt Heilungsergebnisse an, die den Beweis liefern, dass es ebenso gut möglich ist, durch Herstellung der richtigen Beanspruchung Deformitäten zu beseitigen, wie sie durch fehlerhafte Beanspruchung hervorzurufen.

Verf. wirft nun die Frage auf, wie die zweckmäßige Anordnung der Knochensubstanz entstehe. Man pflegt von nutritiver oder formativer Reizung in den Richtungen größten Zuges und Druckes zu sprechen, doch ist damit nur eine Beschreibung, keine Erklärung gegeben. Die histologische Untersuchung zeigt, dass die Anordnung der Elemente der Knochenstruktur, der Havers'schen Lamellen, nicht immer die mechanisch zweckmäßigste ist. Dies ganze Gebiet ist aber noch sehr wenig untersucht.

Aus dem Gesetz von der funktionellen Transformation lässt sich nun ohne weiteres eine neue Darstellung der Lehre von der Knochengestalt ableiten, die der Funktion den Hauptanteil an der Formbildung zuerkennt. Verf. zeigt, dass die ältere Lehre vom Schwunde des Knochens unter Druck und vom Anwachsen unter Zug oder vermindertem Druck theoretisch mit der Vorstellung von der funktionellen Ausbildung der Struktur unvereinbar, und überdies durch direkte Beobachtung als falsch zu erweisen ist. Der äußere Umriss eines Knochens stellt eben nur die äußerste Kurve der statischen Konstruktion dar, die der mechanischen Aufgabe entspricht. Diese Auffassung wird durch die Beobachtung bestätigt, dass sich bei der Heilung keineswegs, wie früher angenommen wurde, die normale Form möglichst vollkommen wiederherstellt, sondern vielmehr, oft sogar auf Kosten der äußeren Gestalt, die Funktionsfähigkeit des Knochens. In der mechanischen Beanspruchung ist also die Ursache für die äußere Form, wie für den inneren Bau der Knochen zu suchen, und in ihr liegt der mächtigste Faktor, der der Orthopädie zur Umbildung missgestalteter Knochen zur Verfügung steht. Der Knochen ist gleichsam ein plastisches Material, das schwindet, wo es keine Beanspruchung erfährt, und angesetzt wird, wo es Widerständen entgegenzuwirken hat.

Dies führt weiter zur Neugestaltung der Lehre vom Knochenwachstum: der einmal gebildete Knochen ändert sich nicht nur durch Anlagerung neuer Substanz und Schwund überflüssigen Materials (Appositions- und Resorptions-Wachstum), sondern er wächst dauernd in seiner ganzen Masse (Expansionswachstum). Auch dies konnte Verf. durch Messungen an Marken, die in lebenden Knochen eingesetzt waren, beweisen.

Weitere wichtige Aufschlüsse giebt die Lehre von der Transformation in Bezug auf die Behandlung der Brüche. Denn es ist nun ohne weiteres klar, weshalb die schlecht reponierten oder nicht reponierbaren Knochenbrüche um so vieles langsamer als die gut reponierten heilen. Käme es

dabei, wie man früher annahm, lediglich auf das Quantum des verklebenden Kittes an der Bruchstelle an, so wäre die Verschiedenheit der Heilungsdauer um so weniger erklärlich, als ja die Quantität des Kittes in der Regel der Größe der Dislokation direkt proportional ist. Das Transformationsgesetz zeigt aber, dass die Ursache der langsamen Heilung offenbar in der größeren Ausdehnung der erforderlichen funktionellen Umwandlung liegt, durch welche Form und Architektur selbst weit von der Bruchstelle entfernter Teile des Knochens den durch die Dislokation veränderten Bedingungen angepasst werden müssen.

Die auffallenden Veränderungen, die der innere Bau der Knochen bei Rhachitis und anderen pathologischen Gestaltveränderungen zeigt, sind ebenfalls als Wirkungen des Transformationsgesetzes anzusehen.

Endlich wirft Verf. noch einen Blick auf die Bedeutung, die das nun so sicher begründete Gesetz für die gesamte Naturlehre hat. Zwar bei den Pflanzen, bei denen man analoge Verhältnisse erwarten sollte, macht sich der Einfluss der Funktion auf die Struktur nicht so, wie bei den Knochen, geltend. Aber die Lehre vom molekularen Stoffwechsel, die mechanische Weltanschauung im Gegensatz zur teleologischen, endlich die theoretische Mechanik selbst, die zur Entdeckung des Gesetzes führte, erhält in ihm einen Baustein für weitere Schlüsse.

In der Abhandlung: Die Lehre von der funktionellen Knochengestalt (Virchow's Archiv, 155, 2, S. 256) kommt Verf. auf seine früheren Arbeiten zurück um sie durch die inzwischen gemachten Erfahrungen zu bestätigen und zu vervollständigen. Das Prinzip, dass die Funktion auf die Organe einwirke (gewöhnlich in der Form ausgedrückt, dass alle Organe sich durch Gebrauch vervollkommen, durch Nichtgebrauch verkümmern), hat, seit es von Lamarek ausgesprochen wurde, als ein Baustein zur Evolutionstheorie allgemeine Beachtung gefunden. So deutlich, wie durch die Untersuchung der Knochenstruktur ist es aber auf keinem andern Gebiete erwiesen worden. Wie oben erwähnt, ist der Fall in den biologischen Wissenschaften äußerst selten, dass man mit mathematischer Gewissheit aus der äußeren Form eines Organes auf dessen Beanspruchung schließen und die Richtigkeit des Schlusses durch Untersuchung der Strukturverhältnisse beweisen kann. Zugleich aber erlangt der vorliegende Gegenstand ein besonderes Interesse dadurch, dass er, wenigstens für dieses Gebiet, die Ursache organischer Formbildung erkennen lässt. Das Entstehen bestimmter Formen ganzer Organismen wie einzelner Organe hat etwas so rätselhaftes, dass man es durch einen besonders eingeführten Begriff, den „*nisus formativus*“ der Natur zu erklären gesucht hat. Unter anderen sollte sich diese Naturkraft bei der Heilung von Knochenbrüchen dadurch äußern, dass die Form des Knochens soweit als möglich zur ursprünglichen Norm zurückgeführt werde. Der gewaltige Fortschritt, der durch des Verf. Lehren geschaffen worden, zeigt sich vielleicht am deutlichsten, wenn man mit dieser älteren Anschauung die oben gegebene Darstellung vergleicht, nach der es keineswegs die Form ist, die der Heilungsprozess wieder herstellt, sondern die Funktionsfähigkeit. Der Prüfstein ist in diesem Falle das Verhalten der Markhöhle, die man als ein Kennzeichen der Form des normalen Knochens betrachten darf, das jedenfalls nach geheilter Fraktur neu ausgebildet werden müsste, wenn es auf Wiederherstellung der Form ankäme. Aber im Gegenteil: die Markhöhle

bleibt oft dauernd durch neugebildete *Spongiosa* verlegt, wenn nur der geheilte Knochen dadurch der abnormen Beanspruchung, die er infolge der Dislokation erfährt, besser widerstehen kann.

Dieselben Faktoren, die in dem eben betrachteten Beispiele maßgebend sind, müssen aber auch in jedem andern Falle wirksam sein. Verf. durfte daher den Satz aufstellen: „Alle Stoffzunahme des Knochens und ebenso aller Schwund von Knochensubstanz ist ausschließlich von den statischen Bedingungen abhängig, unter welchen der Knochen sich befindet. Der Grund dieses Abhängigkeitsverhältnisses ist bei physiologischen Zuständen das Streben zur Erhaltung der Funktion d. h. der statischen Diensttauglichkeit des Knochens, bei pathologischen Knochenkrümmungen das Streben zur Wiederherstellung der Funktion“. Was für die innere Struktur gilt, muss auch von der äußeren Form zutreffen, da diese, wie mathematische und anatomische Betrachtung lehrt, nur entsteht als Grenzschicht des innern Aufbaus. Daher müssen sich an pathologisch veränderten Knochen auch Veränderungen der äußeren Form zeigen, die den Charakter sekundärer, das heißt durch veränderte statische Bedingungen entstandener Gestaltänderung haben. Das ist thatsächlich der Fall, und zwar zeigt sich, dass sich bei analoger Aenderung der Funktion, gleichviel aus welcher Ursache, stets die gleiche Formveränderung einstellt, mithin, dass sich in Folge der pathologischen Veränderung eine neue „funktionelle Gestalt“ herausbildet. Dass demnach die Knochendeformitäten funktionelle Bildungen sind, lässt sich deutlich an jedem verkrümmten Röhrenknochen nachweisen, wobei gleichzeitig die Unhaltbarkeit der älteren Lehre vom Schwunde der Knochen unter Druck und der Anbildung bei Entlastung zu Tage tritt. Denn genau entsprechend den von Culmann aufgestellten Gesetzen findet sich an der konkaven Seite verkrümmter Knochen, wo der größere Druck herrscht, stets eine Anhäufung, an der konvexen entlasteten Seite Schwund der Knochensubstanz. Bei der keilförmigen Umbildung der skoliotischen Wirbelkörper, wo auf der konkaven Seite Höhenabnahme, auf der konvexen Zunahme beobachtet wird, fallen freilich die statischen Bedingungen mit denen der Drucktheorie zusammen, doch kann daraus kein Einwand gegen die Theorie von der funktionellen Struktur abgeleitet werden. Die Deformitäten sind also in ihrer Art zweckmäßige Bildungen, die der fehlerhaften Beanspruchung am besten entsprechen. Die primäre Ursache kann in hereditärer Anlage, Gewohnheit, Schwäche der Muskulatur, Weichteilerkrankung, Druck oder anderweitiger Einwirkung von außen her zu suchen sein, immer ist das Mittelglied zwischen diesen primären Wirkungen und der entstehenden Deformität die veränderte statische Beanspruchung. Dass umgekehrt durch Herstellung normaler Beanspruchung auf dem Wege der funktionellen Orthopädie die Knochen zur normalen Form zurückgebracht werden können, giebt diesen Sätzen eine handgreifliche Begründung. Die Röntgenstrahlen geben ein Mittel an die Hand, die Vorgänge der Transformation, die bisher nur an vereinzelt Präparaten studiert werden konnten, am Lebenden zu verfolgen. Durch wiederholte Aufnahmen mittels Röntgenstrahlen kann der Fortgang der funktionell-orthopädischen Behandlung in seinen einzelnen Stufen überwacht werden.

Der Lehre von der Zweckmäßigkeit der Knochendeformitäten widerspricht es nicht, dass sie zugleich der Ausbildung des Gesamtorganismus in hohem Grade hinderlich und selbst schädlich sein können. Denn zweck-

mäßig sind sie nur in Hinsicht auf die unmittelbar auf sie einwirkenden mechanischen Kräfte: Druck- und Schubspannung, und zwar nach dem eben gesagten deshalb, weil sie grade durch diese selbst erzeugt werden. So bilden die Knochendeformitäten ein interessantes Beispiel dafür, wie schroff die wirklich in den Organismen herrschenden mechanischen Bildungsgesetze der teleologischen Auffassung entgegenstehen.

Wenn auf diese Weise die Entstehung der pathologischen Knochenformen auf bestimmte Gesetze zurückzuführen ist, wie steht es mit der normalen Knochenform? Die normale Knochenform ist schon im fötalen Leben vorgebildet, und es würde daher zulässig sein, dieselbe als eine einfach durch Vererbung gewonnene anzusehen. Indessen der durch die Erforschung der pathologischen Verhältnisse bekannt gewordene Umstand, dass jede geringste pathologische Abweichung von der normalen Funktion formverändernd wirkt, zeigt, dass die normale Knochenform die für die normale Funktion einzig und allein übrigbleibende ist, dass also die normale, ebenso wie die deforme Gestalt funktionellen Ursprungs ist.

Demnach ist die Knochengestalt sowohl unter normalen, wie unter abnormen Verhältnissen gewissermaßen als das mathematische Gesamtbild aller Beanspruchungen aufzufassen, welche bei den verschiedenen Muskelwirkungen und bei den verschiedenen für das betreffende Körperglied erträglichen Belastungen möglich sind.

An diese Darstellung seiner Lehre schließt Verf. einen kurzen Ueberblick über die klinische und experimentelle Bearbeitung von anderer Seite. Aus einer Reihe von Arbeiten, die sich wesentlich in dem schon besprochenen Gedankenkreise bewegen, sei die von H. H. Hirsch besonders hervorgehoben, in der die Bruchfestigkeit des Schienbeins bei Beanspruchung in verschiedenen Richtungen festgestellt, und den vorher durch Berechnung und anatomische Untersuchung erhaltenen Werten entsprechend gefunden wird. Endlich erwähnt Verf. auch einige Punkte, in denen nicht ausschließlich die Funktion für Bau und Form des Knochens maßgebend erscheint: Die in den Knochen eintretenden Gefäße sind von einer kompakten Scheide aus Knochensubstanz umgeben, während eine unmittelbare Beanspruchung des Materials an dieser Stelle nicht zu erkennen ist. Ferner zeigt sich in der *Spongiosa* der Epiphysenenden von Röhrenknochen eine Art Schichtenbildung, sogenannte „Verdichtungszone“ die parallel zur Oberfläche verlaufen, und eine Anhäufung von Material darstellen, für die kein mechanisches Bedürfnis vorzuliegen scheint. Auf solche Einzelheiten hin kann aber die allgemeine Bedeutung der Funktion für die Struktur und Gestalt der Knochen nicht in Zweifel gezogen werden. [85]

## Bemerkungen zu Mehnert's Aufsatz: K. E. v. Baer als Begründer der Erkenntnis der individuellen Variation im Embryonalleben.

Von Prof. Franz Keibel in Freiburg i. Br.

In einem Aufsätze, welcher unter dem Titel: „K. E. v. Baer als Begründer der Erkenntnis der individuellen Variation im Embryonal-

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [Julius Wolff, Die Lehre von der funktionellen Knochengestalt. 738-744](#)