

nur bei Reptilien, sondern auch Säugetieren, sofern sie Baumtiere sind, nicht selten, also bei Affen, Halbaffen, Nagern, Raubtieren, Beuteltieren, Ameisenfressern, Chamaeleonten, Riesenschlangen, Baumvipern (*Atheris* und *Trimeresurus*), und merkwürdiger Weise auch bei einer Eidechse aus der sandbewohnenden Familie der Scincoiden (*Corucia zebrata*).

(Schluss folgt.)

## Ueber die Homologie der Gliedmaßen der Säugetiere und des Menschen.

Von Dr. Ludwig Stieda,

ord. Professor der Anatomie zu Königsberg i. Pr.

Ein Vergleich der vorderen und der hinteren Gliedmaßen der Säugetiere ist wiederholt gemacht worden -- zu verschiedenen Zeiten, von verschiedenen Forschern; das Resultat ist sehr verschieden ausgefallen. Obwohl man zu dem Schlusse gekommen ist, dass die vorderen und hinteren Gliedmaßen nicht allein im Ganzen, sondern auch in ihren einzelnen Teilen homolog sind, so sind die Forscher im Einzelnen, insbesondere inbetreff der Weichteile, bei weitem nicht einig. --

Eine Durchmusterung aller der bisher veröffentlichten Ansichten über die Homologie der Gliedmaßen bietet viel Interessantes dar, doch verzichte ich in dieser Abhandlung eine derartige Uebersicht zu liefern. Ich beabsichtige später eine kritische Zusammenstellung aller bisherigen Arbeiten, die sich mit der Homologie der Gliedmaßen beschäftigen, an einem andern Orte ausführlich mitzuteilen. Hier gebe ich vorläufig nur meine eigenen Erwägungen und Anschauungen.

Ich schränke das Vergleich-Gebiet in gewissem Sinne ein: von einem eingehenden Vergleich des Schultergürtels mit dem Beckengürtel (Hart- und Weichteile) sehe ich ab. Einen Vergleich der Hand mit dem Fuß werde ich nur so weit in den Kreis meiner Auseinandersetzungen ziehen, als es sich um die nächste Beziehung zum Vorderarm und Unterschenkel handelt.

### I.

Inbezug auf den Becken- und Schultergürtel begnüge ich mich mit dem Hinweis, dass unzweifelhaft Hart- und Weichteile dieser Körperteile homolog sind: auf eine Homologie der einzelnen Teilstücke lasse ich mich hier nicht ein.

Jeder Gliedmaße, der vorderen wie der hinteren, liegt bekanntlich eine gegliederte Knochensäule zu Grunde, d. h. jedes Glied zerfällt in einzelne Abschnitte, die durch Gelenke beweglich mit einander verbunden sind. Dabei ist daran zu erinnern, dass die Knochensäule im proximalen Teile der Glieder einfach ist, dagegen im distalen Teile in nebeneinander liegende kleine Stücke zerfällt,

Vergleichen wir nun das Knochen-Skelett der vordern und hintern Gliedmaßen mit einander, so ist die Aehnlichkeit beider beim ersten Anblick grade mit Rücksicht auf die proximal einfache, distal geteilte Knochensäule sehr auffallend, insbesondere, wenn wir die einzelnen isolierten Knochen betrachten. Es sind einander gleich: Humerus und Femur, Radius und Tibia, Ulna und Fibula, die Knochen der Handwurzel und die der Fußwurzel, die Metacarpalia und die Metatarsalia, die Fingerknochen der Hand und des Fußes.

Nehmen wir aber zum Vergleich das Knochen-Skelett der vordern und hintern Gliedmaßen in der natürlichen geknickten Stellung, so tritt ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Gliedmaßen hervor.

Jede Extremität ist (bei Säugern) mindestens zwei Mal geknickt, aber die Knickungen sind bei der vordern und der hintern Extremität nicht die gleichen. Die stärkste und auffallendste Knickung ist proximal gelegen. Jede der Extremitäten, die vordere wie die hintere, hat ihre charakteristische Knickung. Die vordere Gliedmaße zeigt einen nach vorn offenen Winkel; der Scheitelpunkt des Winkels (der Ellbogen) sieht nach hinten. Die hintere Gliedmaße zeigt einen nach hinten offenen Winkel, der Scheitelpunkt des Winkels (das Knie) sieht nach vorn. Die Scheitelpunkte der Knickungswinkel sind demnach einander gegenübergestellt. Die Knickungen (Winkelbildungen) im distalen Abschnitt, zwischen Vorderarm und Hand, zwischen Unterschenkel und Fuß, zeigen keine erwähnenswerten Unterschiede.

Ich lasse eine Erörterung der Frage nach der Bedeutung der Knickungen bei Seite; ebenso finde ich hier keine Veranlassung, die Frage zu erörtern, warum das Ellbogengelenk nach hinten, das Kniegelenk nach vorn gerichtet ist. Dass aber trotz dieser entgegengesetzten Richtung der Winkel das Ellbogengelenk (*Art. cubiti*) und das Kniegelenk (*Art. genu*) homolog sind, unterliegt keinem Zweifel.

Ueber die Homologie der die genannten Gelenke zusammensetzenden knöchernen Teile sind die Forscher heute einig: der Humerus und der Femur, der Radius und die Tibia, die Ulna und die Fibula sind homolog. Aber wie sind die Weichteile, insonderheit die des Oberarms und des Oberschenkels, zu homologisieren?

Inbetreff der Weichteile des Oberarms und des Oberschenkels ist nun heute in der wissenschaftlichen Welt eine Ansicht geltend, die ich nicht anzuerkennen im Stande bin. Man meint nämlich, dass alle Extensoren der vordern Extremitäten allen Extensoren der hintern Extremitäten und alle Flexoren ebenso allen Flexoren zu vergleichen sind. Infolge dessen homologisiert man die Weichteile der Streckseite des Oberarms und die der Streckseite des Oberschenkels, sowie die Weichteile der Beugeseite des Oberarms und die des Oberschenkels. Dadurch homologisiert man beim Menschen solche Teile, die an der obern Extremität vorn liegen, mit solchen Teilen, die an der untern Extremität hinten liegen. —

Gegen diese Ansicht insbesondere richtet sich die vorliegende Abhandlung.

Um die gegenwärtig gültige Anschauung darzulegen, gebe ich hier die Ansicht zweier Embryologen, Kölliker und Hertwig, mit ihren eigenen Worten wieder.

Bei Kölliker (Entwicklungsgeschichte des Menschen, 2. Auflage, Leipzig 1879, S. 487, § 34, Entwicklung des Skelettes des Glieder) heißt es: „Zur Zeit, wo die Extremitäten in den ersten Spuren sichtbar sind, stellen dieselben wesentlich gleich beschaffene kurze Stummelchen dar, welche seitlich vom Rumpfe abstehen und, wie die späteren Zustände lehren, ihre Streckseite dorsalwärts und die spätere Radial- (Tibial-) Seite kopfwärts gerichtet oder am proximalen Rande zeigen. Mit zunehmendem Wachstum legen sich die Glieder immer mehr ventralwärts dem Leibe an und stellen sich auch nach und nach etwas schief nach hinten, so jedoch, dass die vordere Extremität stärker geneigt ist als die hintere Gliedmaße. Gleichzeitig tritt nun auch die erste Gliederung auf, indem Hand und Fuß von der übrigen Gliedmaße sich abtrennen. Nicht viel später erscheint dann auch an dem noch sehr kurzen Anfangsteile der eigentlichen Gliedmaße die erste Andeutung einer Scheidung in zwei Abschnitte dadurch, dass am Arm der Ellbogen als eine nach hinten gerichtete Konvexität und am Bein das Knie als eine leichte Wölbung nach vorn auftritt. — Mit diesem bereits im zweiten Monat auftretenden Unterschied, der immer ausgesprochener wird, ist die wichtigste Verschiedenheit beider Glieder angelegt, und man kann dieselbe mit Humphry (1876) auch so ausdrücken, dass man sagt, die vordere Extremität rotiere aus ihrer primitiven lateralen Stellung allmählich um ihre Längsaxe nach der distalen Seite, während bei der hintern Gliedmaße das Umgekehrte stattfindet, was dann die weitere Folge nach sich zieht, dass die Streckseite am Arm an die distale, am Bein an die proximale Seite zu liegen kommt. Die eigentlichen Ursachen, welche die verschiedene Drehung der beiden Glieder bedingen, sind amnoch ganz unklar. — Sei dem wie ihm wolle, so geht aus dem Gesagten auf jeden Fall so viel mit Sicherheit hervor, dass ursprünglich Arm und Bein genau dieselbe Stellung haben, und dass die Momente, welche die spätere verschiedene Lagerung und Krümmung derselben bewirken, schon in der frühesten Fötalzeit an beiden Gliedmaßen wirksam sind. Man wird daher der Drehung des Arms nach der distalen Seite die des Beins nach der proximalen Seite entgegensetzen haben, und außerdem auch die früh eintretende Pronation der Hand ins Auge fassen müssen, um ein Verständnis der bleibenden Verhältnisse zu gewinnen“. Anders ausgedrückt müssen die Homologien der beiden Extremitäten nach ihrer frühesten fötalen Stellung bestimmt werden, und es sind daher alle Extensorengruppen einander gleichwertig und ebenso alle Flexorenabteilungen, sowie Radius und Tibia und Ulna und Fibula.

O. Hertwig (Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen, 4. Auflage, Jena 1893, S. 563) schreibt: „Bei ihrer Vergrößerung legen „sich die Gliedmaßen der Bauchfläche des Embryo an und sind dabei „schräg von vorn nach hinten gerichtet, und zwar die vorderen Glied- „maßen mehr als die hinteren. Bei beiden liegt ursprünglich „die spätere Streckseite dorsal, die Beugeseite ventral. „Sowohl der radiale wie der tibiale Rand mit dem Daumen und der „großen Zehe sind kopfwärts, und der fünfte Finger und die fünfte „Zehe sind schwanzwärts gerichtet“. — Und dann: „Im weiteren Fort- „gang der Entwicklung verändern die beiden Gliedmaßen ihre Aus- „gangsstellung, und zwar die vordere in höherem Grade als die hintere, „indem sie sich um ihre Längsaxe in entgegengesetzter „Richtung drehen. Auf diese Weise kommt am Oberarm die „Streckseite nach hinten, am Oberschenkel nach vorn zu „liegen, Radius und Daumen sind jetzt lateralwärts, Tibia und große „Zehe medianwärts gelagert. Diese Lagenveränderungen durch Drehung „sind bei Bestimmung der Homologien von vorderer und hinterer Extremi- „täten naturgemäß in Rechnung zu bringen, so dass Radius und Tibia, „Ulna und Fibula einander entsprechen“.

Ich vermag diesen Ansichten nicht beizustimmen. Ich finde keine Veranlassung anzunehmen, dass alle Extensoren den Extensoren und alle Flexoren den Flexoren gleichwertig sind. Es ist dies eine Behauptung, die nicht bewiesen ist. Man hat aber diesen Satz stillschweigend als richtig anerkannt, um zu erklären, dass am Oberarm die Flexoren vorn, die Extensoren hinten, am Oberschenkel umgekehrt die Flexoren hinten und die Extensoren vorn liegen. Um diese auffallende Thatsache zu erklären, verfiel man auf die Theorie der Drehung (Rotation) der Gliedmaßen. Man stellte die Hypothese auf, dass der Oberarm allein gedreht sei (Martins, Nouvelle Comparaison des membres, Ann. des Sciences naturelles, Serie IV, Tom. 8, 1857; Gegenbaur, Ueber die Drehung des Humerus Jena'sche Zeitschrift, IV. Bd., Nr. 68, S. 50) oder, dass beide Extremitäten aber in entgegengesetzter Richtung sich um ihre Längsaxe gedreht hätten. Zu den Anhängern dieser zweiten Theorie gehören außer den oben zitierten Kölliker und Hertwig, noch Hatschek, Humphry u. a.

Meiner Ansicht nach bedarf es zur Homologisierung der Weichteile des Oberarms, wie des Oberschenkels nicht der Theorie der Drehung, weder der Drehung einer einzigen, noch der Drehung beider Gliedmaßen. Die Drehung der Gliedmaßen um ihre Längsaxe ist eine nicht bewiesene Hypothese. Die Gliedmaßen drehen sich während ihrer Entwicklung nicht um ihre Längsaxe. —

Gegen die Theorie der Drehung des Humerus, wie sie Martins und später Gegenbaur lehrten, haben sich verschiedene Autoren ausgesprochen: nächst Lucae, Schmid und andere, insbesondere Albrecht (Beitrag zur Torsions-Theorie des Humerus.

Kiel 1876). Gegen die Theorie der Drehung beider Extremitäten hat sich neuerdings Holl eingehend erklärt (Holl, Ueber die Entwicklung der Stellung der Gliedmaßen des Menschen. Wien 1891. Sitzungsberichte der k. Akad. der Wissenschaften, Math.-nat. Klasse). Holl verwirft die Theorie der Drehung vollständig. Ich pflichte den klaren Auseinandersetzungen Holl's vollständig bei. Eine Homologisierung der Weichteile der Gliedmaßen gibt Holl nicht; ich kann mich daher damit begnügen, ihn als Gegner aller Drehungstheorien anzuführen.

Ich vergegenwärtige mir einen frühen Zustand der Extremitäten: ich kann mir die Extremitäten als längliche, seitlich vom Leibe abstehende Platten vorstellen, die eine dorsale und ventrale Fläche, einen kranialen (proximalen, Kölliker) und kaudalen (distalen, Köll.) Rand unterscheiden lassen. Es ist hiernach durchaus selbstverständlich, dass die dorsalen Weichteile der vordern Extremitätenplatte den dorsalen Weichteilen der hintern Extremitätenplatte, wie die ventralen Weichteile den ventralen homolog sind.

Während der weiteren Entwicklung verändern die ursprünglich seitlich vom Leib abstehenden Gliedmaßen ganz unzweifelhaft ihre Stellung. Holl schildert die Veränderung der Stellung der Gliedmaßen des Menschen ausführlich, wobei er ausdrücklich eine Drehung um die Längsaxe ausschließt.

Die ursprünglich seitlich vom Leib abstehenden Gliedmaßen werden im Laufe der Entwicklung adduziert, d. h. an den Leib herangezogen. Wir können diese Veränderung der Stellung an unserm eigenen Körper leicht wiederholen, wenn wir, stehend oder auf dem Rücken liegend, die gespreizten Arme an den Leib ziehen und die Beine an einander schließen. Dabei bleiben selbstverständlich die dorsalen Flächen der Extremitäten-Platten dorsal, die ventralen ventral; sie haben ihre Lage nicht verändert, sondern nur ihre Stellung. Eine weitere Veränderung der Stellung tritt ein, sobald ein Säugetier sich auf die vier Extremitäten stellt, oder sobald der Mensch auf Händen und Füßen, auf allen Vieren, steht oder geht. Es haben die Extremitäten dabei eine Bewegung um eine frontale Axe, eine Beugung gemacht. Freilich richtet sich jetzt die dorsale Fläche der Gliedmaßen nach hinten (kaudalwärts), die ventrale Fläche nach vorn (kranialwärts), allein die Fläche selbst, wie die in den Gliedmaßen befindlichen Weichteile, haben ihre Lage zu einander nicht verändert, sondern nur ihre Stellung zum Skelett, zum Körper; die Beziehung der dorsalen und ventralen Weichteile in beiden Extremitäten hat sich nicht geändert.

Ich fasse das Gesagte nochmals kurz zusammen: Die sich entwickelnden Gliedmaßen werden an den Leib herangezogen (adduziert) und machen später eine Bewegung um eine frontale Axe (Flexion), aber keine Drehung um ihre Längsaxe (Rotation).

Hiernach ist die an Oberarm vorn befindliche Muskelmasse (biceps

brachii, coraco-brachialis, brachialis internus) homolog der am Oberschenkel vorn befindlichen Muskelmasse (extensor cruris quadriceps etc.); beide Gruppen sind ursprünglich ventral und deshalb homolog. Die am Oberarm hinten liegende Muskelgruppe (triceps brachii) und die am Oberschenkel hinten liegende Muskelgruppe (biceps femoris etc.) sind ursprünglich dorsal und deshalb homolog.

Freilich erscheinen bei dieser Betrachtungsweise nicht die Extensoren den Extensoren und die Flexoren den Flexoren homolog, sondern grade umgekehrt: Die Flexoren des Oberarms und die Extensoren des Oberschenkels, und die Extensoren des Oberarms und die Flexoren des Oberschenkels sollen einander homolog sein — damit ständen wir abermals vor einer auffallenden Thatsache.

Warum soll denn aber diese Homologie nicht richtig sein? Warum müssen denn alle Extensoren und alle Flexoren durchaus homolog sein? Warum können denn nicht ebenso gut die Extensoren einer Gliedmaße den Flexoren der andern Gliedmaße und umgekehrt homolog sein? Die Bezeichnung Extension und Flexion ist doch nur von der Funktion der Muskeln, von ihrer Thätigkeit, hergenommen, und was hat das mit der morphologischen Stellung der Muskeln zu thun? Seit wann ist denn die Funktion eines Organs entscheidend für die Homologie?

Die ganz willkürlich gegebene Bezeichnung der Muskeln als Extensoren und Flexoren ist nicht einmal ganz richtig, d. h. trifft nicht einmal für alle so bezeichneten Muskeln zu.

Ich erinnere an die Auseinandersetzungen und Erwägungen H. Meyer's inbetreff des Handgelenks — ich erinnere an seinen vielfach angenommenen Vorschlag, von einer dorsalen und einer volaren Flexion zu reden, ferner an seine Auffassung einer Strecklage der Extremität u. dergl.

Übertrage ich Meyer's Anschauungen, die ich für durchaus richtig halte, auf das Ellbogen- und Kniegelenk der Gliedmaßen, so ergibt sich dabei folgendes: Die vordern und hintern Gliedmaßen sind Platten; die Platten gliedern sich, d. h. es tritt ein Gelenk auf. In Folge des Gelenks ist eine Bewegung möglich, und zwar unter der Voraussetzung eines (freien) Zylindergelenks sowohl eine dorsale als auch ventrale Biegung. Die ventral gelegenen Muskeln machen eine ventrale Flexion, die dorsalen Muskeln eine dorsale Flexion möglich; sie können als Flexoren aufgefasst werden. Besondere Extensoren sind nicht nötig, sind vollkommen überflüssig, denn sowohl die ventralen als die dorsalen Muskeln sind im Stande, die gebeugten Teile der Gliedmaßen in die Strecklage zu bringen — zu strecken.

Man kann sich nun leicht vorstellen, dass vielleicht auf einer sehr frühen Entwicklungsstufe der Wirbeltiere wirklich eine solche freie Bewegung, dorsale und ventrale Flexion möglich gewesen ist. Nun hat sich aber im Laufe der Zeit eine Veränderung herausgebildet —

das Resultat ist: die ursprünglich freie Bewegung ist beschränkt, aus dem freien Winkelgelenk ist ein beschränktes geworden. Die vordere Extremität hat die dorsale Beugung im Ellbogengelenk eingebüßt und kann nur ventral gebeugt werden. Die hintere Extremität hat die ventrale Beugung im Kniegelenk eingebüßt und kann nur dorsal gebeugt werden. In Folge dessen erscheinen beide Extremitäten geknickt; die vordere Extremität bildet einen nach vorn offenen Winkel, die hintere Extremität bildet einen nach hinten offenen Winkel. Eine Streckung — Hinüberführen in die Strecklage — ist nicht immer möglich.

Auf eine Erörterung der Ursachen, auf die Umstände, die eine solche Umwandlung der Gelenke und damit der Thätigkeit der Muskeln hervorrufen, gehe ich nicht ein. Ich begnüge mich darauf hinzuweisen, dass die vordere Extremität in Folge der Veränderung sich zu einem Greif-Organ, die hintere Extremität dagegen sich zu einer Stütze, resp. einem Geh-Organ umgebildet hat (vergl. Wiedersheim, Vergleichende Anatomie, 2. Aufl., Jena 1886, S. 221).

Sind nun durch diese Veränderung die Muskeln andere geworden? Sind durch die Beschränkung der Bewegung der Gelenke die Muskeln in ihrer Lage und Stellung verändert? Haben die Knochen ihre Lage verändert? Sind dadurch, dass an der vorderen Extremität die ventralen Muskeln das Uebergewicht über die dorsalen, an der hinteren Extremität die dorsalen Muskeln das Uebergewicht über die ventralen gewonnen haben, sind dadurch die Muskeln selbst andere geworden? Keineswegs. — Dass wir nun, mit Rücksicht auf die veränderte Bewegung und die dadurch herbeigeführte veränderte Stellung an der vordern Extremität die ventralen Muskeln als Flexoren und die dorsalen Muskeln als Extensoren bezeichnen, an der hintern Extremität umgekehrt die ventralen Muskeln als Extensoren und die dorsalen Muskeln als Flexoren, was hat dies mit der morphologischen Bedeutung der Muskeln zu thun? Es sind doch die dorsalen Muskeln dorsal und die ventralen Muskeln ventral geblieben, warum sollen sie nun nicht mehr homolog sein? Wegen der veränderten Thätigkeit doch gewiss nicht — die Bezeichnung Extensoren und Flexoren ist der Thätigkeit der Muskeln angepasst. Was hat die Thätigkeit der Muskeln mit der morphologischen Bedeutung der Muskeln, mit der Homologie zu schaffen?

Ich muss offen gestehen, dass meiner Ueberzeugung nach die Bezeichnung Extensoren und Flexoren zu der heutigen Auffassung der Gelenk- und Muskelbewegung nicht passt; es wäre zweckmäßig, diese Bezeichnungen durch andere zu ersetzen, weil sich beim Gebrauch derselben nur Widersprüche ergeben. Ich erinnere an folgendes: An der vordern (oberen) Extremität nennen wir diejenigen Muskeln, die die Hand aus der Strecklage herausbringen, d. h. dorsalwärts beugen, Extensoren, und diejenigen Muskeln, welche die dorsal gebeugte Hand in die Strecklage bringen, d. h. strecken, nennen wir Flexoren;

danach heißt es die Flexoren oder Beuger strecken die Hand. Sind das keine Widersprüche? Noch ärger sind diese Widersprüche, wenn wir die Bewegung des Fußes im Tibia-Tarsal-Gelenk heranziehen. Hier nennen wir diejenigen Muskeln, die den bereits dorsal flektierten Fuß noch mehr dorsal beugen — Extensoren.

Es wäre wohl zeitgemäß, derartige Bezeichnungen fallen zu lassen — sie sind nicht mehr lebensfähig, sie stammen aus einer Zeit, in welcher man an die sich daran anschließenden Konsequenzen nicht im Entferntesten dachte.

Ich bin fest überzeugt, dass, wenn diese Bezeichnung der Extensoren und Flexoren nicht existierte, niemand auf die Idee gekommen wäre, alle Extensoren und alle Flexoren für gleichwertig zu halten. Niemand wäre auf die sonderbare Idee verfallen, den Humerus sich drehen zu lassen, um zu erklären, dass die Extensoren des Humerus des Menschen hinten liegen und die Extensoren des Femur des Menschen vorn.

Ich behaupte daher, nicht die Extensoren des Oberarms und die des Oberschenkels, und nicht die Flexoren des Oberarms und die des Oberschenkels sind einander gleichwertig, „homolog“, sondern die dorsalen Muskeln des Oberarms sind den dorsalen Muskeln des Oberschenkels, und die ventralen Muskeln des Oberarms und die ventralen Muskeln des Oberschenkels sind homolog, ganz einerlei, ob diese Muskeln Extensoren oder Flexoren heißen. Und darüber, welche Muskeln für ventral und welche für dorsal zu erklären sind, kann die Ansicht doch nicht zweifelhaft sein.

Zu demselben Resultat, dass die Flexoren des Oberarms den Extensoren des Oberschenkels, und umgekehrt die Extensoren des Oberarms den Flexoren des Oberschenkels zu vergleichen sind, ist Albrecht (l. c.) auch gekommen.

Das Resultat meiner Auseinandersetzung ist: Die Annahme, dass der Oberarm allein, oder dass der Oberarm und der Oberschenkel sich während der Entwicklung um ihre Längsaxe gedreht haben, ist nicht erwiesen; die Annahme ist auch überflüssig, weil ohne dieselbe eine Homologie der Weichteile durchführbar ist.

## II.

Ich wende mich nun zur Betrachtung des zweiten (distalen) Abschnittes der Gliedmaßen, zur Betrachtung des Vorderarms nebst Hand und des Unterschenkels nebst Fuß.

Inwieweit sind die genannten Abschnitte, Knochen und Weichteile, mit einander zu vergleichen?

Nach den heutigen Anschauungen ist der Radius mit der Tibia, die Ulna mit der Fibula zu vergleichen — alle andern Vergleiche sind mit Recht verlassen worden. Hierbei ist es auffallend, dass bei derjenigen Stellung, die man der anatomischen Beschreibung der Extremi-

täten zu Grunde legt, an der vordern Extremität der Radius kranialwärts und die Ulna kaudalwärts gelegen ist, während an der hintern Extremität umgekehrt die Tibia kranialwärts und die Fibula kaudalwärts liegt. Gewöhnlich wird dieser Unterschied anders ausgedrückt, indem man sagt: der Radius liegt außen (lateral), die Ulna liegt nach innen (medial) und umgekehrt: die Fibula liegt außen (lateral), die Tibia innen (medial). Es hängt dieser Ausdruck natürlich von der Stellung ab, die man den Extremitäten gibt. Im Uebrigen bleibt der Unterschied bestehen. Noch auffällender wird dieser Unterschied, wenn man die bezüglichen Weichteile in Betracht nimmt. Es hat das dahin geführt, dass trotz der sicher gestellten Homologie des Radius und der Tibia, doch der die entsprechenden Muskeln versorgende Nervenstamm am Arm den Namen Radialis, am Schenkel den Namen Peroneus erhalten hat.

Wie ist dieser auffallende Unterschied zu erklären? Dadurch, dass die betreffenden Abschnitte, Vorderarm und Unterschenkel, sich nicht in gleicher Stellung befinden. Der Vorderarm ist supinirt, der Unterschenkel ist pronirt. Um einen richtigen Vergleich vornehmen zu können, müssen beide Körperteile in derselben Stellung sich befinden; sie müssen beide pronirt sein. Dem pronirten Vorderarm ist der pronirte Unterschenkel zu vergleichen.

Ursprünglich, so können wir uns vorstellen, haben in den Gliedmaßen-Platten der Radius sowie die Tibia kranialwärts (lateral), die Ulna, sowie die Fibula kaudalwärts (medial) gelegen. Im Laufe der Entwicklung hat sich in der vordern Extremität der Radius um die Ulna gedreht, so dass die beiden Knochen eine gekreuzte Lage haben. Der Vorderarm ist pronirt. Diese pronirte Stellung des Vorderarms ist als die natürliche anzusehen; doch kann der Radius wieder in seine frühere Stellung zurückgelangen — der Vorderarm kann supinirt werden. Für die vordere Extremität ist diese veränderte Stellung längst anerkannt.

An der hintern Extremität ist die Lagen-Veränderung freilich nicht beobachtet, aber sie muss vorausgesetzt werden. Es hat auch hier früher die Tibia kranialwärts (lateral) und die Fibula kaudalwärts (medial) gelegen; es hat sich dann die Tibia um die Fibula gedreht, so dass ihre Lage nun eine gekreuzte geworden ist. Der Unterschenkel befindet sich in pronirter Stellung. Allein die Tibia hat nicht — wie der Radius — die Fähigkeit erworben, sich wieder in die andere Stellung zurück zu begeben, oder die Fibula hat die Fähigkeit nie gehabt; der Unterschenkel kann nicht supinirt werden.

Die Homologie des Vorderarms und des Unterschenkels kann nur dann mit Erfolg durchgeführt werden, wenn der pronirte Vorderarm zum Vergleich herangezogen wird.

Ich schalte hier einige Sätze aus der bereits oben zitierten Abhandlung Holl's ein, weil ich Holl für denjenigen Autor halte, der

jene Behauptung zum ersten Mal präcis aufgestellt und begründet hat. Holl schreibt (l. c. S. 16): „Es ist richtig, dass für die Homologie der obern und untern Extremitäten beim Menschen nur das störend eintritt, dass bei supinirten Vorderarm Radius außen, Ulna innen u. s. w. zu liegen kommt, während die homologen Gebilde der untern Extremität entgegengesetzt, Tibia innen, Fibula außen zu liegen kommen, und dass, bevor noch Hatschek mit seiner Ansicht auftrat, die Martins-Gegenbauer'sche Theorie von der Drehung des Humerus die Schwierigkeiten beseitigte. Das gilt aber nur für den Menschen, denn bei den übrigen Säugetieren befinden sich ja die Knochen der vordern und hintern Extremität, wenn man von der entgegengesetzten Stellung des Ellbogen- und Kniegelenks absieht, in gleicher Stellung. — Für die Vierfüßler konnte daher die Drehungstheorie nie Geltung besitzen. „So viel mir bekannt“ — schreibt Holl weiter — „und wie auch aus der Lehre der Theorie hervorgeht, wurde die obere Extremität immer in der Supinationsstellung des Vorderarms zum Vergleich herangezogen und betont, in dieser Stellung sei eine Homologisierung unmöglich, denn die Tibia liege innen und die Fibula außen, und beim Vorderarm sei es mit den unzweifelhaft homologen Gebilden, dem Radius und der Ulna, gerade verkehrt. — Es sei gestattet anzuführen, dass die Voraussetzung, die Tibia liege innen und die Fibula nach außen, auch nicht richtig ist. Ein aufmerksamer Blick auf den Unterschenkel eines Menschen- oder Säugetier-Skeletts lehrt, dass die Axen beider Knochen nicht parallel sind, sondern sich kreuzen; das obere Ende der Fibula liegt nicht außen, sondern außen und hinten an dem obern Ende der Tibia; auch das untere Ende der Fibula liegt nicht streng nach außen vom untern Ende der Tibia, sondern gering hinten und außen. Kurz gesagt, die Unterschenkelknochen befindet sich in einer Pronationsstellung“. — Und weiter S. 17 heißt es: „Die Supinationsstellung des Vorderarms (beim Menschen) ist eine erzwungene Lage, und als solche ist sie von vornherein für die Homologisierung der Extremitäten nicht zu verwenden. Die natürliche Lage ist die Pronationsstellung, und betrachtet man diese, so zeigt sich, dass die Gegensätze zwischen Unterschenkel und Fuß einerseits, Vorderarm und Hand anderseits, bedeutend schwächer werden; die Vorderarm-Knochen kommen in eine ähnliche Lage zu liegen wie die des Unterschenkels, und der Daumen nähert sich in seiner Lage bedeutend der der großen Zehe“. —

Und schließlich S. 48: „Aus alle dem geht hervor, dass während des embryonalen Lebens an der obern Extremität eine Pronationsstellung des Vorderarms und der Hand sich entwickelt, während an der untern Extremität eine bleibende Pronationsstellung der Unterschenkelknochen und eine Supination des Fußes zu Stande gebracht wird“.

Ich befinde mich mit den Ansichten Holl's in vollkommener Uebereinstimmung.

Ich muss hiernach das oben gegebene Resultat etwas erweitern. Die ursprünglich seitlich vom Leib abstehenden Gliedmaßen der Embryonen werden zuerst im Schulter- und Hüftgelenk adduziert, d. h. um eine sagittale Axe bewegt. (Dazu kommt später bei Säugetieren eine Beugung, eine Bewegung um eine frontale Axe.) Dann tritt eine Beugung (Flexion) im Ellenbogen und im Kniegelenk ein, aber in entgegengesetzter Richtung, bei der vordern Extremität nach vorn, bei der hintern nach hinten. Gleichzeitig findet eine Pronation der Vorderarme und der Unterschenkel statt, indem sich der Radius um die Ulna, die Tibia um die Fibula dreht. Der Vorderarm behält die Fähigkeit, in die Supinationsstellung zurückzugehen, der Unterschenkel behält die Fähigkeit nicht; er bleibt in pronirter Stellung.

Was schließlich den Vergleich und die Homologisierung der Hand und des Fußes betrifft, so lässt sich darüber folgendes sagen: Die Gliederung zwischen Vordern und Hand ist eine freiere als die zwischen Unterschenkel und Fuß. An der Hand kann sowohl eine dorsale als auch ventrale (beim Menschen volare) Flexion ausgeführt werden; in Folge dessen kann die Hand auch eine Strecklage einnehmen. In dem Gelenk zwischen Unterschenkel und Fuß ist weder eine Strecklage noch eine ventrale Beugung möglich: der Fuß ist dorsalwärts flektiert, und nur diese Flexion kann etwas vermehrt werden; eine dorsale Flexion ist ausführbar.

Es befindet sich demnach der Unterschenkel in fester pronirter Stellung und der Fuß ist dorsal flektiert. Will man daher die obere (vordere) Extremität des Menschen zum Zweck einer Homologisierung mit der untern (hintern) Extremität vergleichen, so muss man der obern Extremität (des Menschen) die gleiche Stellung geben, wie die untere sie bereits hat: der Vorderarm muss pronirt und die Hand muss dorsalwärts flektiert werden. Es geschieht dies, wenn der lebende Mensch auf allen Vieren geht, wie die Säugetiere. Hott sagt (l. c. S. 20): „Will man die Extremitäten des Menschen in Einklang bringen „mit denen der Vierfüßler, so ist das erste Erfordernis, dass auch der „Mensch in vierfüßiger Stellung betrachtet werde; aber nicht einfach „in der Weise, dass man ein künstlich gefasstes Skelett auf den vier „Extremitäten zum Stehen bringt, sondern in der Weise, dass der „Lebende den Gang auf Vieren einschlägt. Nach der Lagerung der „Knochen bei diesem kann dann ein Skelett entsprechend hergestellt „werden. In der vierfüßigen Stellung des Menschen gehen die Extre- „mitäten solche Lageänderungen ein, dass ihre Homologie mit denen „der Vierfüßler unschwer durchzuführen ist“.

Die primitiven Gliedmaßen sind als Platten anzusehen, die anfänglich seitlich vom Körper abstehen; man muss an ihnen eine dorsale und eine ventrale Fläche unterscheiden. Im weiteren Verlauf der Entwicklung werden die Gliedmaßen an den Leib angezogen, adduziert, wobei eine Veränderung in der Lage der dorsalen und

ventralen Fläche nicht eintritt. Eine Drehung um die Längsaxe der Gliedmaßen findet nicht statt. — Die Extremitäten gliedern sich in 3 Abschnitte, den Oberarm und Oberschenkel, Vorderarm und Unterschenkel, Hand und Fuß. Oberarm und Vorderarm bilden mit einander einen ventralwärts (beim Menschen nach vorn) offenen Winkel (Ellbogengelenk). Oberschenkel und Unterschenkel bilden einen dorsalwärts (beim Menschen nach hinten) offenen Winkel (Kniegelenk). Weder der Oberarm noch der Oberschenkel verändern ihre Lage; in Folge dessen wird am Oberarm die ventrale Fläche zur Beugefläche und die dorsale Fläche zur Streckfläche; umgekehrt wird am Oberschenkel die ventrale Fläche zur Streckfläche und die dorsale zur Beugefläche. Vorderarm und Unterschenkel verändern ihre Lage; sie nehmen eine Pronationsstellung ein, d. h. der Radius dreht sich um die Ulna, die Tibia um die Fibula, so dass die Knochen gekreuzt liegen, dadurch kommt sowohl am Vorderarm wie am Unterschenkel die ursprünglich dorsale Fläche nach vorn, die ventrale Fläche nach hinten. Die Gliederung zwischen Vorderarm und Hand ist frei, die Hand kann sich sowohl dorsalwärts wie ventralwärts dem Vorderarm nähern (beugen). Der Sprachgebrauch bezeichnet die dorsalen Muskeln als Extensoren, die ventralen als Flexoren, ein bestimmter Grund für diese Bezeichnung liegt nicht vor. Die Gliederung zwischen Unterschenkel und Fuß ist nicht frei sondern beschränkt; der Fuß kann sich nur dorsalwärts dem Unterschenkel nähern (beugen); der anatomische Sprachgebrauch bezeichnet diese Biegung fälschlich als Extension und die betreffenden Muskeln als Extensoren. — Der Fuß kann weder eine Strecklage einnehmen, noch sich ventralwärts dem Unterschenkel nähern. —

### III.

Ich versuche es nun, auf der hier dargelegten allgemeinen Grundlage eine Homologisierung der Weichteile, Muskeln, Nerven und Blutgefäße der Gliedmaßen vorzunehmen. Ich beziehe mich dabei nur auf den Menschen. — Eingehenden vergleichend-anatomischen, sowie embryologischen Studien wird es vorbehalten sein, die Richtigkeit der Behauptungen zu prüfen und für die Einzel-Angaben nähere Begründung zu beschaffen.

Dass der Humerus dem Femur homolog ist, unterliegt keinem Zweifel. Entsprechend den vorangegangenen Auseinandersetzungen sind die Muskeln der Beugefläche des Oberarms homolog den Muskeln der Streckfläche des Oberschenkels, und umgekehrt die Muskeln der Streckfläche des Oberarms homolog den Muskeln der Beugefläche des Oberschenkels.

Wie sind die Muskeln im Einzelnen zu vergleichen? Der *M. biceps brachii* hat zwei Köpfe, in vielen Fällen auch drei; der dritte Kopf entspringt neben dem *Brachialis internus* von der Mitte des Humerus; die Sehne heftet sich an die *Tuberositas radii*. Ich ver-

gleiche den Biceps brachii dem M. extensor cruris quadriceps und dem M. sartorius. Der lange Kopf des Biceps ist homolog dem M. rectus cruris, der kurze Kopf des M. biceps dem M. sartorius. Der dritte Kopf des Biceps entspricht den direkt am Femur herziehenden Vasti; sowie der Biceps am Radius inseriert, so der Quadriceps (und Sartorius) an der Tibia. Die Patella hat kein Homolog am Oberarm, ist sie ein Sehnenknochen, ein sog. Sesambein. Oder aber ist es der M. sartorius bei Seite zu lassen, und die beiden Köpfe des Biceps brachii sind den beiden Ursprungszipfeln der Sehne des Rectus cruris zu vergleichen, der vom Pfannenrande (Tuberositas acetabuli) herkommende Zipfel ist der vom Tuberculum supraglenoidale herziehenden Biceps-Sehne zu vergleichen, und die an der Spina ossis ilei anterior superior entspringende Sehne ist zu vergleichen dem kurzen Kopfe, der vom Processus coracoideus herkommt.

Für den M. brachial. int. finde ich am Oberschenkel keinen homologen Muskel, da kein voru liegender Muskel bis zur Fibula hinzieht. Ihn den Köpfen des Vastus zu homologisieren, ist nicht möglich, da die Vasti an der Tibia, der Brachial. int. aber an der Ulna sein Ende hat.

In anderer Hinsicht bereiten die Adduktoren des Oberschenkels Schwierigkeiten; während hier außer dem Pectineus noch 4 Adduktoren beschrieben werden, finden wir am Oberarm nur einen einzigen Muskel, den M. coraeo-brachial., der durch seine Richtung und seinen Verlauf jenen Muskeln zu vergleichen ist.

An der hintern (dorsalen) Fläche des Oberarms findet sich nur ein großer dreiköpfiger Muskel, M. triceps brachii, der einen von der Scapula und zwei vom Humerus herkommende Köpfe aufweist. An der hintern (dorsalen) Fläche des Oberschenkels finden sich mehrere Muskeln, M. biceps femoris, M. semitendinosus und M. semimembranosus. Der lange Kopf des Biceps gleicht dem langen Kopf des Triceps, beide kommen von den Knochen des Extremitäten-Gürtels; die beiden kurzen Köpfe des Triceps brachii kommen von dem Humerus, wogegen der kurze Kopf des Biceps femoris vom Femur entspringt. Der Triceps setzt sich an das Olecranon ulnae, der Biceps femoris an das Köpfchen der Fibula an. Für den M. semimembranosus und semitendinosus des Oberschenkels finde ich am Oberarm keine homologen Muskeln, es gibt hier keine Muskeln, die vom Schultergürtel zum Radius gehen.

Ich kann mir nicht versagen, darauf hinzuweisen, dass die bisherige Anschauung, sowohl die Flexoren als auch die Extensoren des Oberarms und Oberschenkels zu homologisieren, unüberwindliche Schwierigkeiten findet in der verschiedenen Insertion der Muskel-Sehnen. Man kann doch nicht zwei Muskeln als homolog bezeichnen, die von nicht homologen Knochen inserieren! Der Biceps brachii inseriert am Radius und der Biceps femoris an der Fibula. (Fibula und Radius sind nicht homolog.) Der Triceps brachii inseriert am Olecranon

ulnae, und der *Quadriceps cruris* inseriert an der *Tibia* (*Ulna* und *Tibia* sind nicht homolog); dann müssten *Patella* und *Olecranon ulnae* homolog sein, was ganz unmöglich ist. Das *Olecranon* gehört zur *Ulna* und die *Patella* ist ein Sesambein in der Sehne des *Quadriceps cruris*, der seine Insertion an der *Tibia* hat. —

Am Vorderarm und Unterschenkel sind die dorsalen Muskeln in folgender Weise mit einander zu vergleichen: Die *Musc. extensor carpi radialis longus et brevis* sind dem *M. tibialis anticus*, der *M. ext. carpi ulnaris* dem *Musc. peroneus tertius* zu vergleichen; der *Peroneus tertius* ist eigentlich ein selbständiger Muskel, der (beim Menschen) mit dem *M. extensor digitorum comm. long.* verwachsen ist. Am Vorderarm haben wir einen *M. extensor digitorum comm.* und als abgelöste Teile einen *M. ext. indicis*, *ext. digiti minimi* und zwei *M. extensores pollicis*. Am Unterschenkel haben wir einen *M. extensor digit. comm. longus* und einen *M. extensor hallucis*; für den *M. extensor comm. brevis* besitzt die Hand kein Homologon. —

An der ventralen Fläche (Beugefläche) des Vorderarms sind die Verhältnisse der Muskulatur nicht so einfach, doch lässt sich immerhin auch hier die Homologie des Vorderarms und Unterschenkels nachweisen. Der *M. flexor carpi radialis* ist zu vergleichen mit dem *M. tibialis posticus*, der *M. flexor carpi ulnaris* ist den beiden *M. peronei longus et brevis* gleich zu setzen. —

Die Flexoren der Finger der Hand werden gewöhnlich als *sublimis* und *profundus* unterschieden. Bardeleben hat aufmerksam gemacht, dass es richtiger ist, drei zu unterscheiden, *superficialis*, *sublimis* und *profundus* (Ueber die Hand- und Fuß-Muskeln der Säugetiere. *Anat. Anz.*, V. Jahrg., 1890, Nr. 15, S. 435—444). Er bezeichnet den *Musc. palmaris longus* als *M. flexor digitorum longus superficialis*) und vergleicht ihn mit dem *M. plantaris* des Unterschenkels. Den *M. flexor dig. sublimis* der Hand vergleicht er mit dem *M. flexor dig. longus* des Beins, und den *M. flexor dig. profundus* des Arms mit dem *M. flexor hallucis longus* des Beins. Bardeleben weist mit Recht darauf hin, dass der hochliegende Beuger der Finger am *Radius*, der lange Beuger der Zehen an der *Tibia* ihren Ursprung nehmen, wie der tiefliegende Beuger der Finger an der *Ulna* und der sog. Beuger der großen Zehe an der *Fibula*. Man sollte daher den hochliegenden Beuger am Arm *Flex. radial.* und am Bein *Flex. tibial. digit.* nennen, sowie die beiden andern Muskeln *Flex. ulnaris* und *Flex. fibularis digitorum*. Ich finde diesen Vorschlag sehr annehmbar. — Danach ergibt sich:

| Arm:                                | Bein:  |
|-------------------------------------|--|
| <i>M. palmaris</i>                  | <i>M. plantaris</i>                          |
|                                     | (1. <i>M. flexor digit. superficialis.</i> ) |
| <i>M. flex. dig. radialis.</i>      | <i>M. flex. dig. tibialis.</i>               |
|                                     | (2. <i>M. flex. dig. sublimis.</i> )         |
| <i>M. flex. dig. ulnaris.</i>       | <i>M. flex. digit. fibularis.</i>            |
| (3. <i>M. flex. dig. profundus.</i> | <i>M. flexor hallucis.</i> )                 |

Der Vorder-Arm kann proniert und supiniert werden, daher gibt es *M. pronatores* und *supinatores*; der Unterschenkel kann nicht supiniert werden, daher fehlen diese Muskeln; vielleicht ist jedoch der *M. popliteus* dem *M. pronator* homolog. — Dem *M. gastrocnemius* und dem *M. soleus* des Unterschenkels weiß ich keine Muskeln des Vorderarms zu vergleichen.

Inbetreff der kurzen Fingerbeuger und ihrer Homologie an Fuß und Hand verweise ich auf die oben zitierte Abhandlung Bardelebens.

Ich wende mich nun zur Besprechung der Nervenstämme. Zur Einleitung muss ich an die Arbeiten Paterson's anknüpfen (A. Melvill Paterson, M. D. Professor of Anatomy in University College, Dundee. *The position of the mammalian limb; regarded in the light of the innervation and development. Journal of Anatomy and Physiology, Vol. XXIII, 1889, p. 282—299*). Paterson sieht die Gliedmaßen als Auswüchse der ventralen und lateralen Körperfläche an; infolge dessen kann an jeder Gliedmaße eine dorsale (hintere) und eine ventrale (vordere) Fläche unterschieden werden. Eine Segmentierung ist an diesen Extremitäten-Knospen nicht zu erkennen, trotzdem dieselben mehreren Segmenten des Körpers angehören. Darauf weisen auch die Nerven. Die zu den Gliedmaßen herzutretenden Nervenstämme, die zu einem Plexus vereinigt sind, sind dem ganzen ventralen Aste eines Rückenmarks-Nerven, dem typischen Interkostal-Nerven, zu vergleichen. Jeder Rückenmarksnerv spaltet sich bekanntlich in zwei Aeste, einen dorsalen (hintern) und einen ventralen (vordern); am Thorax heißen diese vorderen Aeste Interkostal-Nerven, und diesen ventralen oder vordern Aesten vergleicht Paterson die zum Plexus sich vereinigenden Nervenäste; er gibt in der oben zitierten Abhandlung sehr klare und übersichtliche Bilder, die seine Anschauungen erläutern sollen. P. Eisler (der Plexus lumbosacralis des Menschen in den *Abh. der naturf. Gesellschaft zu Halle, Bd. XVII, Halle 1892*) stimmt den Ansichten Paterson's bei. Eisler sagt (l. c. S. 95): „Paterson trägt embryologische und vergleichend-anatomische Thatsachen zusammen, um darzulegen, dass man die Plexuswurzeln den ganzen Interkostalnerven gleichsetzen müsse, und das ist auch zweifellos das Richtige“; — und weiter: „So gut gewählt aber Paterson's Beweismaterial ist, kann ich doch seinen Folgerungen nicht zustimmen, denn er sieht die Teilung der Plexuswurzeln in sekundäre dorsale und ventrale Trunci an, wie die Teilung der Interkostal-Nerven in die *Rami perfor. lateralis et anterior*. Nun ist aber der sekundäre dorsale Truncus der Plexusnerven rein dorsaler Natur, der *Ramus perfor. lateralis* des Interkostal-Nerven dagegen spaltet sich stets wieder in einen dorso-lateralen und ventro-lateralen Zweig, deren letzterer rein ventraler Natur ist. So komme ich (d. h. Eisler) zu dem Schlusse, dass der sekundäre dorsale Truncus der Plexusnerven nur dem dorso-

lateralen Zweig einer Ram. perf. lateralis homolog sein kann, der sekundäre ventrale Truncus dagegen dem ventro-lateralen Zweig des Ramus lateralis und dem Ramus perf. anterior natürlich immer einschließlich der zugehörigen Muskeläste. Dann decken sich die Begriffe dorsal und ventral, wie wir sie für die Orientierung am Rumpfe gebrauchen. mit den gleichen Begriffen an den Extremitäten, letztere in ihrer phylogenetischen und ontogenetischen primitiven Stellung betrachtet“. — So weit Eisler.

Ich gebe zum bequemen Verständnis der Differenz folgende Uebersicht:

Jeder Nerv. intercostalis zerfällt in

|                    |                       |        |
|--------------------|-----------------------|--------|
| Paterson           |                       | Eisler |
| Sec. ventr.        | einen Ramus anterior  | }      |
| Truncus des Plexus |                       |        |
| Sec. dorsaler      | einen Ramus lateralis | }      |
| Truncus des Plexus |                       |        |

Abgesehen von dieser Differenz zwischen Paterson und Eisler unterscheiden beide in jedem Plexus dorsale und ventrale Nerven, und das ist für meinen Zweck hier zu verwerthen. Paterson hat ferner darauf hingewiesen, dass die Plexus-Wurzeln, d. h. die zum Plexus zusammentretenden Nervenstämme teilbar und spaltbar sind, dass man sich darauf stützend, sowohl die Nerven der vordern wie der hintern Extremität auf eine dorsale und eine ventrale Schicht des Plexus zurückführen kann. Paterson hat sich insbesondere auf den Plexus ischiadicus bezogen; Eisler hat auch diese Entdeckung Paterson's bestätigt. Trotzdem ist hier noch nicht das letzte Wort gesprochen: weder ist für die vordere Extremität (Plex. brachialis) noch für alle Nerven der hintern Extremität die gesuchte Zurückführung auf die dorsale und ventrale Schicht des Plexus geliefert. Es sind daher die hier gewonnenen Resultate nur mit gewisser Vorsicht zu verwerthen. Weiteren Untersuchungen ist hier noch ein weiterer Spielraum gegeben. Für die hintere Extremität liegen Untersuchungen von Eisler und anderen Autoren vor, für die vordere Extremität liegen — so weit meine Kenntnisse reichen — keine Untersuchungen vor. Einige gelegentliche Präparationen, besonders an Kinderleichen, lieferten mir nicht so schnell Resultate, als ich sie erwartete: um die Spaltbarkeit und Teilbarkeit der Nerven zu untersuchen, müssen die Leichen offenbar sehr sorgfältig vorbereitet sein. Auf diese Untersuchungen kann ich mich daher nicht beziehen. Inbetreff der obern Extremität des Menschen gibt es sehr bemerkenswerte Mitteilungen von Schwalbe (Lehrb. der Neurologie, Erlangen 1881, S. 915 u. 976). In diesen Mitteilungen werden auch dorsale und ventrale Aeste am Plexus unterschieden, allein hier handelt es sich nicht um Zurückführung der Aeste auf eine dorsale und ventrale Schicht der Plexuswurzeln, sondern um ihre Zurückführung auf kraniale (proximale)

und kaudale (distale) Wurzeln. Auch Eisler beschäftigt sich mit der Beantwortung dieser Frage, ein näheres Eingehen in dieser Angelegenheit gehört nicht hierher.

Ist meine oben gegebene Auseinandersetzung richtig, sind am Oberarm die Beugemuskeln die ursprünglich ventral, und die Streckmuskeln die ursprünglich dorsal liegenden, so müssen danach die dazu gehörigen Nerven, sowohl die Muskel-Nerven wie die Haut-Nerven, sich auf eine dorsale resp. ventrale Schicht des Plexus cervicalis inferior zurückführen lassen. — Dass die Nerven des Vorderarms und der Hand gleichfalls in diese Ordnung hineinzuziehen sind, liegt auf der Hand.

Als dorsaler Nerv (Muskel- und Haut-Nerv) ist anzusehen: der N. radialis. Er innerviert den M. triceps und die dorsale Muskelgruppe des Vorderarms mit Einschluss der sog. radial gelegenen Muskeln; mit seinen Hautästen verbreitet er sich in der ganzen dorsalen Ausdehnung der oberen Extremität von der Achselhöhle bis zum Rücken der Hand.

Als ventrale Nerven der oberen Extremität sind anzusehen: N. musculo-cutaneus, N. medianus und ulnaris, N. cutaneus medius und N. cutaneus internus (medialis). Die ventralen Muskeln des Oberarms werden von N. musculo-cutaneus, die ventralen Muskeln des Vorderarms von N. ulnaris und medianus innerviert. Die Haut wird ventral von den beiden Hautästen, dem Hautast des N. musculo-cutaneus, schließlich von den Hautästen des N. ulnaris und medianus versorgt.

Der Beweis, dass die dorsalen Nerven auf eine dorsale Schicht des Plexus, die ventralen Nerven auf eine ventrale Schicht des Plexus zurückzuführen sind, muss noch erbracht werden.

Ich wende mich nun zur untern Extremität. Hier liegen die Verhältnisse anders, insofern hier bereits von Paterson, Eisler und andern der Versuch einer Herleitung der Nerven auf die entsprechende dorsale und ventrale Schicht des Plexus lumbo-sacralis gemacht ist.

In Berücksichtigung der oben gegebenen Auseinandersetzungen über die Anordnung der Muskeln der untern (hintern) Extremität sind die Nervenstämme in folgender Weise zu ordnen.

Als dorsale Nerven sind anzusehen: Ein Teil des N. ischiadicus, insbesondere derjenige Teil des Nerven, der sich als N. peroneus im weiteren Verlauf vom N. ischiadicus ablöst. Bekanntlich ist dieser Teil oft schon am M. pyriformis vom Hauptstamm abgelöst. Der N. ischiadicus innerviert die an der hintern (dorsalen) Fläche des Oberschenkels liegenden Muskeln: M. biceps femoris, M. semitendinosus und M. semimembranosus. Der N. peroneus innerviert die dorsalen Muskeln des Unterschenkels (vordere Muskelgruppe gewöhnlich genannt).

Als dorsale Hautäste sind anzusehen: am Oberschenkel der N. cutaneus posterior, und am Unterschenkel der vom N. peroneus, (N. tibialis anticus) sich ablösende Hautast.

Als ventrale Nerven des Oberschenkels betrachte ich den N. cruralis und den N. obturatorius, deren Aeste sowohl die ventral liegenden Muskeln als die darüber sich ausbreitende Haut innervieren. Als ventraler Nerv des Unterschenkels ist der N. tibialis anzusehen.

Vergleiche ich diese meine Anordnung mit der Uebersicht, die Eisler (l. c. S. 96) gibt, und lege ich der Eisler'schen Tabelle das Schema Paterson's zu Grunde, so finde ich inbetreff des N. obturatorius und N. tibialis Uebereinstimmung, insofern beide als ventrale Aeste bezeichnet werden. In gleicher Weise werden übereinstimmend der N. cut. post. fem. und der N. peronaeus als dorsale Aeste aufgeführt. Ein Differenz finde ich nur inbetreff des N. cruralis, der von Eisler (l. c. S. 96) zu den Ram. dorso-laterales gerechnet wird, während ich geneigt bin, den Nerv als ventral aufzufassen. Der N. cruralis bietet auch sonst Schwierigkeit dar. Eisler (l. c. S. 97) beobachtete einen spiraligen Verlauf der Faserbündel und sagt: „die distale Extremität führt bekanntlich zum Uebergang aus der ursprünglichen, embryonalen Stellung in die definitive, ganz die gleiche Drehung aus, so dass man wohl an eine Abhängigkeit der Torsion der Nerven von der der Extremität denken kann. Die beiden andern großen Nervenstämme des Plexus lumbosacralis zeigen übrigens die gleiche Erscheinung“. Wenn somit alle Nervenstämme diese Torsion zeigen, so wird die Ursache davon doch vielleicht in etwas anderen zu suchen sein, als in der (hypothetischen) Torsion des Oberschenkels um seine Längsaxe. Im Uebrigen verweise ich auf die ausführliche Schilderung, die Eisler von den N. cruralis (l. c. S. 47—50) entwirft; hier spricht Eisler auch davon, dass im Cruralis selbst eine dorsale und eine ventrale Schicht zu unterscheiden sei. Hier müssen weitere Arbeiten eine Lösung der schwebenden Streitfrage schaffen.

Hiernach wären die Nerven der obern und untern Extremität in folgender Weise zu homologisieren. Der N. cruralis und der N. obturatorius sind zu vergleichen mit dem N. musculo-cutaneus nebst den Hautnerven. Der N. ischiadicus ist den vereinigten Nervi radialis, tibialis und medianis zu vergleichen, der N. tibialis den vereinigten N. medianus und ulnaris, der N. plant. int. ist dem N. medianus, dem N. plant. ext., dem N. ulnaris gleich, der N. peronaeus ist dem N. radialis gleichzusetzen. Diese Vergleiche ließen sich wohl noch im Einzelnen weiter durchführen; doch werden die hier gegebenen Andeutungen genügen.

Ich wende mich zum Schlusse zu den Blutgefäßen, und zwar nur zu den Arterien.

Es scheint, dass die großen Blutgefäße der Extremitäten ursprünglich an der ventralen Fläche verlaufen, und dass nur infolge der pronierten Stellung des Vorderarms und des Unterschenkels scheinbar die Arterien ihre Stellung ändern.

Es kann gewiss die Art. brachialis der Art. femoralis homologisiert werden. Freilich hat Hochstetter (Morphologisches Jahrbuch, Bd. 16, S. 300—318, 1890) kürzlich den Beweis geführt, dass die Lagerung der Art. femoralis an der vordern Schenkelfläche nicht die ursprüngliche sei, sondern dass eigentlich die Art. ischiadica die Fortsetzung der Art. iliaca commun. darstelle. Es hätte sich die Art. femoralis aus einer Anastomose herausgebildet. Unter dieser Voraussetzung ließe sich der Vergleich der Art. brachialis mit der Art. femoralis nur dann halten, dass man auch für die Art. brachialis eine ähnliche Entstehung nachweist. Allein derartige Untersuchungen sind für die obere Extremität noch gar nicht angestellt.

Um die Arterien des Vorderarms und Unterschenkels zu vergleichen, halte ich es für angezeigt, einige Worte über das Verhalten der Arterien des Unterschenkels unter Rücksicht auf die Anomalien und Varietäten zu sagen. Es ist nicht gerade das Verhalten der Arterie, das am häufigsten vorkommt, das typische. Zahlreiche Beobachtungen über Varietäten der Unterschenkel-Arterien bei Menschen — über die ich an einem andern Ort ausführlich berichten werde — haben mich darüber belehrt, dass die gewöhnliche Beschreibung des Verlaufs der Arterien am Unterschenkel freilich der Mehrzahl der Fälle entspricht, aber doch nicht das typische Verhalten wiedergibt <sup>1)</sup>.

Das Hauptgefäß des Unterschenkels ist die Art. peronaea, die längs der Fibula am Lig. interosseum von oben herabzieht; unten teilt die Arterie sich in eine Arteria peronaea anterior und posterior. Von der Art. poplitea geht oben die Art. tibialis anterior, die durch das Zwischenknochenland hindurch zu der dorsalen Muskelgruppe sich hin erstreckt, ohne auf den Fuß-Rücken übergehen. Der Art. peronaea anterior durchbricht das Lig. interosseum, gelangt auf den Fuß-Rücken und verbreitet sich daselbst; sie anastomosiert konstant entweder direkt mit der Art. tibialis antica oder durch Vermittlung eines Astes daselbst, der Art. mall. lateralis. Diese Anastomose ist die Ursache, dass die Art. tibialis anterior in der gewöhnlich beschriebenen Weise über den Rücken des Fußes zu den Zehen läuft. Die Art. peronaea posterior tritt in der Fußsohle, zerfällt in eine Art. plantaris lateralis und medialis; sie ersetzt somit die Art. tibialis posterior, die als Nebenast von oben herabzieht, entweder hier aufhört oder mit der Art. peronaea anastomosiert. Diese Anastomose ist die Ursache, warum der gewöhnlichen Beschreibung nach die Art. tibialis weiter unten in die beiden Plantares zerfällt. —

Am Vorderarm ist die Art. interossea communis als das Hauptgefäß anzusehen; sie ist der Art. peronaea zu vergleichen. Die Art. interossea communis (anterior s. interna) entlässt oben eine

1) Zu vergleichen sind Hyrtl, Ueber normale und abnorme Verhältnisse der Schlagadern des Unterschenkels, Wien 1863; Süssdorff, Die Verteilung der Arterien und Nerven von Hand und Fuß der Haussäugetiere, Stuttgart 1889.

Art. interossea posterior externa, die durch das Lig. interosseum auf die Dorsal-Fläche des Vorderarms übergeht, um sich mit dem tiefen Aste des N. radialis in den Muskeln der Streckseite des Vorderarms aufzulösen und endlich in das Rete carpi dorsale überzugehen. Die Art. interossea posterior des Vorderarms ist der Art. tibialis antica zu homologisieren. Die Art. interossea comm. oder ihre Fortsetzung, die Art. interossea interna (anterior) zieht auf dem Lig. interosseum abwärts, gleich der Art. peronea, geht in das Rete carpi volare über, ein Ast durchbricht das Lig. interosseum und geht als Art. perforans inferior in das Rete carpi dorsale über. Die Art. radialis ist der Art. tibialis zu vergleichen. Die Art. radialis zieht dem Radius, die Art. tibialis der Tibia entlang; im untern Ende des Vorderarms tritt die Art. radialis in das Rete carpi volare, anastomosiert hier mit dem Ende der Art. interossea interna und gewinnt dadurch die Möglichkeit, den Hohlhand-Bogen zu bilden, während die Art. interossea sich zurückbildet. Die Art. ulnaris ist nur ein Muskelast der Art. tibialis posterior zu vergleichen.

## Zur Frage des experimentalen Pankreasdiabetes.

### Mitteilung des Prof. **Andrea Capparelli**.

Seit dem Jahre 1890 beschäftigte ich mich mit dem Studium des infolge der Exstirpation der Bauchspeicheldrüse auftretenden Diabetes. Meine erste Mitteilung darüber wurde im Oktober des Jahres 1891 in Rom auf dem Kongresse der inneren Medizin veröffentlicht, wie aus den Akten dieses Kongresses hervorgeht. In dieser meiner ersten Mitteilung gab ich eine Methode an, welche von der zuerst von Martinotti und später von de Dominicis zur Exstirpation des Pankreas angewandten etwas verschieden war, und zwar bestand meine Methode darin, die pankreatische Hülle von der eigentlichen Drüse im Schwanzteile zu trennen, die zentralen Gefäße des Organes zu schonen und so keine Ligaturen, wie sie sonst bei Verletzung des Pankreas notwendig sind, anzuwenden. An den Punkten, an welchen die Hülle nicht erreichbar ist, extrahiert man das Pankreas mit Hilfe von Pinzetten und der Finger in kleinen Bruchstückchen. So habe ich eine weit größere Anzahl von Tieren nach der Operation am Leben erhalten, als die anderen Forscher beobachten konnten. Ich operierte 28 Hunde und nur fünf derselben starben während der ersten vierundzwanzig Stunden und bald nach der Operation, die anderen starben in einem Zeitraum von acht bis fünfundsiebzehn Tagen.

Ich gebrauchte während der Exstirpation keine skrupulöse antiseptische Methode und war zu meinem Bedauern genötigt, die Tiere in wenig sauberen Lokalitäten und mit beschränkter Nahrung zu halten.

Das durch die von mir angewandte Methode erzielte Resultat übertrifft das von Hédou, welcher mit seiner Methode nur 35% der des Pankreas beraubten Tiere hat überleben sehen.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [13](#)

Autor(en)/Author(s): Stieda Ludwig

Artikel/Article: [Ueber die Homologie der Gliedmaßen der Säugetiere und des Menschen. 476-495](#)