

Was die untern Pleuragrenzen anbeht, so fand Verf. zwar in der Norm keine wesentlichen Abweichungen von den geläufigen Angaben, entdeckte aber höchst interessante und wie es scheint nicht so selten hierbei vorkommende Varietäten. Um die Sache gleich zu präzisiren, denke man sich, man wolle an einem auf dem Bauche liegenden Körper mittels eines lateralwärts vor und zugleich parallel der Wirbelsäule bis zum untern Rande der letzten Rippe geführten Haut- und Muskelschnitts eine Niere exstirpiren, so könnte man dabei unvermuteter Weise die Pleurahöhle eröffnet haben und zwar in einer Länge von z. B. 1,6 cm., bei einer Entfernung um etwa 9 cm. von der Medianebene. Dieses gewiss überraschende Ereigniss erklärt sich nach Pansch wie folgt:

In der Norm entspricht allerdings, wie schon z. B. Henle angab, die Umschlagsstelle der Pleura hinten der halben Höhe des vertebralen Endes der zwölften Rippe, zieht von da lateralwärts anfangs horizontal, dann allmählich aufsteigend rechterseits über das laterale Ende des siebenten Rippenknorpels hinweg, linkerseits aber gewöhnlich ein wenig tiefer. Als Varietät dagegen kann zunächst die zwölfte Rippe fehlen oder rudimentär sein; daher die aufwärts folgende irrthümlich für die zwölfte Rippe genommen werden und hiervon abgesehen, wie Verf. schon früher nachwies, zuweilen die Pleura bis zum *Processus transversus* des ersten Lendenwirbels, ja sogar bis zu dessen unterm Rande, also um 2,5 cm. abnormer Weise nach unten sich erstrecken kann. Dass unter den beschriebenen Umständen leicht eine unbeabsichtigte Eröffnung der Pleurahöhle stattfinden könnte, liegt auf der Hand. Um sie zu vermeiden erscheint es vor Allem erforderlich, rechtzeitig die Rippen (am Lebenden) von oben, nicht von unten her, zu zählen.

W. Krause (Göttingen).

Die Mechanik des menschlichen Ganges.

Von

Prof. H. v. Meyer (Zürich).

Die Mechanik des menschlichen Ganges ist eine sehr komplizierte und kann von verschiedenen Gesichtspunkten aus untersucht werden.

Derjenige Gesichtspunkt, welcher am nächsten liegt, ist der, dass man einen gehenden Menschen beobachtet und untersucht, welche Bewegungen derselbe ausführt, wie er das Bein aufsetzt, wie er mit demselben abstößt, welche Schwankungen in vertikaler sowie in horizontaler Richtung durch den Rumpf ausgeführt werden etc.

Der zweite Gesichtspunkt stützt sich auf die Ueberlegung, dass der Gang das Ergebniss des Zusammenwirkens sehr vieler Apparate des Organismus ist, und dass er je nach der Art dieses Zusammenwirkens eine sehr verschiedene Erscheinung bieten muss; — und in

Wirklichkeit finden wir denn auch, dass nicht nur ein jedes Individuum seinen eigentümlichen Gang ebenso sehr besitzt, wie seine eigentümliche Handschrift, sondern dass auch je nach der Stimmung, nach den Kräften, nach dem Einflusse der Kleidung etc. bei demselben Individuum oft innerhalb weniger Schritte die äußere Erscheinungsweise des Ganges sich sehr bedeutend ändern kann, — dass, mit einem Worte, ein Jeder geht, wie er gerade kann oder mag. — Diese Ueberlegung muss zuerst zu der Erkenntniss führen, dass es überhaupt gar keinen typischen Gang geben kann und dass das einzige Typische, was sich in dem Gange der verschiedenen Individuen erkennen lässt, das ist, dass alle sich mit Hilfe der Beine vorwärts bewegen. Sodann aber muss gefunden werden, dass man, um die Erscheinungsweise des Ganges richtig zu verstehen, die einzelnen Mechanismen, aus welchen sich derselbe zusammensetzt, genauer untersuchen muss, wodurch allein der Schlüssel zu allen verschiedenen Gangarten sich gewinnen lässt.

Wählen wir zum Vergleich dieser beiden Gesichtspunkte die Bewegung eines sehr einfachen Mechanismus. Es seien drei gerade Stäbe so mit einander durch Scharniere verbunden, dass Stab I mit Stab II einen nach rechts offenen Winkel (A) bildet und Stab II mit Stab III einen nach links offenen Winkel (B). Beide Winkel A und B seien jeder 90° , und die freien Enden des Stabes I und des Stabes III sollen in einer senkrechten Linie liegen. Wenn nun in der Richtung dieser senkrechten Linie die beiden freien Enden für eine gewisse Strecke von einander entfernt werden sollen, so muss die Summe der Gradwerte der beiden Winkel durch ihre Streckung vergrößert werden, so dass sie also alsdann statt 180° etwa 240° betragen würde. Es sei nun eine gewisse Anzahl solcher Apparate vorhanden und es soll untersucht werden, in welcher Weise die Vergrößerung der Summe erreicht wird. — Ein Forscher, welcher den ersten der beiden oben aufgestellten Gesichtspunkte als maßgebend anerkennt, wird an einem Apparate die beiden Enden aus einander ziehen und dann die Winkel messen; wenn er nun dabei findet, dass $A = 140^\circ$ und $B = 100^\circ$ geworden ist, so wird er Zunahme von A um 50° und von B um 10° als Gesetz aufstellen. Ist er genauer, so untersucht er vielleicht eine Anzahl von Apparaten und findet bei den verschiedenen Apparaten etwa folgende Werte:

a)	A 130	B 110
b)	100	140
c)	115	125
d)	140	100
Mittel	$\frac{122,50}{}$	$\frac{118,75}{}$

Er wird dann aus diesen Werten, wie oben geschehen, das Mittel ziehen und, Beobachtungsfehler zugebend, die Dezimalen fallen lassen und als Gesetz aufstellen, dass A sich um 32° vergrößere, B aber

um 28° . — Ein Forscher dagegen, welcher von dem zweiten Gesichtspunkte aus die Untersuchung unternimmt, wird die Excursionsmöglichkeit beider Winkel untersuchen und etwa finden, dass jeder derselben sich bis zu 60° verkleinern und bis zu 180° vergrößern kann. Danach wird er den Satz aufstellen, dass, wenn in beiden Gelenken gleiche Widerstände sind, jeder Winkel um 30° zunehmen muss, — dass aber, weil die Widerstände und andere Zufälligkeiten sehr verschieden sich in beiden Gelenken geltend machen können, nach dem Dehnungszuge jedes der beiden Gelenke einen Winkel zwischen 60° und 180° zeigen kann und dass nur die Summe beider 240° betragen muss. Mit diesem wird er nicht nur alle oben angegebenen Varietäten erklärt, sondern auch die Möglichkeit gezeigt haben, dass noch eine unendliche Menge von Varietäten außer diesen vorkommen müssen, sogar solche, bei welchen der eine der beiden Winkel eine Verkleinerung erfährt z. B. $A = 180^\circ$, $B = 60^\circ$ oder $A = 80^\circ$, $B = 160^\circ$; zugleich hat er damit auch die Grenzen genau bezeichnet, innerhalb welcher die verschiedenen Varietäten liegen müssen.

Ich war genöthigt, diesen Vergleich etwas weiter auszuführen, weil er nicht nur geeignet ist, den Unterschied der beiden Gesichtspunkte deutlich zu machen, sondern auch zugleich Anwendung auf die verschiedene Art der Analyse der Gangbewegungen gestattet, wenn man die drei Stäbe Fuß, Unterschenkel und Oberschenkel nennt und in der verschiedenen Art, wie die freien Enden der Stäbe von einander entfernt werden können, die verschiedene Art erkennt, wie das Bein als Ganzes gestreckt werden kann.

Die Brüder Weber haben in ihrer 1836 erschienenen „Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge“ im Ganzen den Standpunkt eingenommen, dass sie einen typischen Gang aufzustellen suchten. Das Mittel hierzu war Beobachtung an gehenden Individuen. Insofern befanden sie sich also auf dem ersten der beiden oben geschilderten Standpunkte. Andererseits haben sie aber auch sehr genaue Untersuchungen über den Bau der Gelenke, des Beines und deren Mechanismen angestellt und deren Ergebnisse teilweise zur Erklärung ihrer Beobachtungen verwendet. Immerhin ist aber in Bezug auf den Gang und dessen Erklärung ihr Standpunkt vorherrschend derjenige der Beobachtung an gehenden Individuen und der Versuche mit solchen.

In meinen Untersuchungen, deren Veröffentlichungen im Jahre 1853 mit mehrern Aufsätzen in Müller's Archiv begannen und einen vorläufigen Abschluss in meiner „Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüsts“ 1873 fanden, stehe ich entschieden auf dem zweiten Standpunkte, indem ich die Elemente der Gangbewegung, gestützt auf die Mechanismen der Gelenke und auf die Notwendigkeit der Unterstützung des Schwerpunkts, einzeln untersuche und den Hinweis darauf gebe, wie sich in verschiedener Weise diese

Elemente an der Gangbewegung beteiligen können und welche verschiedene Individualitäten des Ganges daraus entspringen; wobei ich denn allerdings auch die gewöhnlich angewendete Combination zu berücksichtigen und in ihren Grundzügen zu motiviren hatte. Welches die Gründe waren, die mich diesen Standpunkt wählen ließen, habe ich nicht nötig, weiter auszuführen; ihre Darlegung ist in der Charakterisirung der beiden Standpunkte der Untersuchung bereits enthalten.

Ueber den bahnbrechenden Wert des Weber'schen Werks sind keine Worte zu verlieren; denn dieser ist mit Recht allgemein anerkannt. Es kann deshalb sogleich eine Darlegung der Aufgaben gegeben werden, welche die Brüder Weber sich gestellt haben.

Ihre Arbeit zerfällt in drei größere Abschnitte, nämlich:

- 1) Schilderung der äußern Erscheinung des Gehens und Laufens in deren einzelnen Teilen und Erwägung der dabei wirkenden Kräfte (Muskeltätigkeit, Schwere etc.). (Erster Teil).

Genauere Beobachtungen und Messungen über die einzelnen Teilerscheinungen, angestellt an gehenden Individuen. (Dritter Teil. Erster Abschnitt).

- 2) Anatomische Untersuchungen über den Bau der Wirbelsäule, des Beckens und der Gelenke des Beins, mit Studien über die Muskeln und Bewegungsgrößen der einzelnen Gelenke. (Zweiter Teil).
- 3) Theorie des Gehens und Laufens, vorzugsweise einer mathematischen Schematisirung der äußern Erscheinungsweise des Ganges gewidmet. (Dritter Teil. Zweiter Abschnitt).

Angehängt ist in einem „Vierten Teile“ ein geschichtlicher Ueberblick über die Arbeiten früherer Forscher.

Die Fragen, welche sie sich gestellt haben und deren auf dem Wege der Beobachtung und des Versuchs an gehenden Individuen gewonnene Antworten, niedergelegt namentlich in den beiden oben unter 1 zusammengestellten Abschnitten, geben Zeugniß davon, mit welcher Gründlichkeit sie das Thema nach allen Seiten durchdacht haben.

Sie untersuchen

- 1) die Länge des Schritts unter verschiedenen Verhältnissen,
- 2) die Zeitdauer
 - a. des einzelnen Schritts unter verschiedenen Verhältnissen; Verhältniss zwischen Länge und Dauer —
 - b. der Pendelung des Beines —
 - c. des Ruhens des aufgesetzten Fußes.
- 3) Die Veränderungen in dem stehenden Beine
 - a. Längenzunahme durch die Streckung —
 - b. Größe der Erhebung der Ferse und der Fußspitze über den Boden.
- 4) Die Veränderungen in der Lage des Rumpfes

- a. Neigung nach vorn im Stehen und in verschiedenen Arten des Gehens —
 - b. vertikale Schwankung beim Auftreten mit dem ganzen Fuße und mit der Fußspitze. Mittlere Größe der Tieferstellung des Rumpfes im Gehen gegenüber seiner Hebung über dem Boden im Stehen —
 - c. horizontale Schwankung im Gehen —
 - d. Torsion in der einzelnen Schrittbewegung —
 - e. Skizzirung der Horizontal- und Vertikal-Projektion der Schwankungen b und c.
- 5) Die Verhältnisse des „natürlichen“ Ganges bei verschiedenen Geschwindigkeiten, in Bezug auf
- a. Schrittzahl in einem gegebenen Raume —
 - b. Zeitdauer der Durchwanderung des gegebenen Raumes —
 - c. Länge der Schritte —
 - d. Zeitdauer der Schritte.

Ogleich alle Zahlen, welche sie zur Beantwortung dieser Fragen gewonnen haben, nur individuellen Werth haben können, so sind sie doch mit dem richtigen Takte zur Aufstellung allgemeiner Gesetze benutzt worden, welche alle hier aufzuführen bei der großen Zahl und dem zum Teil sehr umfassenden Inhalte der Fragen nicht tunlich ist. Es genügt zu wissen, dass mit den von den Brüdern Weber aufgestellten Sätzen die äußere Erscheinungsweise des Ganges und des Laufs möglichst genau beschrieben und zum Teil motivirt worden ist, wobei nicht nur der „natürliche“ Gang, sondern auch die Varietäten berücksichtigt sind, soweit dieselben durch schnelle oder langsame, lange oder kurze Schritte, durch breitspuriges Schwanken etc. gegeben sind.

So überaus wertvoll diese Untersuchungen auch sind, so leiden sie doch, abgesehen von gewissen Irrtümern wie z. B. über die Gestalt der Wirbelsäule, über die Haltung des Beckens im Gange etc., an dem Fehler, dass ihnen die Auffassung zu Grunde liegt, es gebe einen typischen Gang, dessen Zustandekommen durch die Untersuchungen zu construiren sei.

Ich ging in meinen Arbeiten dagegen von dem oben bereits bezeichneten Gesichtspunkte aus, dass ein typischer „natürlicher“ Gang gar nicht aufgestellt werden könne, sondern dass ein jeder Gang individuell sei, weshalb es auch unmöglich sei, über Länge und Dauer der Schritte, über seitliche und vertikale Schwankungen etc. allgemein gültige Gesetze in Zahlen formulirt aufzustellen. Ich erkannte meine Aufgabe darin, die Bedingungen, welche für die Vorwärtsbewegung mit Hülfe der Beine zu erfüllen sind, zum Ausgangspunkte der Untersuchung zu nehmen, und dann zu erforschen, auf welche verschiedene Arten diesen Bedingungen entsprochen werden

kann. Waren diese einzelnen im Gange wirksamen Elemente einmal scharf hingestellt, so war damit eine jede individuelle Gangart erklärt. Man hatte dann nur, um einen gegebenen Gang zu analysiren, zu untersuchen, welche der einzelnen Elemente in demselben zur Verwendung kommen und, wenn mehrere im gleichen Sinne wirkende gefunden werden, in welcher Weise die Wirkungsart dieser unter sie verteilt ist.

Ich habe deswegen in dem Akte der Vorwärtsbewegung die beiden Elemente des horizontalen Bogens und des vertikalen Bogens unterschieden, welche beide einzeln oder in verschiedenster Weise kombinirt die Vorwärtsbewegungen zu Stande bringen, und habe dann in dem vertikalen Bogen wieder die drei Elemente: Hauptbogen, vordern und hintern Ergänzungsbogen unterschieden und gezeigt, wie jedes dieser Elemente für sich allein die Vorwärtsbewegung vermitteln, wie aber auch eine verschiedenartige Kombination dieser drei Elemente stattfinden kann. — Ich habe gezeigt, wie sowol das Großzehengelenk, als das Fußgelenk und das Kniegelenk Mittelpunkt des vertikalen Bogens und seiner einzelnen Teile sein können. — In Bezug auf das Strecken des stemmenden Beins habe ich gezeigt, wie dabei Dorsalflexion der Metatarso-Phalangeal-Gelenke, Beugung oder Streckung des Fußgelenks und Beugung oder Streckung des Kniegelenks sich in verschiedenster Art kombiniren können. — Ich habe die steilere Beckenmeinigung im Augenblicke des Aufsetzens des ruhenden Fußes nachgewiesen und gezeigt, wie die sogenannte Pendelung des schwingenden Beins zum großen Teil nur eine Erscheinung der Aufrichtung des Beckens auf dem ruhenden Beine ist, — und wie diese Bewegung des Beckens eine Mitwirkung der Lendenmuskulatur in dem Schritte notwendig macht. — In Bezug auf die seitliche Aequilibrirung habe ich dargelegt, dass dieselbe zu Stande kommen kann durch die schiefe Richtung der gemeinsamen Axe der Metatarsusköpfehen, durch die schiefe Richtung der Axe des Fußgelenks, durch die Rotation in dem gebeugten Kniegelenk und durch Seitwärtsbeugung des Rumpfes in sich oder in dem Hüftgelenke. — Angesichts dieser großen Menge von einzelnen Elementen, welche sich je nach Laune oder Notwendigkeit in verschiedenster Weise und in verschiedenstem Grade mit einander kombiniren können (vgl. hierüber meine Statik und Mechanik) erscheint es als eine Unmöglichkeit einen Normal-Gang aufzustellen, und die tägliche Erfahrung lehrt uns auch, dass jeder seine eigene Kombination dieser Elemente (seinen eigenen Gang) hat, und dass selbst der militärische Normal- oder Ordonnanz-Schritt an den verschiedenen Orten verschieden geübt wird. — Ich musste deswegen darauf verzichten einen typischen Gang genauer zu beschreiben als dadurch, dass ich bemerkte: „die meisten Menschen pflegen diese oder jene Hülfsmittel im Gange anzuwenden“; und ich war um so mehr veranlasst, mich hierauf zu beschränken,

als der „natürliche Gang“ nirgends genauer definiert ist. Die Brüder Weber bezeichnen ihn S. 260 als denjenigen, bei welchem die ganze Fußsohle auf einmal aufgesetzt wird und S. 274 als denjenigen, bei dem man nicht auf seine Bewegungen achte; — Carlet begnügt sich, ihn dadurch zu bezeichnen, dass er sagt: „Tout le monde sait ce que c'est“, und Vierordt bezeichnet ihn gar nicht näher.

Mit dieser flüchtigen Skizze glaube ich den Standpunkt genügend gezeichnet zu haben, welchen ich in der vorliegenden Frage für den einzig möglichen halte, um die Gangbewegung, welche an dem einzelnen Individuum stets nur individuellen Charakter zeigt, so verstehen zu können, dass man damit auch zugleich die Entstehung aller größeren und kleineren Varietäten abzuleiten vermag. Ich darf indessen doch wol noch an dem Beispiele einer hierher gehörigen Frage, welche eine sehr einfache ist, zeigen, wie der Standpunkt der Beobachtung eines oder mehrerer Individuen niemals im Stande sein kann, allgemein gültige Gesetze in abschließender Weise zu gewinnen. Die Frage nach der normalen Haltung der Wirbelsäule hat schon eine Anzahl von Forschern beschäftigt und es sind von diesen verschiedene Methoden für die Lösung der Aufgabe angewendet worden, namentlich die Messung an aufrecht stehenden Individuen; jedes Individuum zeigte aber eine andere Gestaltung der Wirbelsäule. Welche Haltung sollte nun als die „normale“ aufgefasst werden? Zur Beantwortung dieser Frage hätten nur sehr zahlreiche Messungen führen können, auf Grund welcher man dann die am häufigsten gefundene Haltung als die typische hätte hinstellen können; in Wirklichkeit hätte man aber damit nur die in dem Bezirke, in welchem die Messungen angestellt waren, verbreitetste kennen gelernt. Ein allgemeines Gesetz hatte aber auch die Individualität und in dem einzelnen Individuum verschiedene Nebenumstände in Rechnung zu bringen und kann demnach nicht ein absolut etwa in gewissen Zahlenwerten ausgesprochenes sein; deswegen war meine Lösung der Frage die folgende: Eine zu allen Zeiten für alle Individuen typische oder normale Haltung der Wirbelsäule gibt es nicht, indem unter verschiedenen Verhältnissen die Haltung der Wirbelsäule auch bei demselben Individuum eine verschiedene nicht nur sein kann, sondern auch sein muss. Ich habe deswegen die Bewegungsmöglichkeiten der Wirbelsäule untersucht, — die beiden Grundprinzipien ermittelt, nach welchen die Wirbelsäule mehr rückwärts gebeugt oder mehr vorwärts gesenkt sich in Ruhelage befinden kann, — die gewöhnliche Haltung als eine Mittelform dieser beiden Ruhelagen erkannt, — und zuletzt die Gesetze aufgestellt, nach welchen sich in diese Mittelform einmal mehr von der Aeußerung des einen Prinzips einmengen muss und ein andermal mehr von derjenigen des andern. So war durch Beseitigung der schroffen Formulierung einer unrichtig gestellten Frage die Frage am genügendsten beantwortet.

Die großen Erfolge, welche die graphische Methode der Untersuchung in so vielen Teilen der Physiologie errungen hat, sind ohne Zweifel Ursache dafür geworden, dass Carlet auf Marey's Anregung den Gang mit Hilfe graphischer Apparate einer neuen Untersuchung unterwarf. Veröffentlicht sind dieselben unter dem Titel: *Essai experimental sur la locomotion humaine, étude de la marche*, in den *Annales des sciences naturelles*. V. Série. Zoologie 1872, auch auszugsweise in Marey, *La machine animale*. Paris, Germer Baillière 1873.

Der graphische Apparat, dessen sich Carlet bediente, ist der bekannte Cylinder, dessen geschwärzte Oberfläche von zeichnenden Nadeln berührt wird. Die Nadeln werden durch eine Feder so festgehalten, dass ihre Spitzen in der Ruhe den Cylinder nicht berühren; sie werden aber mit dem Cylinder in Berührung gebracht durch eine Vorrichtung, wie sie bei den sogenannten pneumatischen Telegraphen gefunden wird; ein luftgefüllter Kautschukschlauch steht an dem einen Ende mit dem Träger der Nadeln in Verbindung, an dem andern Ende ist er zu einem rundlichen Hohlball ausgedehnt; der Beobachter nimmt diesen letztern in die Hand: drückt er ihn zusammen so treten Nadelspitzen mit dem Cylinder in Berührung; lässt er den Druck nach, so werden sie durch ihre Federn wieder von dem Cylinder entfernt. Durch dieselbe Art von Leitung werden auch die einzelnen Nadeln für den Zweck des Anschreibens auf und ab bewegt; die Bälle, deren Kompression die Aufwärtsbewegung bedingt, sind eingeschlossen in der Sohle der Schuhe, welche besonders für diesen Zweck gebaut sind, und zwar liegt ein Ball in dem vordern Ende und einer in dem hintern Ende jeder Sohle; als fünfter Erreger für die Nadeln dient ein Stäbchen, welches mit dem einen Ende an die *regio pubis* angedrückt wird; das freie Ende des Stäbchens ist mit einem Apparat in Verbindung, welcher die Schwankungen der *regio pubis* in horizontale und vertikale Komponenten zerlegt, die einzeln auf dem Cylinder aufgetragen werden, indem der Zerlegungsapparat jede der beiden Komponenten als Druck auf einen besondern Hohlball überträgt.

(Schluss folgt.)

A. Kossel, Untersuchungen über die Nucleïne und ihre Spaltungsprodukte.

Strassburg, K. J. Trübner, 1881. 19 S.

Als Nucleïne bezeichnet man eine Reihe von Tier- und Pflanzenstoffen, die durch mancherlei übereinstimmende Reaktionen ihre Zusammengehörigkeit bekunden. Wenn man Miescher — wie das auch Kossel tut — allgemein als den Entdecker der Nucleïne hinstellt, so ist das nur bedingungsweise richtig. Allerdings rührt die Bezeich-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Meyer Hermann

Artikel/Article: [Die Mechanik des menschlichen Ganges 401-408](#)