© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Für unseren Fall trifft dies jedoch nicht zu. Wir können aus der geographischen Verbreitung der *Dinardini* zuverlässig darthun, dass, falls eine einheitliche Stammesentwicklung derselben vorliegt, ihr Ausgangspunkt in der paläarktischen Region und nicht in der neotropischen Region zu suchen ist; denn erstens ist das ganze paläarktische Gebiet im Besitz von *Dinarda*, während die neotropischen *Dinardini* gleichsam nur spärliche Inseln innerhalb ihres Faunengebietes darstellen. Zweitens. Die nächsten systematischen Verwandten der *Dinardini* sind (s. o. S. 709) in der Gattung *Thiasophila* zu suchen, die das paläarktische und nearktische Gebiet bewohnt, im neotropischen dagegen fehlt. *Fauvelia* und die übrigen neotropischen *Dinardini* bilden ein völlig fremdes Element in der neotropischen Aleocharinenfauna; also müssen sie erst später in dieselbe eingewandert sein. Drittens. *Pachycondyla*, die Wirtsgattung von *Fauvelia*, breitet sich durch Süd- und Mittelamerika bis in die Südstaaten der Nordamerikanischen Union aus (bis nach Texas, Wheeler!). Wäre das neotropische Gebiet die Urheimat der *Dinardini*, so müsste die bolivianische Gattung *Fauvelia* auch im ganzen neotropischen Gebiet zu Hause sein, gerade so wie *Dinarda* im ganzen paläarktischen Gebiet zu Hause ist. Wir sind daher genötigt, die neotropischen *Dinardini* als die letzten Ausläufer des paläarktischen Stammes anzusehen, falls eine einheitliche Stammesentwicklung in dieser Aleocharinengruppe stattgefunden hat. (Vergl. auch den Nachtrag 2.)

Es ist bei entwicklungstheoretischen Skizzen meines Erachtens von großer Wichtigkeit, ebenso ehrlich das *contra* wie das *pro* der betreffenden Hypothese zu erörtern und stets genau anzugeben, wie weit die betreffende Hypothese noch auf thatsächlichem Boden ruht oder nicht. Sonst leistet man der Entwicklungstheorie keinen Dienst, sondern giebt nur ihren Gegnern willkommenen Anlass, die „luftigen Hypothesen" zu kritisieren. Das dürfte bei der vorliegenden Untersuchung wohl vermieden sein. Vielleicht trägt sie dazu bei, die Ansicht zu befestigen, dass die Entwicklungstheorie ebensowenig mehr als „Wauwau" für einen konservativ gesinnten Naturforscher gelten darf, wie sie andererseits nicht als Spielball für phantastische Hypothesenmacherei dienen soll, deren Zweck vielfach nur die Bekämpfung der von ihren Gegnern völlig missverstandenen und zu einem Zerrbilde verunstalteten theistischen Weltanschauung ist. (Fortsetzung folgt.)

Der Gang des Menschen.

Von R. F. Fuchs.

Die nachfolgenden Auseinandersetzungen über den Gang des Menschen enthalten im wesentlichen eine kritische Darstellung der von W. Braune und O. Fischer gemeinsam begonnenen und von Fischer fortgesetzten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Untersuchungen über den Gang des Menschen. Gleichzeitig soll aber auch der Standpunkt Hermann von Meyer's in dieser Frage Berücksichtigung finden und schließlich sollen auch die diesbezüglichen Arbeiten anderer Autoren kurz angeführt werden.

Seit den exakten Untersuchungen der Brüder Weber[1]) ist das Studium des Ganges niemals mehr aus dem Bereiche der Experimentaluntersuchungen verschwunden. Trotz der vielfachen Versuche verschiedener Autoren wird man immer wieder auf die Weber'schen Untersuchungen zurückgreifen müssen, weil sie die erste exakte Analyse des Ganges darstellen. Der Wert dieser grundlegenden Arbeit kann durch die neueren Untersuchungen durchaus nicht verringert werden, wenngleich diese uns lehren, dass einige oder mehrere wesentliche Grundgesetze, wie sie von den Brüdern Weber formuliert worden sind, nicht zurecht bestehen. So lange sich die Einwände gegen die Weber'sche Theorie des Gehens nur auf rein spekulative Ueberlegungen stützten, konnten die Weber'schen Anschauungen nicht als definitiv widerlegt angesehen werden. Ja selbst die Diskussion über die Frage, ob das schwingende Bein sich einfach wie ein Pendel (Doppelpendel oder gegliedertes Pendel) verhalte, oder ob diese Schwingung durch Muskelkräfte mitbedingt ist, konnte bis heute zu keinem allgemein anerkannten Abschluss gebracht werden. So finden wir denn auch in den Lehrbüchern der Physiologie die Weber'sche Theorie des Gehens, Laufens und Springens noch immer als die herrschende.

Zwei prinzipielle Gesichtspunkte giebt es, von welchen aus wir das Zustandekommen des Ganges untersuchen können. Das häufiger angewendete Untersuchungsprinzip ist das der direkten Beobachtung gehender Individuen, und ihm folgten mit verschieden vollkommenen Hilfsmitteln die Brüder Weber, Marey, Carlet, Vierordt, Braune und Fischer u. a.

Von ganz anderen Gesichtspunkten aus hat Hermann von Meyer das Zustandekommen des menschlichen Ganges analysiert. Der menschliche Gang ist nur durch das Zusammenwirken sehr vieler Apparate möglich; er ist also ein höchst komplizierter Vorgang, der noch dadurch verwickelter wird, weil jeder Mensch seinen charakteristischen Gang hat, der aber vielfach wechseln kann. Meyer sagt darüber in seiner „Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes" (Leipzig 1873) folgendes: „Nicht nur wird ein jedes Individuum je nach Laune oder Umständen in der Anwendungsweise der einzelnen Hilfsmittel wechseln und zu verschiedenen Zeiten in verschiedener Weise gehen; — sondern es werden auch bei den einzelnen Individuen gewisse Formen der Kombinationen in den Hilfsmitteln habituell werden müssen und damit

1) Wilhelm Weber und Eduard Weber, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Göttingen 1836.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einem jeden ein individueller Gang zukommen, wie eine individuelle Sprechweise und eine individuelle Handschrift". Und in einem späteren Aufsatze[1]) sagt er rund heraus: „Ein jeder geht wie er kann und mag". Aehnliche Anschauungen haben ja auch die Brüder Weber und spätere Autoren geäußert, indem die ersteren schon in der Vorrede zu ihrer Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge erklären: „man könnte zweifeln, dass es überhaupt möglich sei, vom Gehen und Laufen eine Theorie zu geben, da wir keine Gehmaschinen sind und also diese Bewegungen durch die Freiheit unseres Willens sehr mannigfach abgeändert werden". Nichtsdestoweniger nehmen die Brüder Weber und alle jene Autoren, welche sich der direkten Beobachtung gehender Individuen zuwandten, einen typischen Gang an. Wenn die Brüder Weber zu wiederholtenmalen den Versuch machen, eine strikte Definition des typischen oder „normalen" Ganges zu geben, so zeigt gerade diese, wie schwer, ja unmöglich es wäre, auf Grund derselben zu einer klaren, eindeutigen Vorstellung zu kommen, denn sie „verstehen unter dem normalen Gange oder Laufe denjenigen, wo man mit der geringsten Muskelkraft den Zweck einer möglichst gleichmäßigen, von der horizontalen Bewegung wenig abweichenden Bewegung erreicht". Dieses Resultat kann aber meiner Meinung nach auf die verschiedenste Weise erfüllt werden; die Muskelkombinationen, welche verschiedene Individuen zu diesem Zwecke in Aktion versetzen, sind sicherlich sehr verschiedene.

H. von Meyer's oben angeführte Anschauungen führten ihn zur Erkenntnis[2]), „dass es überhaupt keinen typischen Gang geben kann und das einzig 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". Deshalb untersuchte v. Meyer die einzelnen Elemente der Gangbewegung, gestützt auf die Mechanismen der Gelenke und auf die Notwendigkeit der Unterstützung des Schwerpunktes, um einen Hinweis darauf zu geben, wie diese Elemente sich in verschiedener Weise an der Gangbewegung beteiligen können und welche verschiedenen Individualitäten des Ganges daraus entspringen. In seinem zusammenfassenden Werke „die Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes" giebt von Meyer aber zu, dass, trotzdem eine typische Art des Ganges nicht aufgestellt werden kann, dennoch bei der Mehrzahl der In-

1) H. v. Meyer: Die Mechanik des menschlichen Ganges. Biologisches Centralblatt Bd. I, 1881—1882.

2) H. v. Meyer: Biol. Centralbl. Bd. 1, 1881—1882.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dividuen dieselben Hauptgrundsätze für das Zustandekommen des Ganges beobachtet werden, denn der individuelle Gang wird immer nur hervorgebracht durch die verschiedenartige Kombination der einzelnen Elemente.

Es würde zu weit führen, eine eingehendere Darstellung der Meyer'schen Elemente des Ganges zu geben, ich muss mich vielmehr nur mit einer ganz kurzen Rekapitulation der Grundprinzipien begnügen. Das wesentlichste Grundprinzip jeder lokomotorischen Thätigkeit ist darin gegeben, dass das auf dem Boden stehende Bein, respektive dessen Fuß den Gesamtschwerpunkt des Körpers so lange unterstützt, bis der andere Fuß (des schwingenden Beines) mit dem Boden in Berührung gebracht und im stande ist, seinerseits die Unterstützung des Schwerpunktes zu übernehmen. Eine Ausnahme von dieser Regel besteht z. B. beim Sprunglauf und Sprung, wo der Körper für eine kurze Zeit jeder Unterstützung entbehrt. Für gewöhnlich nimmt das vorgesetzte Bein die Schwerlinie nicht unmittelbar auf, es befindet sich vielmehr vor dieser, erst durch die weitere Aktion des hinteren (stemmenden) Beines wird der Schwerpunkt so weit nach vorn geschoben, dass er sich über der Fußfläche des vorderen Beines befindet. Hat das vordere, stützende Bein die gesamte Körperlast übernommen, dann beginnt es seinerseits die weitere lokomotorische Aktion, das heisst, es überträgt durch eine stemmende Bewegung den Schwerpunkt wieder auf das andere inzwischen vorgesetzte Bein. Nach v. Meyer ist der „menschliche Gang aber dadurch ausgezeichnet, dass bei ihm der Schwerpunkt nicht mit Notwendigkeit stets unterstüzt ist und dass deswegen gewisse Eigentümlichkeiten in demselben hervortreten müssen, welche ihn zu einer verhältnismäßig komplizierten Bewegung machen". Diese Eigentümlichkeiten sind zum Teile dadurch bedingt, dass die vorhandenen Unterstützungsflächen (Füße) relativ kleine sind, weshalb sehr komplizierte Mechanismen des Körpers zur Aequilibrirung herangezogen werden müssen. Dann muss auch noch der zeitweise Mangel jeder Unterstützung ausgeglichen und im Sinne der Vorwärtsbewegung ausgenützt werden. Aus diesen Verhältnissen resultiert eine verhältnismäßig große Anzahl von Gangarten, weil zur Erreichung des angestrebten Zweckes zahlreiche Möglichkeiten gegeben sind.

Im wesentlichen giebt es zwei Formen der Bewegung, je nachdem der fördernde Kreisbogen in einer senkrecht gestellten Ebene (parallel zur Fortbewegungsebene), oder in einer horizontalen (senkrecht zur Fortbewegungsrichtung) beschrieben wird. Durch den senkrechten (vertikalen) Bogen wird der Oberschenkelkopf und mit ihm der von demselben getragene Rumpf nach vorn bewegt, denn er hat in seiner einfachsten Form seine Axe im Fußgelenke. Dagegen hat der horizontale Bogen, welcher sich am Zustandekommen des menschlichen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ganges in verschiedenem Ausmaße beteiligen kann, seinen Mittelpunkt im Oberschenkelkopfe (bei den Sauriern z. B. im Kniegelenke), um den sich das Becken so dreht, dass dessen entsprechende dem als Drehpunkt fungierenden Oberschenkelkopfe gegenüberliegende Seite nach vorn bewegt wird; Radius dieses Bogens ist demnach der Querdurchmesser des Beckens. Der horizontale Bogen ist im großen und ganzen nur wenig variabel, seine wesentlichsten Veränderungen beziehen sich nur auf den Gradwert der horizontalen Drehungen. Gegenüber dieser relativen Konstanz des horizontalen Bogens zeigt der vertikale Bogen nach mehreren Seiten hin beträchtliche Modifikationen. Vor allem ist er bedeutend vergrößerungsfähig, indem er sowohl nach vorn als nach hinten ergänzt werden kann; und je nachdem das den Bogen beschreibende (stützende) Bein den Schwerpunkt unterstützt oder nicht, teilt man den vertikalen Bogen in einen Haupt-, vorderen und hinteren Ergänzungsbogen. Nur während der Ausführung des Hauptbogens ist der Schwerpunkt vom tragenden Beine unterstützt. Dagegen fällt die Schwerlinie während der Ausführung des hinteren Ergänzungsbogens hinter den aufgesetzten Fuß und während der Dauer des vorderen Ergänzungsbogens hat sie bereits die Unterstützungsfläche wieder verlassen. Der vordere Ergänzungsbogen ist also im wesentlichen ein Fallbogen, dessen Mittelpunkt in einem der verschiedenen Gelenke der Extremität liegen kann. Sobald die Schwere dem tragenden Fuße übergeben ist, kann das hintere Bein vom Boden abgelöst werden und seine Schwingung nach vorn vollführen. Während der Schwingung des einen Beines beschreibt das andere den Hauptbogen. Nach Beendigung des letzteren findet der Schwerpunkt keine Unterstützung und fällt deshalb so lange, bis das unterdessen aufgesetzte Bein das weitere Fallen verhindert. Zieht man dann noch in Rechnung, dass für den vertikalen Bogen nicht nur verschiedene Mittelpunkte möglich sind, dass zu dessen Ausführung auch noch verschiedene Muskelkombinationen in Aktion versetzt werden können, so ergiebt sich eine große Anzahl von Varietäten der Ausführung des vertikalen Bogens.

Das zweite Hauptelement für die Fortbewegung ist in dem Vorsetzen des hinten gebliebenen Beines gegeben. Wie bereits erwähnt, schwingt das hintere Bein während der Ausführung des Hauptbogens durch das andere Bein nach vorwärts, da zu dieser Zeit der Schwerpunkt vom tragenden Bein hinlänglich unterstützt ist. Nach v. Meyer geschieht diese Schwingung trotz ihrer äußeren Aehnlichkeit mit einer Pendelbewegung durchaus nicht rein nach den Pendelgesetzen. Zwar leugnet v. Meyer den Anteil, welchen die Schwere an der Bewegung des nach vorn schwingenden Beines hat, keineswegs, er beschränkt jedoch ihre Wir-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kung nur auf den absteigenden Teil des Schwingungsbogens, aber das Ueberschreiten der stabilen Gleichgewichtslage infolge der Trägheit des schwingenden Beines kann wegen der Muskelmassen, welche das Hüftgelenk umgeben, nur eine sehr geringe sein. Jedenfalls wäre aus diesen Gründen die Trägheit nicht im stande, eine aufsteigende Bewegung des schwingenden Beines herbeizuführen, diese erscheint vielmehr als die vereinigte Wirkung der Streckbewegung des Beckens auf dem tragenden Beine und einer durch diese unterstützten accelerierten Pendelbewegung. In der That findet auch während des Schwingens des einen Beines eine Streckung des Beckens gegen das tragende Bein statt, denn im Momente, wo das hintere Bein zu schwingen anfängt, ist das Becken gegen das tragende Bein mehr oder weniger stark gebeugt, während beim Aufsetzen des schwingenden Beines das Becken in Streckstellung zum tragenden Beine sich befindet. Ueberdies muss man meiner Meinung nach auch bedenken, dass es eine vollständige Erschlaffung aller über das Hüftgelenk ziehender Muskeln nicht geben kann, selbst dann nicht, wenn der Muskeltonus auch noch so sehr herabgesetzt wäre. Schon deshalb kann von keiner freien Pendelung des Beines die Rede sein. Die Brüder Weber haben in ihrer Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge eine solche Erschlaffung ganz willkürlich angenommen, um das Gesetz der Pendelbewegung des nach vorn schwingenden Beines stützen zu können. Die Brüder Weber mussten aber selbst bekennen, dass zur Vollführung der pendelartigen Schwingung das Bein beim jedesmaligen Durchgang durch die vertikale Lage (Gleichgewichtslage) eines wenn auch kleinen Impulses von außen her bedurfte, um die angenommene Pendelbewegung zu vollführen. v. Meyer meint, dass dieser jeweilige Impuls durch die Muskelaktion beim Strecken des Beckens dem schwingenden Beine erteilt werde. Die Pendeltheorie der Brüder Weber ist mit mehr oder weniger Glück von den verschiedensten Autoren meiner Meinung nach mit Recht bekämpft worden. Ich will nur einige Autoren kurz anführen. Duchenne[1]) hält gleichfalls wie v. Meyer die Vorwärtsbewegung des schwingenden Beines für eine durch Einmischung willkürlicher Muskelaktion beschleunigte Pendelbewegung. Ebenso spricht sich Carlet[2]) gegen die Pendeltheorie aus, er will die Vorwärtsbewegung nur von Muskelthätigkeit herleiten. Marey[3]) fand, dass die Geschwindigkeit des vorwärts schwingenden Beines im wesentlichen eine durchwegs gleichmäßige sei, während die Pendel-

1) G. B. Duchenne: Physiologie des mouvements, Paris 1867.

2) Carlet: Essai experimental sur la locomotion humaine, étude de la marche. Annales des scienc. naturel. V. Série, Zoologie 1872.

3) Marey: Travaux du laboratoire de M. Marey Année 1875. Citiert nach Grünhagen, Lehrbuch d. Physiologie, Bd. III, Hamburg, Leipzig 1887.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schwingung eine periodisch beschleunigte und verlangsamte ist. Marey macht aber darauf aufmerksam, dass die von ihm verzeichneten Fußbewegungen nicht allein die des schwingenden Beines, sondern auch die fortschreitende Bewegung des Beckens zum Ausdruck bringt, weshalb die Marey'schen Einwände gegen die Pendeltheorie angreifbar erscheinen könnten. Auch Vierordt[1]) spricht sich ganz entschieden gegen die reine Pendeltheorie aus.

Mögen sich auch viele der erhobenen Einwände auf bloße Ueberlegung stützen, ohne einen direkten ad hoc angestellten experimentellen Beweis zu erbringen, so sind sie deshalb doch nicht so ohne weiteres von der Hand zu weisen, wie Braune und Fischer[2]) es anscheinend thun. Zudem muss der Versuch der letztgenannten Autoren, zu beweisen, dass die Brüder Weber die Frage der Muskelwirkung beim Vorwärtsschwingen des Beines offen gelassen hätten, als nicht zutreffend bezeichnet werden. Denn einmal sagen die Brüder Weber, es „erleichtert die ausschließliche Wirksamkeit der Schwere, durch die es (sc. das Bein) dahin (sc. nach vorn) gebracht wurde, die genaue Wiederholung der Schritte". An einer anderen Stelle heisst es: „Ueber das Gelenk laufen vom Bein zum Rumpfe so bedeutende Muskelstränge hin, die sich zum Teil mit einer so großen Fläche am Becken befestigen, dass man glauben könnte, dass diese Muskel jede pendelartige Schwingung hemmen müssen. Dass ist nicht der Fall"; ferner sagen sie: „Eine geringe Elastizität der Bänder und Muskeln, die das Bein mit dem Rumpfe verbinden und eine ungleiche Verkürzung des Beines müsste so geringe Abänderungen der Schwingungsdauer bewirken und wir haben keinen Grund, zu vermuten, dass die Lebenskraft der Muskel darauf (sc. auf die Schwingung des Beines) Einfluss gehabt hätte". Ueberhaupt finden sich in dem Weber'schen Werke noch eine ganze Reihe von Aeußerungen, aus denen unzweifelhaft hervorgeht, dass die Brüder Weber das treibende Moment für die ganze Schwingung nur in der Schwere des gehobenen Beines erblicken wollten und die Bewegung thatsächlich als Pendelschwingung auffassten. Die Muskelaktion, welche während der Pendelung des Beines statt hat, ist ihnen etwas sekundäres, accessorisches, sie dient nur zur Verkürzung des Beines, um das Aufstoßen desselben auf dem Boden zu verhindern und die zweite Muskelaktion ist die plötzliche willkürliche Beendigung des Schrittes, eine Anschauung, die wohl heute kaum jemand anerkennen dürfte. Von einer Muskelwirkung als treibenden oder unterstützenden Moment der Vorwärtsbewegung des schwingenden Beines ist nirgends die Rede.

---

1) Vierordt: Das Gehen des Menschen in gesunden und kranken Zuständen. Tübingen 1881.

2) W. Braune u. O. Fischer: Der Gang des Menschen. I. T. Abh. d. math. phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XXI, Nr. 4. Leipzig 1895.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das dritte wesentliche Element des Ganges stellen nach v. Meyer diejenigen Thätigkeiten dar, welche die Aequilibrierung des Körpers auf einem Beine ermöglichen. Aber auch hier ist eine große Mannigfaltigkeit zu konstatieren, indem einmal verschiedene Muskelkombinationen zur Erreichung dieses Zweckes in Thätigkeit versetzt werden können, außerdem können die Aequilibrierbewegungen in sehr verschiedenen Gelenken ausgeführt werden. Ferner weist v. Meyer noch auf die den Gangmechanismus wesentlich ergänzenden Aktionen des Körpers hin. Als minder wichtig werden die Armbewegungen geschildert, dagegen wird der Lendenwirbelsäule respektive deren Muskulatur eine sehr wichtige und beträchtliche Thätigkeit zuerkannt. Mit jedem Vorsetzen des hinteren Beines ist eine kräftige Aktion des Musculus sacrolumbalis verbunden, welche im Interesse der Aufrechthaltung des Körpers die Lendengegend stark einknickt. Diese Muskelaktion ist ein integrierender Teil eines jeden Schrittes.

Aus den verschiedenen Kombinationen der einzelnen Elemente entstehen die verschiedensten Arten des Ganges; in erster Linie kommen die einzelnen bogenförmigen in Frage, aus denen die Fortbewegungslinie zusammengesetzt ist. Für gewöhnlich wird eine Kombination des vertikalen und horizontalen Bogens angewendet, letzterer gestattet unter bestimmten Verhältnissen eine bequeme Vergrößerung der Schritte. Außerdem wird vom horizontalen Bogen auch dann ausgiebigerer Gebrauch gemacht, wenn die Ausführung des vertikalen Bogens erschwert oder verhindert ist; das kann sowohl unter normalen als unter pathologischen Bedingungen der Fall sein. Schließlich sei noch erwähnt, dass die einzelnen Abschnitte des Hauptbogens für sich allein zur Fortbewegung dienen können, wodurch wieder neue Variationen des Ganges entstehen. Der gebräuchliche Gang kommt auf die Weise zu stande, dass neben den genauer geschilderten Bogenelementen noch die Aktion des Musculus sacrolumbalis für die Aufrichtung des Rumpfes in die Gangbewegung aufgenommen wird, „weshalb das zurückbleibende (hintere) Bein nicht in allen Teilen gestreckt ist, sondern eine Kniebeugung zeigt und in dem auf die Zehen erhobenen Fuße eine mehr oder weniger bemerkbare Streckung des Fußgelenkes. Schwingt das hintere Bein dann nach vorn, so behält es die Kniebeugung und wird mit dieser auf den Boden gesetzt. Wenn es dann die Belastung durch die Schwere aufgenommen hat, und es findet die Aufrichtung des Beckens auf demselben statt, so tritt während der Ausführung des Hauptbogens vorübergehend als sekundäre Wirkung der Strecker des Hüftgelenkes eine vorübergehende Streckung des Knies auf, welche den Rumpf soviel erhebt, dass das Vorwärtsschwingen des freien Beines dadurch mehr Spielraum gewinnt“.

Damit habe ich die Hauptpunkte der Meyer'schen Unter-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

suchungen skizziert. Wenn dies etwas ausführlicher geschehen ist, als nötig erscheinen könnte, so möchte ich darauf hinweisen, dass gerade die Meyer'schen Anschauungen weniger bekannt sind und in den gebräuchlichen Lehrbüchern der Physiologie nicht jene Berücksichtigung gefunden haben, die sie verdienen. (Eine Ausnahme bildet z. B. das Grünhagen'sche Lehrbuch.) Die meisten Lehrbücher stehen noch ganz auf dem Boden der Weber'schen Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge, als deren weitere moderne Ausgestaltung die umfangreichen Untersuchungen von Marey, sowie Braune und Fischer Aufnahme gefunden haben. Aus diesen Gründen kann von einer Uebersicht über die Ergebnisse der Weber'schen Fundamentalarbeiten abgesehen werden, da dieselben als allgemein bekannt vorausgesetzt werden dürfen. Ich kann dies aber um so mehr thun, als sich bei der Besprechung der Braune-Fischer'schen Untersuchungen, namentlich des dritten Teiles der Fischer'schen Arbeit über den Gang des Menschen Gelegenheit finden wird, auf die Weber'sche Mechanik zurückzukommen.

Man kann sagen, dass die Brüder Weber mit den von ihnen aufgestellten Sätzen die äußere Erscheinungsweise des Ganges, soweit sie ihnen mit ihren Hilfsmitteln erkennbar war, möglichst genau beschrieben und teilweise motiviert haben, wobei auch diejenigen Varietäten des Ganges Berücksichtigung gefunden haben, welche durch schnellen oder langsamen Gang, lange oder kurze Schritte u. s. w. bedingt sind.

Nach den Brüdern Weber hat Carlet[1]) im Marey'schen Laboratorium die Gehbewegung mit Hilfe der graphischen Methodik studiert. Die Methode selbst ist nicht geeignet, einen unbeeinflussten Gang zu stande kommen zu lassen, es kann sich bei diesen Versuchen nur um einen erzwungenen Gang handeln, der durch die Registriermethode wesentlich beeinflusst war. In der Anwendung der graphischen Methodik liegt wohl das Hauptverdienst der Carlet'schen Arbeit, weil dieselbe zum Ausgangspunkte vieler später verbesserter Untersuchungsmethoden wurde, während die Einzelresultate meist schon Bekanntes der Weber'schen Untersuchungen bestätigen. Immerhin ist die Carlet'sche Untersuchung schon deshalb interessant, weil sie die erste graphische Darstellung der räumlichen Schwankungen der Regio pubis und des Trochanters während des Gehens bietet. Sowohl die Brüder Weber als auch v. Meyer hatten die räumliche Bewegung eines Beckenpunktes während des Ganges erkannt, wenn sie auch über die Form der Bewegungskurve keine strikten Angaben machen konnten. Für v. Meyer ist diese Bewegung sogar eine selbstverständliche Notwendigkeit, welche durch die

1) Carlet l. c.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gleichzeitige Kombination des horizontalen und vertikalen Bogens beim Gange bedingt ist, ebenso selbstverständlich sind für ihn die räumlichen Schwankungen des Körpers während des Gehens. Die Brüder Weber haben dagegen die horizontalen (seitlichen) Bewegungen des Körpers beim Gehen nicht als wesentlich oder gar charakteristisch angesehen, denn nach ihrer Meinung ist es „fehlerhaft, wenn man zulässt, dass der Rumpf sich beim Gehen bald nach rechts, bald nach links drehe". Wesentlich weicht Carlet von der Darstellung der Brüder Weber ab, indem er findet, dass die Ferse des schwingenden Beines früher aufgesetzt wird als die Fußspitze, während die Brüder Weber und auch v. Meyer gerade das Gegenteil behaupten. v. Meyer[1]) erklärt diesen Widerspruch Carlet's, abgesehen von dem Einflusse der Absätze der Versuchsschuhe als eine Eigenart des individuellen Ganges der Versuchsperson. Beim Gange mit mehr rückwärts geneigtem Oberkörper wird nach v. Meyer's Angaben der hintere Ergänzungsbogen größer, dagegen ist bei flüchtigem Gange der Oberkörper mehr nach vorwärts geneigt, der vordere Ergänzungsbogen ist größer geworden, weshalb im ersteren Falle mit der Ferse, im letzteren Falle mit der Fußspitze zuerst aufgetreten wird. Was die von Carlet verzeichneten Schwankungen der Regio pubis anbelangt, so setzen sie sich aus den Bewegungen des Rumpfes und der Schwankung der Beckenneigung zusammen. Carlet nahm ebenso wie die Brüder Weber an, die Beckenneigung sei während des Ganges eine unveränderliche, während v. Meyer die Schwankungen der Beckenneigung besonders hervorhebt, indem er ihr, wie bereits erwähnt, beim Vorwärtsschwingen des Beines eine große Bedeutung beimisst. Nach Carlet haben die seitlichen Schwankungen ein Maximum im Augenblicke des Aufstehens auf einem Beine, und zwar ist z. B. das Maximum der Schwankung nach rechts am größten, während der Körper auf dem rechten Beine ruht. Das Maximum der Vertikalschwankung des Körpers fällt mit dem Stehen auf einem Beine zusammen, während das Minimum derselben mit dem Aufstehen beider Beine zusammentrifft.

Diese von Carlet auf graphischem Wege gefundenen Thatsachen ergeben sich aber von selbst mit zwingender Notwendigkeit aus dem Verhalten des vertikalen Bogens, der vom tragenden Fuße beschrieben wird und der schon deshalb sein Maximum während des Aufstehens auf einem Beine haben muss. Ebenso selbstverständlich erscheint die Angabe Carlet's, dass beim breitspurigen Gange die horizontalen Schwankungen stärker werden, weil eben dabei der Anteil des horizontalen Bogens an der Gehbewegung zugenommen hat; ebenso lassen sich auch die anderen von Carlet gefundenen Schwankungen ohne weiteres aus den Meyer'schen Elementen a priori ableiten.

1) Meyer, l. c., Biol. Centralbl.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Eine weitere Ausbildung erfuhr die Carlet'sche Untersuchungsmethode durch Vierordt[1]), der an Stelle der pneumatischen Telegraphie Carlet's die elektrische setzte. Außerdem verwandte er zur Verzeichnung der räumlichen Schwankungen beim Gehen die zeichnenden Schuhe und ein System feiner Röhren, welche farbige Flüssigkeiten gegen entsprechend angebrachte Papierstreifen spritzten. Diese Spritzröhren waren an verschiedenen Stellen der unteren und oberen Extremität sowie des Rumpfes angebracht. Die Versuchsanordnung ist eine sehr komplizierte, welche einen unbeeinflussten Gang kaum zulässt, außerdem lässt die Exaktheit der Spritzmethode viel zu wünschen übrig. Immerhin kam Vierordt zu einigen sehr bemerkenswerten Resultaten, indem er vor allem Ungleichmäßigkeiten in der Schrittlänge nachweisen konnte. Nach Vierordt hat jedes Bein seine eigene mittlere Schrittlänge, ferner variiert der seitliche Abstand der beiden Fersenspuren (die Spreizweite) bei demselben Individuum und im Einzelversuche. Bezüglich der Pendelung des schwingenden Beines steht er, wie schon erwähnt, auf dem Standpunkte, dass diese durch Muskelkräfte bedingt sei. Außer der Schrittlänge wird auch die Dauer bestimmt, welche eine sehr ungleiche ist. Ebenso verhält sich die Zeit des Stehens auf einem Fuße, die Zeit der Schwingung und Abwicklung eines Beines. Für Vierordt sind die gefundenen Unregelmäßigkeiten geradezu die Regel. Die Brüder Weber konnten bei ihrem Versuchsverfahren von all den Unregelmäßigkeiten keine Kenntnis erlangen, weil sie z. B. die Schrittlänge, Schrittdauer, Zeit des Schwingens indirekt durch Rechnung ermittelten unter der eigentlich ganz unbegründeten Voraussetzung, dass alle diese Größen stets gleich seien. Diese unrichtige Anschauung der Brüder Weber ist sicherlich durch die Ueberzeugung von der ausschließlichen Richtigkeit der Pendeltheorie bedingt worden.

Von großer Bedeutung für die weiteren experimentellen Untersuchungen des Ganges wurden die zahlreichen Arbeiten Marey's[2]),

1) Vierordt, l. c.

2) Marey: Sur la reproduct. par la photographie des diverses phases du vol des oiseaux Compt. rend., T. 94, 1882; Photographies instantanées d'oiseaux au vol. C. r., T. 94, 1882; Emploi de la photogr. instantanée pour l'analyse des mouvements chez les animaux C. r., T. 94, 1882; Analyse du mécanisme de la locomotion au moyen d'une série d'images photographiques recueillis sur une même plaque et representant les phases successives du mouvement C. r., T. 95, 1882; Emploi de la photogr. pour déterminer la trajectoire des corps en mouvement, avec, leurs vitesses à chaque instant et leurs positions rélatives. Application à la Mécanique animale C. r., T. 95, 1882; Emploi des photographies partielles pour étudier la locomotion de l'homme et des animaux C. r., T. 96, 1883; Appareil photochronographique applicable à l'analyse de toutes sortes de mouvements C. r., T. 111, 1890. Ferner: La machine animale, Paris 1873; C. r., 1874, T. 79, p. 125; Travaux du laboratoire de M. Marey, Année 1875,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der die Momentphotographie zur exakten Untersuchung der Bewegungsvorgänge heranzog. Schon vor Marey wurden durch Muybridge einzelne Momentbilder eines laufenden Pferdes angefertigt, später sind diese Momentaufnahmen durch Anschütz und Londe zu einem hohen Grade von Genauigkeit durchgebildet worden und heute wundern wir uns kaum noch über die zu hervorragender Vollkommenheit gelangten Serienaufnahmen für die Kinematographen. Marey war der erste, dem es gelang, mit einem einzigen Apparat genaue Serienaufnahmen zu erlangen und so den experimentellen Untersuchungen über die Bewegungsvorgänge eine exakte Unterlage zu geben, indem es durch diese Methode ermöglicht wurde, den zeitlichen Ablauf einer Bewegung hinlänglich genau zu analysieren. Marey arbeitete in seinen zahlreichen Untersuchungen sowohl mit der fixen als auch beweglichen Platte. Durch Vorsetzen einer rotierenden gefensterten Scheibe (Rad mit Speichen) vor das Objektiv des photographischen Apparates konnte Marey Bewegungsphasen, welche nur $^1/_{100}''$ gegeneinander differierten, zur Darstellung bringen, wobei auch zum erstenmale der Kunstgriff verwendet wurde, nur einen schmalen Streifen des bewegten Objektes zu photographieren, um das Sich-Decken der einzelnen Phasenbilder zu verhindern. Auf dem schwarzen Trikotanzuge des Versuchsindividuums wurden zwischen den Hauptgelenken schmale weiße Streifen angebracht. Auf diese Weise gelingt es, eine die räumlichen und zeitlichen Verhältnisse darstellende Projektion des Bewegungsvorganges in einer Ebene, z. B. der Gangebene zu erhalten. Ueber die gesamten räumlichen Bewegungen des Körpers beim Gehen können diese Aufnahmen aber keinen Aufschluss geben, ja die Marey'schen Bilder sind nicht einmal, strenggenommen, eine absolut genaue Projektion der Bewegung auf eine zur Fortbewegungsrichtung parallele Ebene, weil eine solche nur durch die Parallelprojektion möglich wäre. Die gewöhnliche photographische Projektion ist aber eine Centralprojektion der äußeren Körper auf eine zur optischen Axe des photographischen Apparates senkrechte Ebene. Man kann an einer solchen photographischen Aufnahme keine Aufschlüsse über die Geschwindigkeit zweier bewegter Punkte erhalten, wenn sie nicht ein und derselben Ebene angehören, welche auf der optischen Axe des Apparates senkrecht stehen muss. So wertvoll auch Marey's „chronophotographische" Aufnahmen sind, so lassen sie doch eine ganz exakte Darstellung des Bewegungsvorganges nicht zu; denn zur vollständigen Registrierung einer räumlichen Bewegung sind mindestens zwei in möglichst voneinander abweichenden Richtungen gleichzeitig gewonnene Projektionen erforderlich, wobei die Richtung, in welcher sie gewonnen werden, ebenso be-

Paris 1876; Développement de la méthode graphique par l'emploi de la photographie, Paris 1885; Le mouvement, Paris 1894; Le vol des oiseaux, Paris 1889.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

langlos ist wie der Umstand, ob es sich um Central- oder Parallelprojektionen handelt.

In voller Erkenntnis dieser wichtigen Thatsachen haben W. Braune und O. Fischer[1]) bereits im Jahre 1891 die zweiseitige Chronophotographie zu einem genauen Studium der Bewegungen des Kniegelenkes angewandt. Die Schwierigkeiten für eine exakte Handhabung dieser Methode sind keine geringen, aber sie sind von den letztgenannten Autoren geradezu glänzend überwunden worden. Indem das zu photographierende Objekt durch den elektrischen Funken gleichsam selbstleuchtend gemacht wurde, konnte die Unterbrechung der Exposition in allen verwendeten Apparaten in demselben Zeitmoment erfolgen, eine unerlässliche Bedingung für dergleichen exakte Untersuchungen. Zudem ist der elektrische Funke wegen seiner kurzen Dauer, der großen Helligkeit und namentlich deswegen zur zweiseitigen Chronophotographie besonders geeignet, weil er nach allen Richtungen hin gleichmäßig stark Licht aussendet. Gestützt auf ihre überaus günstigen Erfahrungen in der soeben genannten Arbeit haben die Autoren diese Untersuchungsmethode auch zur Analyse des menschlichen Ganges[2]) angewendet und erwarten so ein vollkommenes Bewegungsgesetz des menschlichen Körpers beim Gehen aufstellen zu können, indem sie den ganzen Bewegungsvorgang auf ein räumliches Koordinatensystem beziehen konnten, was keine der früheren Serienaufnahmen des Ganges gestattet. Das Bewegungsgesetz eines Körpers ist erst dann bekannt, wenn man nicht nur die Bewegungsbahn der einzelnen Punkte des Körpers kennt, sondern auch weiß, mit welchen Geschwindigkeiten diese Bahn an jeder Stelle durchlaufen wird und welche Beschleunigung der Körper im Verlaufe der Bewegung erfährt. Bevor aber die Autoren an die Lösung dieser Aufgabe herangingen, hatten sie durch sehr sorgfältige Untersuchungen die Dimensionen und Gewichte der einzelnen Körperteile an der Leiche bestimmt[3]), ferner untersuchten die Autoren die Lage des Schwerpunktes, die Größe des Trägheitsmomentes[4]) der einzelnen Körperabschnitte, sowie auch die gegenseitige Abhängigkeit der Bewegungen benachbarter Glieder

---

1) W. Braune und O. Fischer: „Die Bewegungen des Kniegelenkes nach einer neuen Methode am lebenden Menschen gemessen. Abh. d. mathem. phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XVII, Nr. 2. Leipzig 1891.

2) W. Braune und O. Fischer: Der Gang des Menschen. I. T. Versuche a. unbelast. u. belast. Menschen. Abh. d. math. phys. Kl. d. kgl. sächs. Ges. der Wissensch. Bd. XXI, Nr. 4. Leipzig 1895.

3) W. Braune und O. Fischer: Ueb. d. Schwerpunkt d. menschl. Körpers mit Rücksicht auf die Ausrüstung d. deutschen Infanteristen. Ebenda Bd. XV, Nr. VII, Leipzig 1889.

4) W. Braune und O. Fischer: Bestimmung der Trägheitsmomente d. menschl. Körpers und seiner Glieder. Ebenda Bd. XVIII, Nr. 8. Leipzig 1892.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

voneinander[1]). Ueber diese sehr umfangreichen Arbeiten auch nur in aller Kürze referieren zu wollen, würde den Rahmen meiner Darstellung so weit überschreiten, dass ich mich nur mit der Konstatierung dieser Thatsachen begnügen muss, indem ich auf die citierten Arbeiten selbst verweise.

Die Versuchsperson wurde wie bei den Marey'schen Versuchen mit einem schwarzen Trikotanzuge bekleidet, auf welchem anstatt der Papierstreifen Marey's eine Reihe (im ganzen elf) mit Stickstoff gefüllter Geissler'scher Röhren unverrückbar angebracht war. Die Röhren waren so angeordnet, dass sie der Bewegung der Glieder getreu folgten, ohne die Bewegungen in den Gelenken, zwischen welchen sie angebracht waren, zu verhindern. Es war je eine Röhre für jeden der beiden Oberschenkel, Unterschenkel, Fuß, Oberarm und Unterarm, ferner eine für den Kopf verwendet worden. Durch Asphaltringe waren auf den Röhren die Schwerpunkte und Gelenkmittelpunkte markiert. Die an den Röhren ausgezeichneten Punkte veranschaulichen natürlich jene wichtigen Punkte nicht direkt, sie sind vielmehr nur Hilfspunkte, welche die Projektion der ersteren nach außen auf die Körperoberfläche veranschaulichen. Die wahren Bewegungskurven der projicierten Punkte lassen sich dann durch Rechnung oder Konstruktion leicht ermitteln, weil der Abstand der an den Geissler'schen Röhren bezeichneten Punkte von den entsprechenden Punkten des Körpers zuvor möglichst genau festgestellt wurde. Die Autoren geben selbst an, dass ein solches Verfahren kein absolut genaues Bild über die Bewegungen der Gelenkmittelpunkte etc. geben kann, weil dieselben während der Bewegungen nicht konstant sind. Ebenso müssen die kleinen Richtungsänderungen der Gelenkaxen unberücksichtigt bleiben.

Die Geissler'schen Röhren sind hintereinander in den sekundären Stromkreis eines Ruhmkorff'schen Funkeninduktors eingeschaltet, dessen primärer Strom durch eine Stimmgabel von 26,09 Schwingungen in der Sekunde unterbrochen wird. Zwischen zwei aufeinander folgenden Phasen der photographischen Aufnahme liegen 0,0383". Um die erhaltenen Bewegungsbilder auf ein räumliches Koordinatennetz beziehen zu können, wurde auf jede der Platten noch ein Koordinaten-

1) O. Fischer: Die Arbeit d. Muskeln und die lebendige Kraft d. menschl. Körpers. Ebenda Bd. XX, Nr. 1. Leipzig 1893.

Derselbe: Beiträge zu einer Muskeldynamik. I. Abh. Ueb. die Wirkungsweise eingelenkiger Muskeln. Ebenda Bd. XXII, Nr. 2. Leipzig 1895.

Derselbe: Beitr. zu einer Muskeldynamik. II. Abh. Ueber die Wirkung d. Schwere und beliebiger Muskeln auf das zweigliederige System. Ebenda Bd. XXIII, Nr. 6. Leipzig 1897.

Derselbe: Beiträge zur Muskelstatik. I. Abh. Ueber das Gleichgewicht zwischen Schwere und Muskeln am zweigliederigen System. Ebenda Bd. XXIII, Nr. 4. Leipzig 1896.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

netz photographiert. Ferner wurden von jeder Seite gleichzeitig zwei Aufnahmen gemacht, weil man fast von keinem Punkte die Geissler'schen Röhren gleichzeitig übersehen konnte. Der eine der beiden Apparate jeder Seite steht mit seiner optischen Axe senkrecht auf der Gangebene, er liefert also eine Profilaufnahme, während die optische Axe des zweiten Apparates mit der des ersten einen Winkel von 60° einschließt; er verzeichnet die Ansicht von schräg vorne. Die entscheidenden Versuche wurden bei Nacht ausgeführt; nachdem das Individuum ungefähr fünf Schritte gegangen war, erfolgte der Stromschluss, welcher nach drei bis vier Schritten wieder unterbrochen wurde. Dennoch setzte die Versuchsperson ihren Weg noch einige Schritte fort. Die Versuche wurden beim gewöhnlichen Gange ohne Belastung und beim Gange mit Belastung ausgeführt; als Belastung ist die feldmarschmäßige Ausrüstung des deutschen Infanteristen gewählt worden (Tornister, drei Patronentaschen, Gewehr).

Zur Ableitung der räumlichen Koordinaten aus den Serienbildern wurden die photographischen Platten direkt verwendet, indem die auf den Platten verzeichneten Phasen in ihrer Lage zu dem mitphotographierten Koordinatennetz vermittels eines eigens konstruierten Koordinatenmessers mikroskopisch festgestellt wurden. Trotzdem nicht für sämtliche markierten Punkte die Koordinaten ausgemessen wurden (die Schwerpunktskoordinaten bleiben zunächst unberücksichtigt), so ergiebt sich für die drei ausgemessenen Versuche (drei Doppelschritte) die staunenswerte Arbeit von 6696 Messungen. Aus den Koordinaten der photographierten Punkte der Geissler'schen Röhren wurden die Koordinaten der Gelenkmittelpunkte in der schon angedeuteten Weise abgeleitet; denn um eine unmittelbare Vorstellung von der Haltung der einzelnen Körperabschnitte in den entsprechenden Bewegungsphasen zu bekommen, müsste man sich Photogramme für die Stellungen der einzelnen Längsaxen der Glieder während der verschiedenen Bewegungsphasen verschaffen. Braune und Fischer bezeichnen als Längsaxen die Verbindungsgeraden der Mittelpunkte der beiden das Glied begrenzenden Gelenke. Für die einzelnen Extremitätenabschnitte ist diese Definition ohne weiteres verständlich. Für den Kopf, Fuß und das von den Autoren angenommene starre System, Unterarm + Hand soll als Längsaxe die Gerade eingeführt sein, welche den Schwerpunkt des Gliedes mit dem Mittelpunkt des einen begrenzenden Gelenkes verbindet. Beim Rumpfe soll die Längsaxe durch die Verbindungsgerade der Mitte der Hüftaxe und des Mittelpunktes des Atlanto-Occipitalgelenkes dargestellt sein. Die Feststellung der jeweiligen Lage dieser Axen genügt zur ausreichenden Kenntnis der Bewegungen vollkommen, freilich werden sich dabei nicht alle Bewegungen der Wirbelsäule genügend scharf markieren. Der Annahme der Autoren, dass die Wirbelsäule während des Gehens keine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wesentlichen Verbiegungen nach vorn oder hinten erfährt, möchte ich die Meyer'sche Angabe über die wesentlich vermehrte Krümmung der Lendenwirbelsäule bei der Aufrichtung des Beckens entgegenhalten. Jedenfalls können aber die Autoren aus ihren Photogrammen alle diesbezüglichen Thatsachen ermitteln, indem sie die Abstände der Raumkurven des Kopfscheitelpunktes, respektive der Schulterlinienmitte von der Hüftlinienmitte in den einzelnen Bewegungsphasen feststellen. Damit wird auch die Meyer'sche Angabe von der Veränderung der Beckenneigung einigermaßen einer neuen Prüfung unterzogen werden. Allerdings wird man auf Grund der vorliegenden Photogramme darüber zu keinem sicheren Resultate kommen, ob die Verbiegung nach hinten oder vorn stattgefunden hat, was zu wissen nicht unnötig wäre, wenn wir auf die die Gestaltveränderung bewerkstelligenden Kräfte (welche Muskeln) einen Schluss ziehen wollen. Die Autoren heben dann selbst hervor, dass ihre Bilder keinen Aufschluss über die Rollungen des Kopfes, Fußes und des Systems Unterarm + Hand um ihre Längsaxen geben.

Bei der Ableitung der räumlichen Koordinaten der Gelenksmittelpunkte wird auch noch dem Umstande Rechnung getragen, dass es bei einem unbeeinflussten Gang nicht gut möglich ist, sich ganz genau in einer angegebenen Richtung zu bewegen. Deshalb wurde von Braune und Fischer die Axe des räumlichen Koordinatensystemes, welche die Fortbewegungsrichtung angeben soll, mit der letzteren thatsächlich zur Deckung gebracht.

Die ermittelten Koordinaten enthalten nach Braune und Fischer's Meinung alle Einzelheiten des Bewegungsvorganges und gestatten die Lösung aller Probleme, welche sich unter den gewählten Versuchsbedingungen auf das Bewegungsgesetz beziehen. Die Autoren glauben sogar Schlüsse auf die bewegenden Kräfte im Innern des Körpers ziehen zu können. Gewiss wird es möglich sein, auf diesem Wege den Anteil einzelner Muskeln an dem Zustandekommen der Bewegung zu erschließen, aber auch da werden sich schon große Schwierigkeiten hinderlich in den Weg stellen. Wenn wir nur den einfachsten Fall einer kombinierten Muskelbewegung in Betracht ziehen, die Aktion von Agonisten und Antagonisten, so wird es selbst bei verhältnismäßig einfachen Bewegungen schwer fallen, den Anteil eines jeden derselben an dem Zustandekommen der Bewegung zu ermitteln. Bedenken wir aber, dass es sich beim Gehen um die verschiedensten Kombinationen von einzelnen Muskeln handeln kann, welche durch entsprechende Koordination eine bestimmte Bewegung hervorzubringen im stande sind, und dass antagonistische Wirkungen auch durch entsprechend koordinierte Thätigheit sehr verschiedener Muskeln zu stande kommen können, so muss ich wohl sagen, dass wir einen genaueren Einblick in die qualitativen und

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

vor allem quantitativen Verhältnisse der einzelnen Muskelaktionen beim Gehen vorläufig kaum erwarten dürfen.

Die unmittelbar gewonnenen Versuchsresultate haben natürlich zunächst nur für das untersuchte Individuum Giltigkeit. Trotzdem auch Braune und Fischer betonen, dass jeder Mensch einen besonderen, oft charakteristischen Gang hat, so müssen dennoch die Unterschiede im Gange aller Menschen nur auf quantitativen Unterschieden beruhen, wofür in erster Linie die verschiedenen Dimensionen der Knochen, die wechselnde Gestalt der Gelenkflächen und die verschiedene Massenverteilung im Körper verantwortlich gemacht werden müssen. Dagegen ist die Folge und die Art der gleichzeitigen Bewegung der einzelnen Körperabschnitte bei allen Menschen dieselbe. Aus diesen Gründen sollen die von Braune und Fischer ermittelten Resultate aus den Koordinatentabellen nicht bloß individuelle Giltigkeit besitzen, sondern die typischen Gesetze erkennen lassen, nach welchen die Bewegungen der Glieder beim Gange des Menschen stattfinden; „sie werden andererseits vermutlich die Mittel an die Hand geben, die geringen Unterschiede, welche jedem Gange sein charakteristisches Gepräge verleihen, quantitativ zu bestimmen“.

Die Annahme der Autoren, dass alle Unterschiede des Ganges der verschiedenen Individuen nur auf quantitativen Unterschieden beruhen, dass dagegen die Folge und Art der gleichzeitigen Bewegung der einzelnen Körperteile bei allen Individuen dieselbe sei, diese Annahme kann durchaus nicht Anspruch auf allgemeine Anerkennung erheben. Sie ist eine Hypothese, welche von allen Autoren gemacht worden ist, welche einen typischen Gang als Grundlage ihrer Analyse voraussetzen, ohne dass auch nur irgend einer der Autoren einen sicheren Beweis für diese Annahme zu erbringen im stande gewesen wäre. Zum mindesten muss dieser Hypothese die Meyer'sche Anschauung, nach welcher es einen typischen Gang nicht giebt, als gleichwertig gegenübergestellt werden. Allerdings hat die Diskussion der Frage des typischen Ganges eine große Schwierigkeit, indem sie leicht als ein Streit um Worte erscheinen könnte, weil sich die Entscheidung dabei wesentlich um die Deutung der Worte „qualitativ“ und „quantitativ“ dreht, und zwar in solchen Fällen, wo eine Entscheidung durchaus nicht immer leicht zu treffen sein wird. Braune und Fischer stützen ihre Anschauung, dass den von ihnen gefundenen Bewegungsgesetzen allgemeine Geltung zukommen dürfte, eigentlich nur auf drei Versuche, in welchen immer nur ein einziger Doppelschritt ausgemessen wurde. Außerdem sind von den drei ausgemessenen Versuchen nur zwei unter genau gleichen Versuchsbedingungen angestellt worden, während der dritte Versuch durch die Belastung modifiziert worden ist. Denn diejenigen Versuche,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

welche nicht ausgemessen worden sind, kommen gar nicht in Frage; da zu der Genauigkeit der Koordinatenmessung eine mikroskopische Messung erforderlich war, kann man ohne eine solche zu keinem genügenden Urteile kommen, ob die anderen nicht ausgemessenen Versuche übereinstimmende Resultate ergeben oder nicht. Ebenso kann man aus den angegebenen Gründen gar nicht wissen, ob die Phasen des zur Messung herausgegriffenen Doppelschrittes mit den entsprechenden anderer Schritte desselben Versuches übereinstimmen. Ein anderes Bedenken, welches ich gegen eine uneingeschränkte Verallgemeinerung der Braune-Fischer'schen Versuchsergebnisse zu äußern wage, ist das, dass alle drei Versuche an ein und demselben Individuum und in ein und derselben Nacht angestellt wurden. Gerade dadurch wird die Verallgemeinerung wesentlich erschwert. Wir haben gar keine Stütze für die Annahme, dass die Untersuchung eines zweiten Versuchsindividuums genau die gleichen Resultate gefördert haben würde. Die Brüder Weber haben diesen Bedenken sehr wohl Rechnung getragen, indem sie ihre Untersuchungen an verschiedenen Individuen kontrollierten. Außerdem ist es doch auch sehr wahrscheinlich, dass wir zu verschiedenen Zeiten einen etwas verschiedenen Gang haben; auch diesem Einwande haben die Brüder Weber wenigstens teilweise Berücksichtigung zu teil werden lassen. Dabei handelte es sich bei ihren Untersuchungen nicht im entferntesten um so subtile Detailfragen, wo eine so hervorragende Genauigkeit notwendig gewesen wäre, wie in den Braune-Fischer'schen Untersuchungen. Gerade die außerordentliche Exaktheit der Methodik scheint mir besonders dazu geeignet zu sein, die individuellen Eigentümlichkeiten mehr in den Vordergrund treten zu lassen, als zur Ableitung allgemein giltiger Gesetze gut erscheinen könnte. Selbst dann, wenn wir einen typischen Gang anzunehmen berechtigt wären, so könnten die Gesetze desselben doch nur aus vielen Einzelversuchen abgeleitet werden, welche unter genau gleichen Versuchsbedingungen an verschiedenen Individuen angestellt werden müssten. Dabei müsste noch der Punkt Berücksichtigung finden, dass zu diesen Versuchen nur solche Individuen ausgewählt werden, welche einen anscheinend normalen Gang besitzen, d. h. einen solchen Gang, an dem wir keine uns auffällige Abweichung von einem eigentlich ganz willkürlich als normal angesehenen Gange finden. Dabei würde aber die Auswahl der Versuchsperson nicht geringe Schwierigkeiten bieten, wie uns die Braune-Fischer'schen Untersuchungen lehren; trotzdem die Autoren bei gewöhnlicher Betrachtung keine Asymmetrie in den Bewegungen ihres Versuchsindividuums erkennen konnten, so war eine solche auf den photographischen Phasenbildern dennoch deutlich vorhanden, wie die Messungen ergaben. Wir müssen also mit den Autoren konstatieren,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dass das Versuchsindividuum deutlich hinkte. Wollte man nun Einzelheiten erschließen, so müsste man erst genau wissen, welche der beiden Seiten den normalen Typus darstellen soll. Würden aber gar Individuen untersucht, deren Gang deutliche Differenzen schon bei gewöhnlicher Betrachtung erkennen lässt, dann würden die Schwierigkeiten ins Ungemessene sich steigern. Schließlich dürfen wir gar nicht erwarten, dass in den Braune-Fischer'schen Versuchen das Versuchsindividuum seinen sogenannten natürlichen Gang gehabt haben konnte. Einmal setzt der knapp anliegende Trikotanzug jeder Bewegung einen gewissen, wenn auch kleinen Widerstand entgegen, andererseits mussten die Geissler'schen Röhren doch so fest angeschnallt sein, dass sie sich nicht verschoben. Dadurch werden aber die Muskeln an einzelnen Stellen von außen her nicht unerheblich zusammengedrückt, so dass ihre Thätigkeit keine ganz normale sein konnte. Bei Betrachtung der Photographie, „das Versuchsindividuum in voller Ausrüstung", kann man sich des Eindruckes nicht erwehren, dass in dieser Rüstung nur ein erzwungener Gang möglich ist. In dieser Anschauung werden wir noch mehr bestärkt, weil wir aus den Angaben der Autoren erfahren, dass „die Bekleidung des Versuchsindividuums gewöhnlich 6—8 Stunden Zeit in Anspruch nahm" und die Versuche obendrein zur Nachtzeit im Dunkeln angestellt wurden. Nach einer solchen Abspannung ist es kaum zu erwarten, dass das Versuchsindividuum anders als gezwungen gehen konnte. Der gewöhnliche, sogenannt natürliche Gang des Versuchsindividuums ist nach richtiger Würdigung aller angeführten Momente aller Wahrscheinlichkeit nach niemals verzeichnet worden.

Aus den angeführten Gründen gaube ich einer bedingungslosen Verallgemeinerung der Braune-Fischer'schen Versuchsergebnisse vorläufig nicht das Wort reden zu können. Wir werden diese Versuche strenggenommen immer nur als rein individuelle Giltigkeit besitzende betrachten müssen. Darum wird aber der große Wert der Braune-Fischer'schen Untersuchungen nicht im entferntesten beeinträchtigt, denn die Autoren haben zum erstenmal ein vollkommenes Bild des menschlichen Ganges entwickelt, dem bei der außerordentlichen Genauigkeit der ganzen Versuchs- und Messungsmethode trotz des individuellen Charakters unsere volle Aufmerksamkeit gebührt. Die rechnerische Arbeit, welche bei der Verwertung der direkt gemessenen Photogrammkoordinaten zu leisten war, ist eine ganz enorme. Daraus erklärt es sich auch, dass in drei Versuchen nur je ein Doppelschritt ausgemessen werden konnte.

Nach diesen allgemeinen Erörterungen sollen die speziellen Versuchsergebnisse Braune-Fischer's mitgeteilt werden. Zuerst werden die Bahnkurven der Gelenkmittelpunkte, des Kopfscheitel-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

punktes, des Fußschwerpunktes und der Fußspitze abgeleitet. Die Bahnkurven sämtlicher eben genannter Punkte stellen doppelt gekrümmte räumliche Kurven dar, welche sich deshalb nicht in eine Ebene einzeichnen lassen. Um eine Vorstellung von ihrem Verlaufe zu gewinnen, sind mindestens ihre Projektionen auf zwei nicht parallele Ebenen nötig. Am günstigsten erweisen sich zu einer genauen Analyse dieser Bahnkurven die Projektion auf die Gangebene (xz-Ebene des räumlichen Koordinatensystemes), welche die Profilansicht darstellt und die Projektion auf die Horizontalebene des Fußbodens (xy-Ebene des räumlichen Koordinatensystemes), welche die Bewegung von oben, gleichsam aus der Vogelschau gesehen, zur Anschauung bringt. Zur Erleichterung des Verständnisses der Projektionen auf zwei Ebenen hat Fischer ein räumliches Modell mit Hilfe der Koordinaten der Gelenkmittelpunkte, des Kopfscheitelpunktes, des Fußschwerpunktes und der Fußspitze angefertigt, welches eine direkte Vorstellung der Bahnkurven der einzelnen Punkte und der sich stetig ändernden Haltung des menschlichen Körpers beim Gehen vermittelt.

Der Kopfscheitelpunkt, sowie die beiden Schulter- unnd Hüftgelenksmittelpunkte beschreiben je eine doppelt gekrümmte Bahn, die in der Projektion auf die Gangebene (xz-Ebene), wie in der auf die Horizontalebene (xy-Ebene) die Form einer nahezu regelmäßigen Wellenlinie (Sinuskurve) besitzen. Diese beiden sollen als „vertikale“ und „horizontale“ Wellenlinie voneinander unterschieden werden. Die Wellenlänge der vertikalen Wellenlinie ist gleich der einfachen Schrittlänge, die der horizontalen Wellenlinie ist doppelt so groß, also gleich der Länge eines Doppelschrittes. Ferner wird der aufsteigende Schenkel der vertikalen Wellenlinie in einer etwas längeren Zeit durchlaufen als der absteigende Schenkel derselben, während bei der horizontalen Wellenlinie die beiden Schenkel in der gleichen Zeit durchmessen werden. Diese Angaben decken sich mit den Beobachtungen Carlet's, auf die ich bereits hingewiesen habe, und sie lassen sich, wie bereits erwähnt, aus den Meyer'schen Bogenelementen ohne weiteres als selbstverständlich ableiten. Dass der absteigende Schenkel der vertikalen Wellenlinie schneller durchlaufen wird als der aufsteigende, folgt aus der Zusammensetzung des Meyer'schen Vertikalbogens, denn der absteigende Schenkel der Braune-Fischer'schen Wellenlinie enthält den ganzen vorderen Ergänzungsbogen v. Meyer's, welcher im wesentlichen ein Fallbogen ist, während der aufsteigende Schenkel der vertikalen Wellenlinie durch den hinteren Ergänzungsbogen und Hauptbogen v. Meyer's gebildet wird, welche durch Muskelaktion bedingt sind. Bei der horizontalen Wellenlinie ist vorwiegend der horizontale Bogen v. Meyer's beteiligt, er ist in allen seinen Teilen durch Muskelaktion bedingt, es fehlt also ein Fallbogen, weshalb auch die beiden Schenkel der horizontalen Wellenlinie gleich oder annähernd gleich sein müssen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Außer diesem im allgemeinen übereinstimmenden Verhalten der horizontalen und vertikalen Wellenlinien, zeigen dieselben doch noch wesentliche Unterschiede, welche sowohl bei den Bahnkurven der beiden Schultergelenksmittelpunkte als auch bei denen der beiden Hüftgelenksmittelpunkte deutlich ausgeprägt sind. Ebenso verhält es sich mit den Bewegungen des Rumpfes und Kopfes, welche Verschiedenheiten zwischen den Bahnen der Hüftgelenksmittelpunkte einerseits und denen der Schultergelenksmittelpunkte andererseits, oder zwischen den letzteren und der Bahn des Kopfscheitelpunktes bedingen. Zum Studium dieser Vorgänge haben Braune und Fischer diese Bewegungen auf eine dritte, zur Gangrichtung senkrechte Koordinatenebene projiciert, welche zugleich auf der Horizontalebene lotrecht steht, es ist dies die yz-Ebene des räumlichen Koordinatensystemes. Die so erhaltenen Bahnkurven für den Kopfscheitelpunkt, die beiden Schulter- und Hüftgelenksmittelpunkte stellen im idealen Falle bei genau geradliniger Fortbewegung des Versuchsindividuums und bei ganz horizontalem Fußboden komplizierte, in sich geschlossene lemniscatenähnliche Kurven dar. Die aus dem Versuch abgeleiteten Bahnkurven sind wegen der Inkonstanz der Geschwindigkeit an manchen Stellen etwas zusammengedrückt, ohne dass ihre Form dadurch wesentlich verändert wird. Sie stimmen mit der Carlet'schen Raumkurve für den obersten Punkt der Symphysis ossium pubis nicht ganz überein, wenngleich die Anschauung Carlet's über die Art dieser Bewegung nicht zu sehr von der von Braune und Fischer vertretenen abweicht.

Die Kurven für den Kopfscheitelpunkt, die Schulter- und Hüftlinienmitte stellen im idealen Falle symmetrische Kurven dar; unter Schulter-, bezw. Hüftlinie ist die Verbindungsgerade der beiden entsprechenden Gelenksmittelpunkte zu verstehen. Die aus den Versuchen direkt abgeleiteten Kurven zeigten ein asymmetrisches Verhalten, weil das Versuchsindividuum, wie bereits erwähnt, hinkte. Die Bahnkurven der Schulter-, respektive Hüftgelenksmittelpunkte zeigen aber auch im idealen Falle in sich keine Symmetrie. Sie lassen erkennen, dass die vertikalen Schwankungen des Kopfscheitelpunktes und der Schultergelenksmittelpunkte größer sind als die der Hüftgelenksmittelpunkte, bei welch letzteren die Horizontalschwankungen überwiegen. Die Vertikalschwankungen des Kopfscheitelpunktes haben je ein Minimum während der Periode des gleichzeitigen Aufstehens beider Beine auf dem Fußboden, was auch für die Vertikalschwankungen der übrigen Punkte zutrifft. Die Minima der verschiedenen Punkte differieren zeitlich etwas, wenn wir sie in Korrelation zum Moment des Aufsetzens der beiden Beine bringen. Ferner zeigt die Lage der Minima der Vertikalschwankungen, dass der obere Teil des Körpers sich nach der Seite des aufgesetzten Beines neigt; z. B. bei Aufsetzen des rechten Beines nach rechts. Das Maximum der Vertikalschwankung wird da-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gegen in dem Momente erreicht, wo der Mittelpunkt des stützenden Beines senkrecht über dem Fußschwerpunkt liegt; es ist das nahezu auch jener Augenblick, wo der Fußschwerpunkt des schwingenden Beines sich unter dem Hüftgelenksmittelpunkte vorbeibewegt, somit entsprechen die Maxima der Vertikalschwankung der gleichzeitig vorhandenen senkrechten Lage beider Beine. Ferner zeigt die Asymmetrie der Kurven der Schultergelenksmittelpunkte, dass die jeweiligen Minima im Momente des Aufsetzens des gleichseitigen Beines am größten sind. So ist z. B. das Minimum der Vertikalschwankung für den linken Schultergelenksmittelpunkt erreicht, wenn das linke Bein aufgesetzt ist. Das Maximum tritt ein, wenn das stützende Bein der gleichnamigen Seite seine Vertikalstellung einnimmt, im angenommenen Falle also wieder das linke Bein. Für die Hüftgelenksmittelpunkte gilt das entgegengesetzte Verhalten bezüglich der Erreichung der Minima und Maxima der Vertikalschwankungen; sie fallen mit den entsprechenden Phasen des kontralateralen Beines zusammen. Die Maxima der horizontalen Schwankungen fallen beim Kopfscheitelpunkt und bei den Hüftgelenksmittelpunkten zeitlich ein wenig vor die vertikalen Maxima, beim Schultergelenksmittelpunkt treten horizontales und vertikales Maximum gleichzeitig ein.

Diese Angaben bestätigen wiederum im großen und ganzen die Carlet'schen Resultate, welche allerdings lange nicht den Grad der Vollkommenheit besitzen, wie die von Braune und Fischer gewonnenen, zugleich sind sie aber auch eine neue Bestätigung der Meyer'schen Grundprinzipien, welche uns das geschilderte Verhalten der untersuchten Punkte ohne weiteres verständlich erscheinen lassen.

Die Drehungen und Deformierungen des Rumpfes lassen sich aus den Richtungsänderungen der Hüftlinie, der Schulterlinie und der Verbindungslinie der Mitte beider eben genannter, welche als Rumpflinie bezeichnet wird, genügend feststellen. Die Hüftlinie führt während der Dauer eines einfachen Schrittes drei halbe Schwingungen in vertikaler Richtung aus. Die Axe liegt sagittal (also auch horizontal), als Mittelpunkt der Bewegung gilt der Mittelpunkt der Hüftlinie. Daraus folgt nun, dass, während die eine Seite, z. B. der rechte Hüftgelenksmittelpunkt sich nach aufwärts bewegt, der andere, d. i. der linke, eine Abwärtsbewegung zeigen muss. Die größte Erhebung findet sich bei jenem Maximum, welches in die Periode des Schwingens des Beines der betreffenden Seite fällt, die größte Senkung ist kurz vor Aufsetzen des schwingenden Beines zu konstatieren. Im Momente des Aufsetzens des einen Beines ist die Hüftlinie derselben Seite schon wieder in aufsteigender Bewegung begriffen. Diese zeitliche Anordnung des Maximums der Vertikalschwankung scheint mir sehr wesentlich zu sein, weil das Hüftgelenk des schwingenden Beines im Zeitpunkte des Durchganges durch die vertikale Lage am

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

meisten erhoben ist, weshalb eine so starke Beugung des schwingenden Beines, wie sie in diesem Zeitmoment von den Brüdern Weber angenommen worden ist, gar nicht nötig erscheint. Damit ist auch der Streit zwischen Richer[1]) und Giraud Teulon entschieden, womit beide zugleich Recht und Unrecht haben, weil keiner wusste, dass die Hüftlinie während eines einfachen Schrittes drei halbe Schwingungen vollführt. Außer diesen Vertikalschwankungen führt die Hüftlinie gleichzeitig auch horizontale Drehungen um eine vertikale Axe ihres Mittelpunktes aus, welche die Dauer eines Doppelschrittes haben. (Diese Horizontaldrehungen sind im wesentlichen nichts anderes als der horizontale Bogen v. Meyer's.) Die Hüftlinie beschreibt ihre Horizontaldrehung immer so, dass dabei die Seite des schwingenden Beines nach vorn geht, ein Verhalten, das sich aus dem Meyer'schen Horizontalbogen ohne weiteres a priori von selbst ergiebt. Da nun die horizontalen und vertikalen Schwankungen zu gleicher Zeit stattfinden, so beschreiben die Endpunkte der Hüftlinie sehr komplizierte, in sich geschlossene Schwingungsbahnen. Damit sind aber die Bewegungen des Beckens beim Gehen noch nicht vollständig festgestellt, wahrscheinlich macht dasselbe auch noch Drehungen um die Hüftlinie, d. h., es verändert seinen Neigungswinkel, eine Angabe, welche, wie schon betont, von v. Meyer mit aller Bestimmtheit gegen die Brüder Weber und Carlet gemacht hat. Leider haben Braune und Fischer über die Veränderungen der Beckenneigung keinen Aufschluss geben können.

Ebenso wie die Hüftlinie führt auch die Schulterlinie gleichzeitig vertikale und horizontale Drehungen um ihren Mittelpunkt aus. Die Schwingungsbahn der Endpunkte der Schulterlinie ist gleichfalls eine sehr komplizierte Kurve. Sie führt während der Dauer eines einfachen Schrittes drei halbe Vertikalschwingungen aus von abwechselnd einer größeren und kleineren Amplitude; die horizontalen Drehungen haben dagegen die Schwingungsdauer eines Doppelschrittes. Beide Drehungen sind von entgegengesetzter Richtung wie diejenigen der Hüftlinie derselben Seite. Die Schulterlinie bewegt sich also nach oben und hinten, wenn sich die Hüftlinie derselben Seite nach vorn abwärts bewegt. Aus den gleichzeitig stattfindenden Schwingungen der Hüft- und Schulterlinie folgt auch, dass die Rumpflinie während des Gehens eigene Bewegungen ausführt. Als Bewegungscentrum wird von Braune und Fischer der Mittelpunkt der Hüftlinie angenommen. Kurz nach dem Momente des Aufsetzens des rechten Beines ist die Rumpflinie am meisten nach rechts geneigt, nach dem Aufsetzen des linken Beines am meisten nach links. Zugleich vollführt die Rumpflinie Schwingungen nach vorn und hinten, wobei die stärkste Vor-

1) Richer: La station et la marche chez l'homme sain et chez les malades myopathiques. Revue scientifique 4. série, T. II, Nr. 4.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wärtsneigung etwas vor den Moment des Aufsetzens eines Beines fällt, die stärkste Rückwärtsneigung fällt etwas vor die Mitte des Schwingens, respektive des Aufstehens des einen Beines.

Wenn auch die zeitlichen Verhältnisse der Maxima und Minima der verschiedenen Rumpfbewegungen, ebenso wie die der anderen Bewegungsbahnen sicherlich nur individuelle Giltigkeit haben können, so erkennen wir in diesen Bewegungen doch immer wieder die Meyer'schen Elemente. Die seitlichen Schwankungen sind, soweit sie nicht durch den horizontalen Bogen hervorgerufen sind, als Aequilibrierbewegungen im Sinne v. Meyer's aufzufassen, während die Vor- und Rückwärtsneigungen der Rumpflinie mit der Thätigkeit des Musculus lumbosacralis und der durch sie bewirkten Gestaltsveränderung der Lendenwirbelsäule (Aufrichtung des Rumpfes) in Zusammenhang zu bringen sind. Ueber die Torsionen der Wirbelsäule machen Braune und Fischer keine direkten Angaben, was um so sonderbarer erscheinen muss, als sie ja alle nur möglichen, oft an sich selbstverständlichen Bewegungen ganz detailliert schildern. Aus dem vergleichenden Studium der Bahnkurven der Gelenksmittelpunkte ergiebt sich als zwingender Schluss, dass die Wirbelsäule Verbiegungen erleiden muss, denn sonst könnten die Vertikalschwankungen der Schulterlinie nicht größere sein als diejenigen der Hüftlinie, ferner kann man annehmen, dass die Wirbelsäule auch eine Torsion im entgegengesetzten Sinne der Horizontaldrehung des Beckens ausführt, weil die horizontalen Schwankungen der Schulterlinie und des Kopfscheitelpunktes kleiner sind als jene des Beckens und vor allem von entgegengesetzter Richtung.

Ueber die an und für sich für den Gang unwesentlichen Kopfbewegungen ist nicht viel zu sagen, sie finden sowohl um eine sagittale Axe als nach rechts und links, als auch um eine frontale Axe nach vorn und hinten statt. Die Drehungen der Kopflinie, d. i. der Verbindungsgeraden zwischen Kopfscheitelpunkt und Schulterlinienmitte, um diese Axen findet in entgegengesetzter Richtung statt als die entsprechenden Drehungen der Rumpflinie.

Der Versuch mit Belastung durch die feldmarschmäßige Ausrüstung des deutschen Infanteristen bringt im wesentlichen nur eine Bestätigung der Angaben von v. Meyer, dass mit der Belastung der Anteil des horizontalen Bogens an der Bewegung wächst, weshalb Menschen, die schwere Lasten zu tragen haben, einen ausgeprägten breitspurigen Gang aufweisen. Es ist selbstverständlich, dass bei Belastung die Vertikalschwankungen, d. h. der Anteil des vertikalen Bogens an der Fortbewegung geringer werden muss, jemehr der horizontale Bogen an Umfang gewinnt. Deshalb finden auch Braune und Fischer, dass die Bahnkurven der untersuchten Punkte beim Gang mit Belastung in horizontaler Richtung weiter aus-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

einandergezogen sind, dass also der Körper größere seitliche Schwankungen ausführt als beim Gange ohne Belastung. Außerdem konnten Braune und Fischer eine Abnahme der Schrittlänge konstatieren, weshalb die sonst nicht wesentlich in ihrer Gestalt veränderten Bahnkurven an jeder Stelle etwas stärker gekrümmt sind. Die beobachteten Unregelmäßigkeiten in den Kurven des Belastungsversuches erklären sich aus der einseitigen Verteilung der Belastung, indem das Gewehr auf der linken Schulter (Haltung „Gewehr über") getragen wurde.

Nach der Feststellung der Bewegungsbahnen der untersuchten Punkte interessiert uns vor allem die Bewegung des Gesamtschwerpunktes, welche einen Schluss auf die Richtung und Intensität der äußeren Kräfte zulässt, welche beim Gange thätig sind. Diese Frage hat Fischer im zweiten Teile[1]) der Arbeit über den Gang des Menschen untersucht, in welchem auch allgemeine Betrachtungen über die äußeren Kräfte, welche zur Lokomotion unbedingt notwendig sind, Platz gefunden haben. (Fortsetzung folgt.)

Bau der Cicaden.

Von Dr. phil. Othm. Em. Imhof.

Die Kenntnis des Organismus der Cicaden dürfte noch Lücken aufzuweisen haben. Folgende Bauverhältnisse glaube ich noch für unbekannt ansehen zu können.

Antennae. Typhlocybini, Genus *Zygina.* Erster Abschnitt 2 große Basalglieder, zweiter Abschnitt 6 viel dünnere Glieder, deren erstes gestielt, länger als die folgenden, diese ungefähr gleichlang, an Quermesser stetig abnehmend, dritter Abschnitt 1 sehr dünnes, sehr langes Endglied. Abschnittlängenverhältnis 1 : 1 : 2,2. Gliederzahl 9.

Jassini, Genus *Cicadula.* Zweiter und dritter Abschnitt ineinander übergehend, 39 sehr deutliche Glieder vom 14. bis 38. Glied annähernd gleichlang, letztes Glied so lang wie die 10 vorhergehenden zusammen.

Tettigonini, Genus *Penthimia.* Zweiter und dritter Abschnitt zusammen 23 Glieder, die 7 vorletzten Glieder verlängert, das Endglied etwa $^1/_3$ dieser Abschnitte.

An einer noch nicht bestimmten Art, wahrscheinlich zu den Cercopiden gehörend, zähle ich am zweiten und dritten Abschnitt zusammen 98 Glieder. Diese Species hat ausnahmsweise 3 Basalglieder.

Mundwerkzeuge. 1 Paar auf dem Gesicht sichtbare, aber weil genau eingepasst, schwer erkennbare Kiefer, lamellenartig mit scharfschneidigem End- oder Innenrand. Die Kopfmuskulatur inseriert sich an der außen quergerippten meist vorgewölbten Stirninnenfläche.

---

1) O. Fischer: Der Gang des Menschen, II. Teil. Die Bewegung des Gesamtschwerpunktes und die äußeren Kräfte. Abh. d. math. phys. Kl. d. kgl. sächs. Gesellsch. der Wissensch. Bd. XXV, Nr. 1. Leipzig 1899.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: 21

Autor(en)/Author(s): Fuchs R. F.

Artikel/Article: Der Gang des Menschen. 711-735