

ÜBER DIE  
BEWEGUNGEN UND DIE MUSKELARBEIT  
AN DEN SPRUNGGELLENKEN  
DES MENSCHEN

VON

R. FICK

MIT 13 BILDERN UND 15 ZAHLENTAFELN

SONDERAUSGABE AUS DEN SITZUNGSBERICHTEN  
DER PREUSSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
PHYS.-MATH. KLASSE. 1931. XXIII



BERLIN 1931  
VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
IN KOMMISSION BEI WALTER DE GRUYTER U. CO.

(PREIS *R.M.* 2.50)

Vf 294201  
xx 003 606294

Biblioteka GI AWF w Krakowie



1800060518

4611





X

ÜBER DIE  
BEWEGUNGEN UND DIE MUSKELARBEIT  
AN DEN SPRUNGGELENKEN  
DES MENSCHEN

VON

R. FICK

MIT 13 BILDERN UND 15 ZAHLENTAFELN

SONDERAUSGABE AUS DEN SITZUNGSBERICHTEN  
DER PREUSSISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
PHYS.-MATH. KLASSE. 1931. XXIII

~~Nr. 1116.~~

**BIBLIOTHEK**  
des Staatlichen Institutes  
für gerichtliche Medizin  
und Kriminologie in Krakau.

Sachgeb.:  
Standort:

Nr.: 2607.

BERLIN 1931  
VERLAG DER AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
IN KOMMISSION BEI WALTER DE GRUYTER U. CO

(PREIS R.M. 2.50)

Reina pl. 6-

LIBRARY OF THE  
UNIVERSITY OF TORONTO  
AT THE UNIVERSITY OF TORONTO  
OF THE UNIVERSITY OF TORONTO



751

577.3:612.931.76



Schon längst war es mein Wunsch, auch die Fußbewegungen mit dem Kreisrahmengestell genauer zu untersuchen und die Arbeitsleistung der Muskeln nach dem von mir bei den Hüft- und Schultermuskeln angewendeten Verfahren aufs neue zu berechnen.

Von anatomischer Seite liegt bisher merkwürdigerweise noch keine genauere Untersuchung über die Bewegungen im ganzen vor. Nur ein Basler Chirurg, Dr. HÜBSCHER, hat vor langen Jahren in einer Arbeit, die hauptsächlich den Bewegungen des Plattfußes galt (Arch. f. klin. Chirurg. 1901), auch schon einige Messungen über den Bewegungsumfang des gesunden Fußes in den verschiedenen Lebensaltern angestellt. Er verwendete zur Untersuchung ein Perimeter, spricht sich aber leider weder über die von ihm untersuchten Gelenke und ihren Mechanismus noch über seine Untersuchungsart und die Zahl der von ihm untersuchten Personen näher aus. Er gibt z. B. nicht an, wie er den Mittelpunkt seines Perimeters eingestellt hatte, noch auch, ob er nur willkürliche oder auch passive Bewegungen untersucht hat. Wahrscheinlich ist das letztere der Fall, weil er behauptet, daß in jeder Stellung »der Fuß um seine Längsachse rotieren« könne, was auch BRAUS nach ihm angibt. Jedenfalls sind seine Angaben und seine Untersuchungsart nicht geeignet, den Ort und die genauere Art des Bewegungsvorganges klarzulegen; STRASSER hat die Arbeit seines Schweizer Landsmannes in seinem Gelenkbuch kurz erwähnt und BRAUS hat, wohl auf Grund der Anführung STRASSERS, HÜBSCHERS Ergebnisse in seinem Lehrbuch der Anatomie durch eine Umzeichnung der HÜBSCHERSCHEN Zeichnung wiedergegeben. —

### I. Bewegungen der Sprunggelenke.

Unsere Untersuchung betraf die Bewegungen des Fußes, wenn sich alle »Sprunggelenke« gleichzeitig bewegen konnten.

Es handelt sich also

1. um das Obere Sprunggelenk (art. cruro-talaris), d. h. das Gelenk zwischen der Knöchelgabel und dem Sprungbein. Die Bewegungen zeigten das gewöhnliche Bild der reinen Fußhebung und -senkung. Die Bewegung

ist beim Menschen ja vergleichsweise wenig umfangreich gegenüber den anderen Primaten (vgl. R. FICK, Vergl. anat. Unters. am erwachsenen Orang, His' Archiv 1895. Derselbe, Beobachtungen an einem zweiten erwachsenen Orang und einem Schimpanse. Ebenda. HAFFERL, Bau und Funktion des Affenfußes, Ztschr. f. Anat. u. Entw. 88. u. 90. Bd. 1929). Daß bei gesenktem (»gestrecktem«) Fuß auch eine beachtenswerte Seitendrehung der Fußlängsachse stattfinden könne, wie — offenbar im Anschluß an die alten WEBERSCHEN Angaben — noch immer in einigen Anatomiebüchern behauptet wird, ist nicht richtig. Ich habe auch bei dieser erneuten Untersuchung keine solche Beweglichkeit in einem auch nur irgendwie beachtenswerten Ausmaß gefunden.

2. Im »Unteren Sprunggelenk« (art. talo-calcaneo navicularis), d. h. in den Gelenken zwischen dem Sprungbein einerseits und dem Fersen- und Kahnbein andererseits ergab meine Untersuchung, wie früher<sup>1</sup>, daß die selbsttätigen Bewegungen im Unteren Sprunggelenk des Lebenden um eine in jeder Hinsicht zu den Hauptrichtungen des Fußes schräge Achse geschehen. Dasselbe geschieht aber auch beim Präparat, wenn man das Fersenbein (mit dem damit verbundenen Mittel- und Vorderfuß) bei festgehaltenem Sprungbein unter und vor diesem vorbeibewegt.

Weil in der Bewegung eine wesentliche Seitwärtsdrehung (Ab-Adduction) enthalten ist, muß die Achse deutlich von oben nach unten (dorso-plantarwärts) laufen. Da aber mit der Bewegung auch eine starke Hebung bzw. Senkung des medialen oder lateralen Fußrandes (Supination-Pronation) verbunden ist, muß die Achse auch von vorn nach hinten (d. h. proximo-distal) laufen. Der kleinen Beimischung von Dorsal-Plantarbeugung endlich muß ein Verlauf der Achse in medial-lateraler Richtung entsprechen. Die Errichtung eines rechtwinkligen »Achsenkästchens« (Achsenparallelepipedes s. R. FICK, II. Bd. S. 127) und der Versuch zeigt, daß die Achse medial vorne oben in den Sprungbeinkopf eintritt, durch die Mitte des Sprung-Fersenbeingebäudes hindurchlaufend hinten unten lateral beim Fersenbeinhöcker herauskommt. Sie läuft also tatsächlich sowohl von oben nach unten als auch von vorne nach hinten und von medial nach lateral.

Allgemein gültige, bestimmte Neigungswinkel für die Schräglage der Achse können aber nicht angegeben werden. Es bestehen nämlich sehr starke persönliche Unterschiede, beim einen steht die Achse wesentlich steiler wie beim anderen, so daß die Seitwärtsdrehung größer ist. Aber es kommt auch das Umgekehrte vor, daß die Längsdrehung (Pro-Supination) die Seitwärtsdrehung überwiegt.

Auch die schönen, nach vorher am Bänderpräparat genommener Gipsform, nach H. VIRCHOW aufgestellten mazerierten Füße in Supinationsstellung, die durch E. MAYER in seiner Doktorarbeit beschrieben wurden (Diss. Berlin 1919) stimmen gut zu dieser Darstellung, was auch E. MAYER hervorhebt.

Es besteht übrigens noch immer keine allgemein angenommene Benennung für diese Bewegung im Unteren Sprunggelenk, was bei der Ver-

<sup>1</sup> R. FICK, Handbuch der Gelenk- und Muskelmechanik, III. Bd. S. 612—622.

wickeltheit der Bewegung auch eigentlich nicht zu verwundern ist. Manche nennen sie bekanntlich einfach: »An- und Abziehung« (Ad-Abduktion), was aber nicht empfehlenswert ist, weil, wie oben bemerkt, eine reine Ab-Anziehung gar nicht willkürlich ausgeführt werden kann.

Die Chirurgen nennen die Bewegung meist einfach »Pro-Supination«. Auch dieser Ausdruck führt leicht zu Mißverständnissen. Die Bewegung sieht ja zwar, soweit dabei eine Hebung des medialen oder umgekehrt des lateralen Fußrandes im Spiel ist, einer Supination oder Pronation der im Handgelenk rückgebeugten (»dorsalflektierten«) Hand in der Tat ähnlich, aber wir betonten (s. vor. S.), daß eine »reine« Pro-Supination, wie es eine Bewegung um die Längsachse des Fußes wäre, selbsttätig ebensowenig ausgeführt werden kann, wie eine reine Seitwärtsdrehung.

Ich habe seinerzeit in Anlehnung an gewisse Ausdrücke bei der Fußhaltung des Reiters vorgeschlagen, die Bewegung »Einwärtskantung« und »Auswärtskantung« zu nennen. Die Bezeichnung dürfte den beiden vorigen überlegen sein, da sie geeignet ist, daran zu erinnern, daß mit der »Kantenhebung« im einen Sinn auch eine Einwärtsdrehung verbunden ist, nämlich bei Hebung der »inneren Kante, bei der anderen eine »Auswärtsdrehung«, nämlich bei Hebung der »äußeren« Kante. (Lateinisch schlug ich vor: *Inversio — eversio pedis.*) Daß bei meiner Bezeichnung die dritte Teilbewegung, die mit der »Einwärtskantung« (Adduktion + Supination) im unteren Sprunggelenk zwangsmäßig verbundene Fußsenkung (Plantarflexion) nicht auch angedeutet wird, scheint sie mir nicht unverwendbar zu machen, da gerade beim lebenden Fuß diese dritte Teilbewegung durch eine entgegengesetzte Bewegung im oberen Sprunggelenk, sehr häufig, ja, wohl fast immer, aufgehoben wird, oder gar in eine Senkung verwandelt wird. So ist es auch beim sog. »Pferdeklumpfuß« (*pes equino varus*). H. VIRCHOW nannte die Bewegung sehr anschaulich »Maulschellenbewegung«, weil beim Ohrfeigengeben die Hand ja tatsächlich auch eine Einwärtsdrehungs-, Volarbeugungs- und Supinationsbewegung ausführt. Für den Fuß ist der Name aber nicht ohne weiteres verständlich und auch der scherzhafte Beigeschmack ist seiner wissenschaftlichen Einführung hinderlich.

3. Bewegung im Queren Sprung- oder Fußwurzelgelenk (CНОРТАS). Wie bereits bemerkt, kommt bei Lebzeiten eine selbsttätige Bewegung in der »Queren Fußwurzelspalte« allein, im gesunden Zustand wohl kaum vor. Die Bewegungen im medialen Teil des Gelenkes gehören zu denen der Unteren Sprunggelenke und die Bewegungen des lateralen Teiles, d. h. des Gelenkes zwischen dem Fersen- und Würfelbein stellen gewiß häufig auftretende Ergänzungen zu den Bewegungen des Unteren Sprunggelenkes vor. Sie werden namentlich beim Gehen, also bei belastetem Fuß, mehr nur durch die Körperschwere als durch Muskeltätigkeit zustande kommen.

Untersucht man die Bewegungen des Vorderfußes längs der »Queren Fußwurzelspalte« am Präparat bei Feststellung der Sprung-Fersenbeinverbindung, so zeigt sich, daß die Bewegungen wie die des Unteren Sprunggelenkes weder reine Drehungen um eine der Hauptachsen des Fußes, noch meist überhaupt reine Schleifbewegungen sind, da es im Fersen-Würfelbein-

gelenk bei den ausgiebigeren Drehungen fast immer mehr oder weniger zum Klaffen der Gelenkspalte kommt.

Die ausgiebigste Bewegung ist auch insofern der im Unteren Sprunggelenk ähnlich, als auch bei ihr Einwärtsdrehung (Adduktion) und Hebung des medialen Fußrandes (Supination) und etwas Plantarsenkung zwangsmäßig verbunden sind. Nur ist der Betrag der bei diesem Gelenkzusammenspiel möglichen Einwärts- und Auswärtsdrehung geringer. Die Achse steht also weniger steil, mehr waagerecht und läuft nur ganz wenig von medial vorn nach lateral hinten. Auch die Bewegungen der »Queren Fußwurzelspalte« sind wie die Bewegungen im Unteren Sprunggelenk als »Ein- und Auswärtskantungen« zu bezeichnen.

Daß die Achse des »CHOPARTSchen Gelenkes« nicht völlig gleichläuft mit der Achse des Unteren Sprunggelenkes, wie es HENKE behauptet hatte, ergab sich mir gewissermaßen zufällig bei meiner früheren Untersuchung<sup>1</sup> nicht des Gelenkes selbst, sondern der Muskeln. Ich fand nämlich, daß der Großzehenstrecker (m. Extensor hallucis longus) auf das Untere Sprunggelenk auswärtskantend, auf das »Quere Fußwurzelgelenk« aber einwärtskantend wirkt. Durch diesen Fund war klar bewiesen, daß beide Gelenke nicht dieselbe Achse haben können. Die Achse für das quere Gelenk CHOPARTS muß lateral von der des Unteren Sprunggelenkes liegen.

4. Vereinigte Sprunggelenkbewegung. Es können nun nicht nur die Bewegungen im Unteren mit denen im queren vorderen, sondern auch mit denen im oberen Sprunggelenk vereinigt werden. Mit jedem Grad der Auf- oder Abwärtsbewegung der Fußlängsachse kann auch eine beliebige Kantenstellung des Fußes mit entsprechender Ein- oder Auswärtsdrehung der Fußspitze verbunden werden. Durch das Zusammenspiel dieser Bewegungen in allen »drei Sprunggelenken« können wir den Fuß (»die Fußspitze«) jedesfalls mit 2 Grad der Freiheit bewegen, und der »Bewegungsspielraum« bzw. das von der Fußspitze bestreichbare Bewegungsfeld liegt (s. S. 462) auf einer Kugeloberfläche. Man darf aber nicht glauben, daß der Fuß in diesen Gelenken drei Grade der Freiheit wie in einem Kugelgelenk besäße. Das ist keineswegs der Fall, weil die selbsttätige Bewegung nicht nur im oberen, sondern auch im Unteren Sprunggelenk mehr oder weniger zwangsläufig ist, insofern als man, wie bemerkt, nicht die Kantenhebungen und die Seitwärtsdrehungen der Fußspitze beliebig verändern kann. Zu jedem bestimmten Grad von Einwärtsdrehung der Fußspitze gehört ein bestimmter Grad von Erhebung der medialen Kante, den man nicht willkürlich ändern kann. Geschweige denn, daß wir die Fußspitze einwärtsdrehen und die laterale Kante heben könnten. Wir können den Fuß also nur bewegen wie in einer »Cardanischen Angel«; wir können die Fußspitze mit zwei Graden der Freiheit auf dem Stück einer Kugeloberfläche beliebig wandern lassen, so daß die Fußlängsachse innerhalb eines gewissen Feldes auf einen beliebigen Punkt des Raumes zielt, können dann aber nicht den Fuß noch beliebig um die Fußlängsachse herumdrehen, wie es bei einem

<sup>1</sup> Vgl. R. FICKS Handbuch der Gelenk-Muskelmanipulation.

wirklichen Kugelgelenk mit drei Graden der Freiheit der Fall wäre (vgl. meine Darstellung der Beweglichkeit des Oberarmes im vereinigten Speichen-Oberarm- und Ellen-Oberarmgelenk R. FICK, II. Bd. S. 157 ff.).

Diese Beweglichkeit des Fußes ist es offenbar, die für die praktische Medizin, für die Chirurgie und Orthopädie vor allem in Betracht kommt, zumal ja, wie ich in meinem Handbuch mehrfach betont habe, kein einziger Muskel sich am Sprungbein (das mechanisch gewissermaßen nur die Rolle eines Zwischenknorpels spielt) ansetzt. Alle Muskeln überspringen ja auch mindestens das untere, die meisten aber auch das quere oder vordere Sprunggelenk. Demgemäß müssen beim Lebenden fast immer in allen Sprunggelenken gleichzeitig Verschiebungen stattfinden, so daß die Trennung der Bewegungen in den einzelnen Fußwurzelgelenken eine mehr oder weniger künstliche ist.

Freilich kann durch entsprechendes Zusammenspiel der Muskeln die Bewegung im Unteren und queren Sprunggelenk unter Umständen (fast) ganz unterdrückt werden, so daß die Bewegung im oberen fast ganz rein zum Ausdruck kommt. Aber das ist nur ein Sonderfall, gerade wie beim Schulter- oder Hüftgelenk eben auch nur durch ein besonderes Muskelzusammenspiel eine »reine« Beugung oder Streckung hervorgebracht werden kann.

Theoretisch liegt der Fall demnach so, daß wir 3 Hauptgelenkvorrichtungen mit je einer, zum Sprungbein mehr oder weniger festliegenden Achse haben. Alle 3 Achsen des oberen, unteren und queren Fußgelenkes kommen sich in der Mitte der Fußwurzelbucht, in der verlängerten Unterschenkelachse jedesfalls sehr nahe, ja sie werden bei manchen Personen wohl sich sogar in einem Punkt schneiden können. Jedenfalls ergab mir der Versuch, daß sich die Fußspitze bei Ausnützung der Beweglichkeit aller Sprunggelenke annähernd auf einer Kugelfläche bewegt, die ihren Krümmungsmittelpunkt in der Mitte der Fußwurzelbucht hat.

So galt es denn festzustellen, wie das Feld aussieht, das die Fußlängsachse auf der betreffenden Kugelschale beschreiben kann.

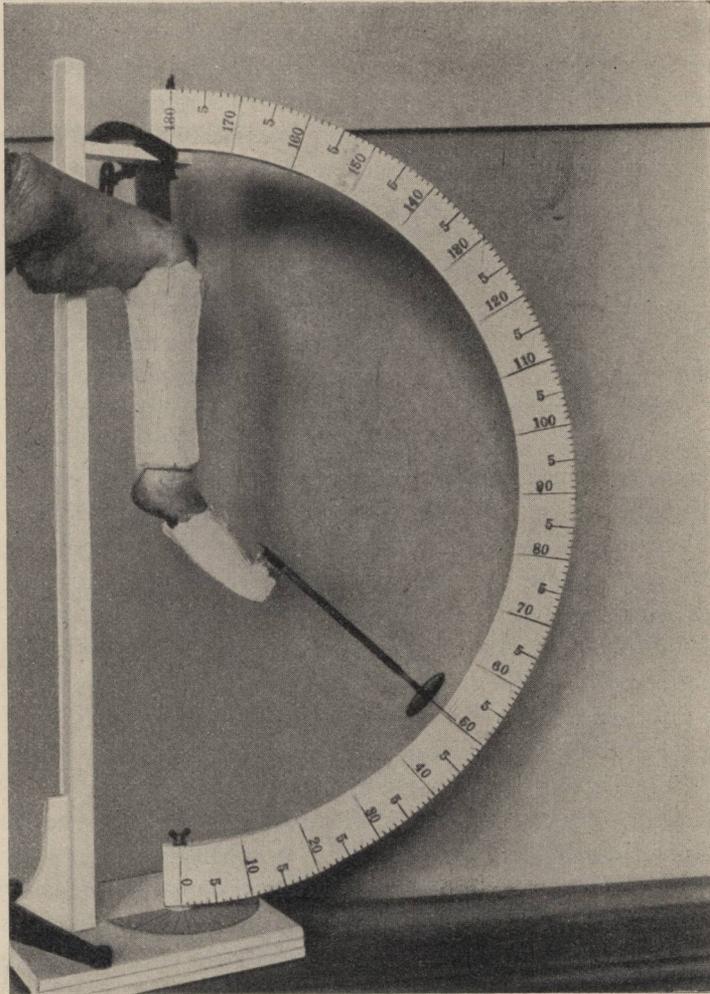
Ich führte die Untersuchung dabei in ähnlicher Weise aus, wie ich sie erst unlängst beim Schultergelenk aufs neue geschildert habe (diese Ber. 1928).

Nach einigen Vorversuchen an Bänderpräparaten befestigte ich einen Unterschenkel mit Fuß in dem von mir für die anderen Gelenke gebrauchten Kreisrahmen (Meridianrahmen) so, daß die Mitte der Fußwurzelbucht im Mittelpunkt des Kreisrahmens stand (s. Bild 1 a. f. S.).

Als Grundstellung betrachten wir zweckmäßigerweise die Stellung, bei der die Fußsohle auf dem Boden und die Unterschenkel längsachse dazu senkrecht steht. Diese Stellung entspricht freilich nicht der »Normalstellung« von BRAUNE und FISCHER, bei der (s. R. FICK, III. Bd., S. 53, Bild 35) die Schwerpunkte aller Hauptteile des Körpers (Kopf, Rumpf, Oberarm, Oberschenkel, Unterschenkel) in einer einzigen Stirnebene (»Frontalebene«) liegen, die durch die Hüft- und Kniemitte und gerade durch die Achse des oberen Sprunggelenkes hindurchgeht. Bei dieser »Normalstellung« steht die Seelenachse des Unterschenkels nämlich nicht genau senkrecht, sondern ein klein wenig nach vorn geneigt, macht also mit der Fußsohlebene einen etwas spitzen Winkel, der bei verschiedenen Personen natürlich etwas verschiedene

Größe hat. Diese Stellung eignet sich daher nicht zur Ausgangsstellung für die Bewegungsmessungen am Sprunggelenk.

Bei unserer »Grundstellung« steht der Fuß also mit der Fußsohle waagrecht, der Unterschenkel senkrecht und die Achse des oberen Sprunggelenkes gerade stirnrecht (»frontal«).



*Bild 1.* Unterschenkel und Fuß im Kreisrahmengestell.  
Verlängerte Fußlängsachse mit Kreiselungsscheibe.

In dieser Stellung wurde ein Holzstab oder eine Stahlnadel, mit der Bodenebene gleichlaufend (»parallel«), durch Einschrauben oder Eingipsen mit dem Fuß fest verbunden, und zwar so, daß sie senkrecht zur queren Sprunggelenkachse gerade auf den Mittelpunkt der Fußwurzelbucht hinzielte.

Die Gradeinteilung der Bewegungskugel machen wir am zweckmäßigsten wie beim Hüftgelenk, indem wir den Null-Längskreis (Nullmeridian) bzw. Längskreis  $M+180$  in die Stirnebene legen. Hier läuft also natürlich (wie die quere Hüftachse bei der Hüftgelenkuntersuchung) die quere Achse des

Oberem Sprunggelenke in der Nullebene, und die Fußlängsachse steht in der »Grundstellung« des Fußes senkrecht auf ihr. Sie verläuft demnach in der Ebene des Längskreises  $M+90$  und zielt in der Grundstellung auf den Schnittpunkt des Längskreises  $M+90$  mit dem Äquator, d. h. dem Breitenkreis  $P+90$  (vgl. das Gradnetz Bild 2).

Um die Stellungsveränderungen des Fußes um seine eigene »Längsachse« verfolgen zu können, brachten wir, wie bei den anderen Gelenken, auch wieder eine Kreisscheibe senkrecht von der Längsachse (hier der Fußlängsachse) an (im Bild 1 in der Nähe des Rahmens in der Verkürzung, d. h. gerade von der Seite, zu sehen). Bei Drehung des Fußes um seine Längsachse, d. h. also bei den Ein- oder Auswärtskantungen, dreht sich die Scheibe mit, und an den Verschiebungen ihrer Gradeinteilung gegen den Längskreisrahmen können wir den Betrag der »reinen Kreiselung« bei der Ein- und Auswärtskantung ablesen.

Wurde der Fuß bei senkrecht festgestelltem Unterschenkel »sich selbst« bzw. der Schwere überlassen, so stellte er sich stets in leichte Abwärtsstreckung und Einwärtskantung (Supination) (s. Bild 1). Die Gleichgewichtslage des hängenden toten Fußes ist also offenbar keine reine Abwärtsstreckung, was bisher noch nicht beobachtet oder wenigstens nirgends betont zu sein scheint. Der Grund dafür ist offenbar durch die größere Schwere der lateralen Fußteile gegeben, so daß sie ein supinatorisches Drehungsbestreben (Moment) um die Achse des Unteren Sprunggelenkes ausüben. (Dabei spielt vielleicht die Hohlheit des medialen Fußteiles eine Rolle.)

Ich untersuchte nun, wie bemerkt, die Bewegungsmöglichkeit des Fußes bei Ausnützung aller drei Sprunggelenke. Bewegungen in den vorderen Fußwurzel-, Mittelfuß- und Zehengelenken wurden dadurch ausgeschlossen, daß eine Holzplatte an der Sohle durch Nägel und Umschnürung oder auch durch Gipsumhüllung (s. Bild 1) mit dem Vorderfuß fest verbunden wurde. In einem Fall wurde zum Zweck der Feststellung der vorderen Gelenke das Kahn- und Würfelbein durch einen Eisenstab untereinander und durch Eingipsen am Vorderfuß befestigt. Es zeigte sich, daß die Spitze der künstlichen Fußlängsachse sich auch bei möglichst ausgiebiger Bewegung des Fußes in allen Richtungen tatsächlich mit großer Annäherung auf Kreisbahnen um den »Kugelmittelpunkt«, also auf einer Kugeloberfläche bewegte.

Die äußerste Herumführung der Fußspitze auf der Kugeloberfläche durch Zusammenspielen der Sprunggelenke ist das, was bei den militärischen Freiübungen: »Fuß«- oder »Fußspitzenrollen« genannt wird. Der Befehl lautet: »Fußspitzen auswärts rollt!« oder: »Fußspitzen einwärts rollt!«. Dabei ist die Fußlängsachse bzw. Fußspitze auf einem möglichst großen Umkreis herumzuführen. Wird die Übung wie gewöhnlich bei etwas vorgehobenem, im Knie gestreckten Bein ausgeführt, so kann die Fußbewegung natürlich auch noch durch Kreiselbewegungen im Hüftgelenk unterstützt, gewissermaßen »abgerundet« werden. Wird die Übung aber bei gebeugtem Kniegelenk gemacht, so kann die Fußbewegung durch die Kreiselbewegung (des Unterschenkels um seine Längsachse) im **Kniegelenk** vermehrt werden.

Bei unserer Untersuchung waren natürlich solche »falsche Fußrollungen« durch die Befestigung des Unterschenkels an der Stütze des Kreisrahmens ausgeschlossen.

Wir zeichnen also das Verkehrsgebiet der »Fußspitze« am besten so auf einem Kugelschema auf, daß in der »Grundstellung« wie bei einem mit der Sohle waagrecht leicht aufgesetzten Fuß die künstliche Längsachse oder künstliche Fußspitze gerade auf den vorderen Pol der Kugel, d. h. auf den Punkt zielt, wo sich der Äquator ( $P + 90$ ) mit dem Längskreis  $M + 90$  schneidet. Bewegung der Fußspitze einwärts geht gegen  $M + 100$ ,  $M + 110$ ,  $M + 120$  usf., Bewegung der Fußspitze nach auswärts geht gegen  $M + 80$ ,  $+ 70$ ,  $+ 60$  usf. hin. Die Bewegung der Fußspitze nach oben (»Aufwärtsbeugen« = Dorsalflexion des Fußes) geht auf die Breitenkreise  $P + 100$ ,  $+ 110$ ,  $+ 120$  usw. Die Bewegung der Fußspitze nach abwärts (Abwärtsstreckung = Plantarflexion) geht nach den Breitenkreisen  $P + 80$ ,  $+ 70$ ,  $+ 60$  usf. hinunter.

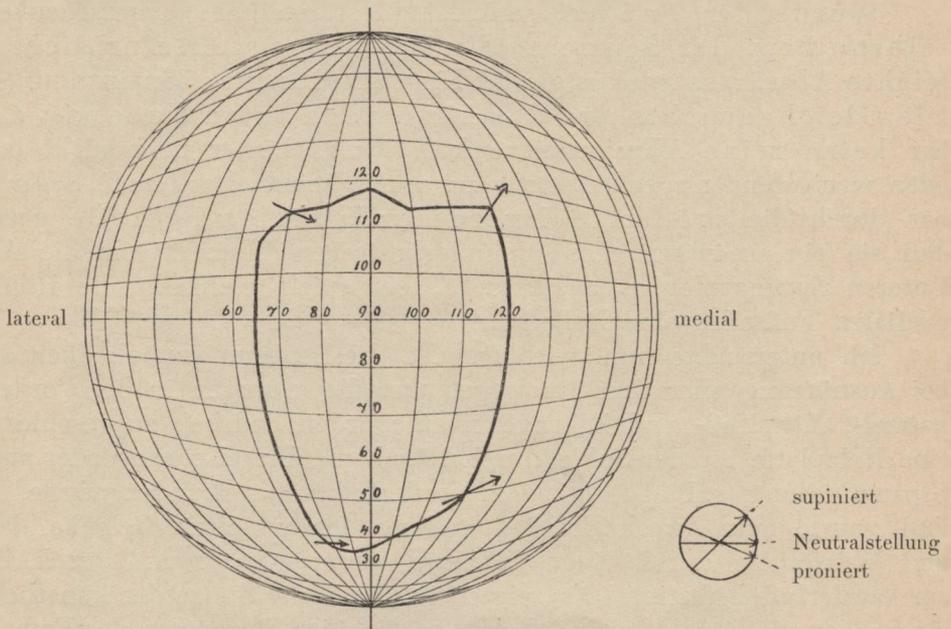


Bild 2. Bewegungsfeld des rechten Fußes von Präparat I mit Muskeln (sehr beweglich). Die Pfeile deuten die Stellung der Fußquerlinie bzw. des medialen Fußrandes gegenüber dem betreffenden Längs- und Breitenkreis des Bewegungsfeldes an, auf deren Schnittpunkt die Längsachse des Fußes hinzielt (s. a. kleines Beibildchen rechts).

Bild 2 bis 6 zeigen die an verschiedenen Präparaten gefundenen Bewegungsfelder, wenn die Bewegung am Fersenbein ohne Zwang ausgeführt wurde.

Das Präparat des Bildes 2 zeigt einen Größtausschlag auf dem vordersten Längskreis ( $M + 90$ ), also für die »reine Beugung und Streckung« von  $80^\circ$  (von Breitenkreis  $P + 118$  bis  $P + 38$ ). Das Bild zeigt ferner, daß, wie zu erwarten, in jeder Beuge- oder Streckstellung des Oberen Sprunggelenkes etwa gleich ausgiebige Bewegungen im Unteren Sprunggelenk ausgeführt werden können. Dabei zeigt sich in Bild 2, und bei allen gesunden Füßen, daß

der Ausschlag bei der Einwärtskantung (Supination) meist wesentlich größer als bei der Auswärtskantung ist.

Beim Präparat des Bildes 2 (vor. S.) ging die größte Einwärtsbewegung im engeren Sinn (Adduktion) bei der Einwärtskantung bis zum Längskreis M + 120, betrug also 30°. Bei zwangloser Bewegung zeigte die Kreiselungs-scheibe bei dem (bis auf P 115) gebeugten einwärtsgekanteten (»supinierten«) Fuß eine Erhebung der medialen Fußkante (oder »Supination« im engeren Sinn) um 40°, wie der Pfeil rechts oben in Bild 2 (vor. S.) anzeigt. Beim gesenkten Fuß (auf P 50) war der mediale Fußrand des einwärtsgekanteten Fußes nur um 17° erhoben (s. Pfeil rechts unten in Bild 2 a. vor. S.).

Die größte Auswärtsbewegung in engerem Sinn (Abduktion) bei der Auswärtskantung führte die Fußlängsachse bis zum Längskreis M + 65, betrug demnach 25°. Die dabei erfolgende Erhebung der lateralen Fußkante (d. h. die »pronatorische« Kreiselung in engerem Sinn) war bei starker Beugung (auf P 115) gerade so groß wie die Abziehung, nämlich auch 25° (s. Pfeil in Bild 2 a. vor. S.). Bei Verbindung mit äußerster Streckung (auf P 43) war ohne Zwang keine Kreiselung um die Längsachse festzustellen (s. Pfeil in Bild 2 a. vor. S.).

Bei Anwendung von einigem Zwang konnte, namentlich wenn man die Bewegung nicht am Fersenbein, sondern am Vorderfuß ausführte, dem Fuß auch eine andere Kreiselstellung gegeben werden. Bei den äußersten Abziehungen allerdings immer nur »pronatorische«, bei den äußersten Anziehungen »supinatorische«. Bei manchen Präparaten war der Kreiselungsspielraum unabhängig von der Ab- oder Anziehungsstellung des Fußes ziemlich beträchtlich (manchmal etwa 40°, in diesen Fällen besaß das Präparat für passive Bewegungen also 3° der Freiheit. Bei Lebzeiten wird aber wohl nie ein 3. Freiheitsgrad vorhanden sein).

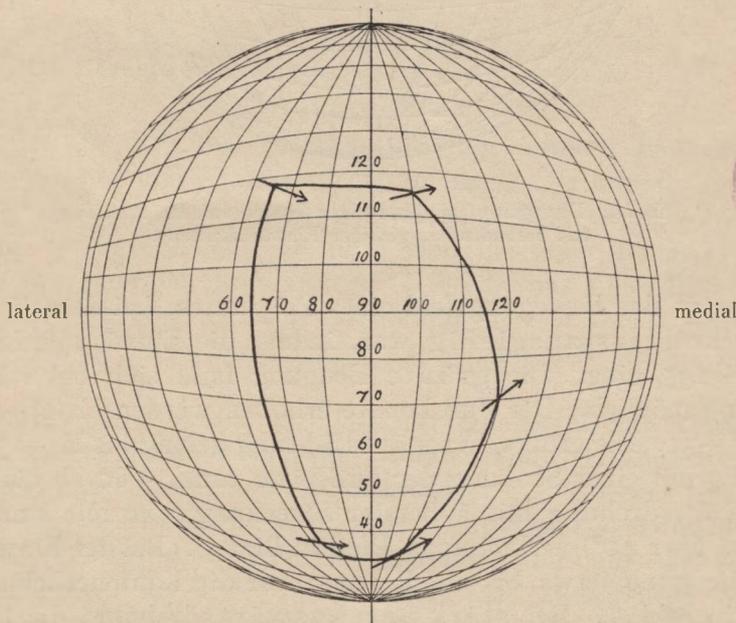


Bild 3. Bewegungsfeld des rechten Fußes von Präparat III.

Auf Bild 3 (s. vor. S.) sehen wir eine »reine« Beugung (auf M +90) bis P +117, eine »reine« Streckung bis P 30, also einen Gesamtausschlag von 87°. Die größte mediale Seitwärtsdrehung (Adduktion) war 30° (bei M +120). Die zwanglose Kreiselung bei der Erhebung auf P +115 und Einwärtsführung bis zu M +100 betrug 20° Erhebung der medialen Fußkante (s. Pfeil in Bild 3 vor. S.). Bei Senkung des Fußes auf P +30 und Einwärtsführung bis M +110 betrug die Kreiselung 35° (s. Pfeil in Bild 3). Die äußerste Einwärtsführung bis M +120 war bei einer Senkung auf P +70 ausführbar, wobei die zwanglose Kantenerhebung 40° (Supination) betrug (s. Pfeil in Bild 3 vor. S.). Die größte laterale Seitendrehung (Abduktion) war 25° (bis auf M +65). Dabei betrug die zwanglose Erhebung der lateralen Fußkante 20°, wenn der Fuß bis zu P +118 erhoben war, und 10°, wenn er bis P +32 gesenkt war (s. entsprechende Pfeile des Bildes 3 vor. S.).

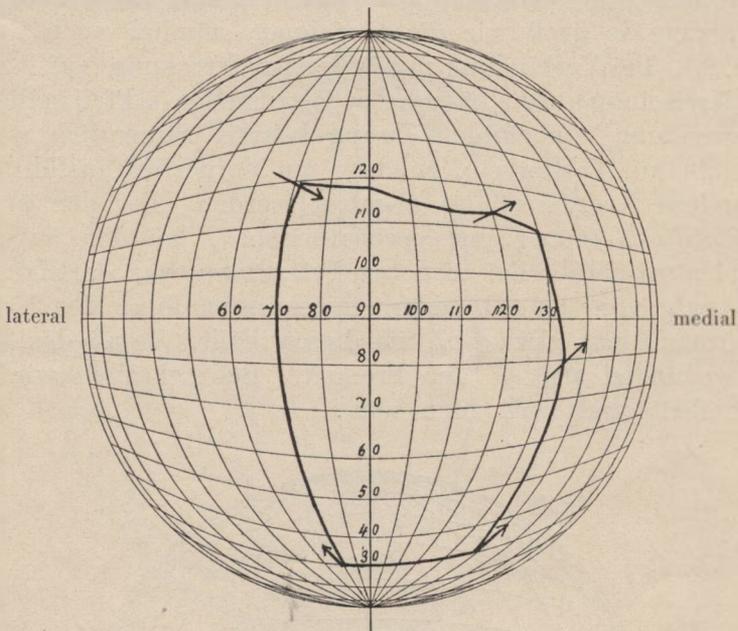


Bild 4. Bewegungsfeld des rechten Fußes von Präparat IV mit besonders ausgiebiger Einwärtskantung.

Bild 4 zeigt das Bewegungsfeld eines Präparates, bei dem die Einwärtskantung besonders ausgiebig war, indem die Einwärtsdrehung (Adduktion) bis M +135 ging. Die größte Beugung fand sich bei stärkster Auswärtskantung möglich. Der Fuß konnte erhoben werden bis P +120, gesenkt werden bis P +30. Die größte Einwärtsführung gelang bis M +135, und zwar in Verbindung mit einer Senkung der Fußspitze von P +80 ab bis P +30. Die größte Einwärtsdrehung mit äußerster Streckung war mit starker Kantenerhebung (um über 40°) verknüpft (s. Pfeil in Bild 4). Bei der Einwärtsdrehung mit starker Beugung (etwa bis auf P +115) war die Kantenerhebung nur etwa 25° (s. Pfeil in Bild 4). Bei stärkster Auswärtsdrehung, die hier aber nur bis zu M +70 ging, war bei stärkster Beugung (bis P +120) oder auch bei

stärkster Senkung die Erhebung des lateralen Fußrandes etwa  $25^\circ$  (s. Pfeil in Bild 4 a. vor. S.).

Beim Präparat des Bildes 5 war die Beweglichkeit vergleichsweise recht eingeschränkt (wohl mit unter dem Einfluß der Einspritzungsflüssigkeit), namentlich nach der Seite der Auswärtskantung. Die reine Beugung — Streckung (auf M +90) erstreckte sich von P +110 bis P +53, also nur auf  $57^\circ$ .

Die größte Einwärtsdrehung ging bei Streckung (P +53) bis zu M 117, betrug also  $27^\circ$  und war mit einer zwanglosen Erhebung der me-

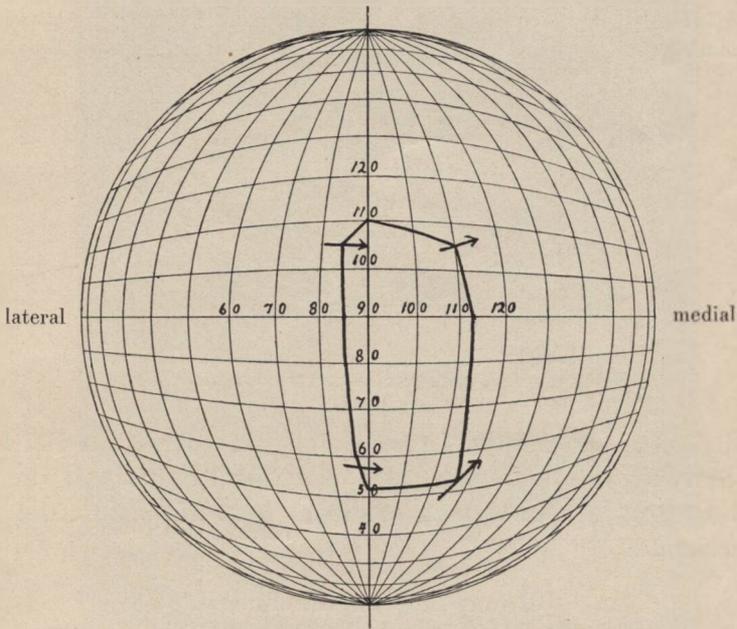


Bild 5. Bewegungsfeld des rechten Fußes von Präparat V.  
Bewegungsfeld eingeschränkt (Einspritzungswirkung).

dialen Fußkante um  $40^\circ$  verbunden (s. rechten unteren Pfeil Bild 5). Bei Beugung bis P +105 und Einwärtsdrehung bis M 110 war die supinatorische Kantenhebung nur  $15^\circ$  (s. rechten oberen Pfeil Bild 5). Die größte Auswärtsdrehung betrug nur  $5^\circ$ ; sie fand sich bei einer Beugung bis P 105, die Erhebung der lateralen Fußkante  $5^\circ$  (s. Pfeil links oben Bild 5). Bei der Streckung bis P +60 war nur eine Abziehung von  $2^\circ$  (bis M +88) und eine Erhebung des lateralen Fußrandes um  $15^\circ$  (s. unteren linken Pfeil Bild 5) festzustellen.

Das Präparat des Bildes 6 (a. f. S.) war ein linker Plattfuß. Bei ihm zeigte sich das Bewegungsfeld nach der lateralen Seite verschoben und war für die Beugung und Streckung stark eingeschränkt. Der Fuß war nur bis P +97 erhebbar und bis zu P +64 senkbar. Der Beugungs-Streckungsumfang maß also nur  $33^\circ$ ! Die größte Einwärtsdrehung ging nur bis zu M +100, war also nicht größer als  $10^\circ$ . Bei Beugung und zwangsloser Einwärtsdrehung stand der mediale Fußrand um  $5^\circ$  erhoben (s. Bild 6 linker oberer Pfeil), bei Senkung um  $10^\circ$  (s. Bild 6 linker unterer Pfeil). Die größte Aus-

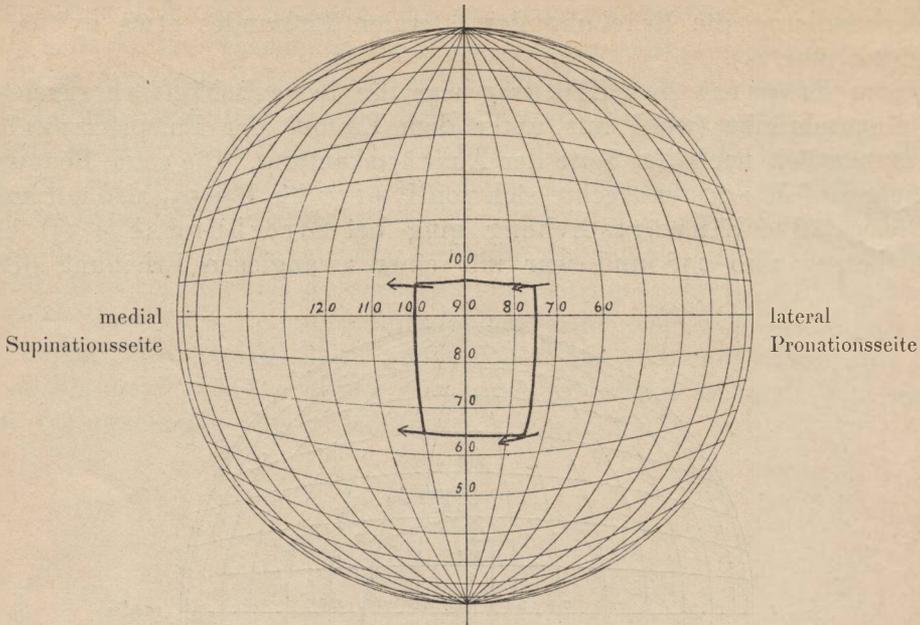


Bild 6. Bewegungsfeld eines linken Plattfußes (Präparat II).  
Bewegungsfeld nach der lateralen Seite verschoben.

wärtsdrehung ging bis  $M + 75$ , war demnach  $15^\circ$  groß. Bei Beugung (bis  $P 97$ ) oder Senkung bis  $64^\circ$  und Auswärtsdrehung stand die Außenkante aber doch nur um  $5^\circ$  pronatorisch erhoben. (Im Bild sind die Pfeile etwas zu schräg gezeichnet.)

### Bewegung am Lebenden.

Außer an Präparaten bestimmte ich das Bewegungsfeld auch an meinem eigenen rechten Fuß. Bei den ersten Messungen benützte ich das große Kreisrahmengestell, das mein Assistent, Hr. Privatdozent Dr. FRIEDEL, für die Untersuchungen des lebenden Hüftgelenkes nach dem Muster unserer kleinen Kreisrahmen bauen ließ. Für das Fußgelenk ist das Riesengestell aber nicht bequem, weil der Mittelpunkt in Hüfthöhe liegt, so daß wir erst mit Leitern und Brettern ein hohes Gerüst erbauen mußten, in das ich mich mit herabhängendem Unterschenkel so setzen konnte, daß der Mittelpunkt meiner Sprunggelenke im Mittelpunkt des Riesengestelles befestigt werden konnte. Der Unterschenkel wurde mittels Gipsbinden an der Gestellstütze befestigt und der die künstliche Fußlängsachse darstellende Zeiger mit der Kreisscheibe wurde mit dem Vorderfuß fest verbunden.

Es zeigte sich, wie ich bereits bei der Präparatuntersuchung gefunden hatte, daß **auch beim Lebenden** die Ruhelage des frei herabhängenden Fußes keine einfach gesenkte, sondern eine etwas einwärts gekantete (»supinierte«) ist. Das war nach dem, was wir am toten Fuß beobachtet hatten (s. S. 464), nicht anders zu erwarten, da ja offenbar die lateralen Teile des Fußes schwerer sind als die medialen, so daß sie ein supinatorisches Drehungsbestreben um die Achse des Unteren Sprunggelenkes ausüben. Die Stellung könnte also nur

dann eine andere sein, wenn etwa die Ruhespannung (»Tonus«) der auswärtskantenden Muskeln die der einwärtskantenden überwäge. Das Gegenteil ist aber der Fall, denn wie meine frühere Untersuchung vor 40 Jahren ergeben hat, sind die Einwärtskanter weit zahlreicher und kräftiger. Nach meinen neuesten Querschnittberechnungen, vgl. S. 476, besitzen die Einwärtskanter nicht

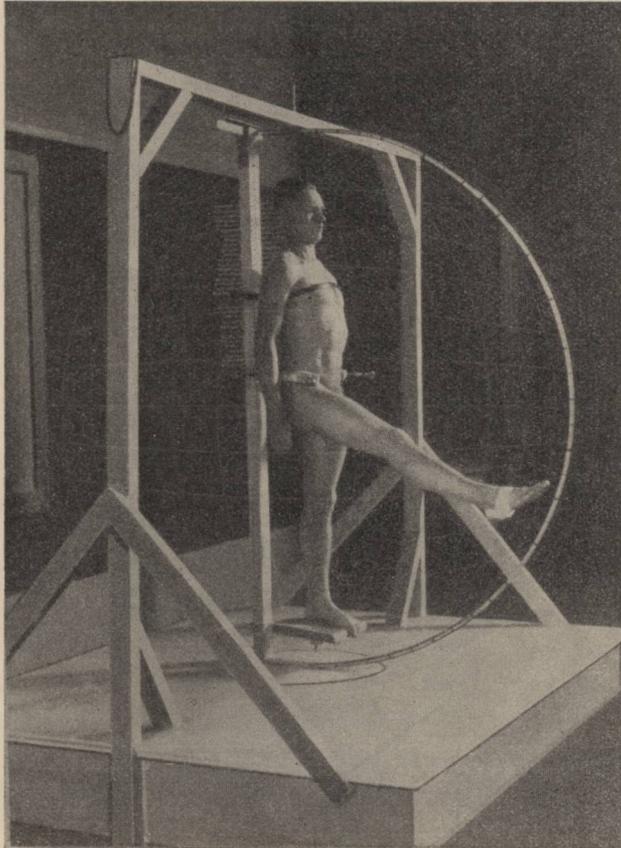


Bild 7. Kreisrahmengestell für die Untersuchung des Hüftgelenkes beim Lebenden  
(s. FRIEDEL, Handb. d. Leibesübungen. Anatomie I 1927, Tafel III)



weniger wie  $72.27 \text{ cm}^2$  (vor allem wegen der zu den Einwärtskantern gehörigen Muskeln der Achillessehne), während die Auswärtskanter nur einen Querschnitt von  $12.43 \text{ cm}^2$  haben. Dieser Umstand hängt übrigens wohl mit dem Gebrauch zusammen und beruht letzten Endes darauf, daß unser Fuß stammesgeschichtlich wohl aus einem Kletterfuß, bei dem die Supination und die Plantarbeugung die wichtigsten Bewegungen sind, sich entwickelt hat. Ein unkundiger Arzt könnte aus der supinierten Ruhehaltung fälschlicherweise vielleicht auf eine Lähmung der Wadenbeinnerven schließen. —

Bild 8 (a. f. S.) zeigt das Bewegungsfeld der Fußspitze bzw. der künstlichen Längsachse meines rechten Fußes. Man erkennt eine äußerste Beugungsfähigkeit bis zum Polkreis  $P + 115$ , also  $25^\circ$  Beugung, und eine Senkungsfähigkeit bis zum Polkreis  $P + 51$ , also von  $39^\circ$ . Der ganze Beugungs-

Streckungsumfang ist demnach  $64^\circ$ . Auch beim lebenden Fuß ist die Einwärtskantung ausgiebiger wie die nach auswärts. Die Einwärtsdrehung gelang nur bis zum Längskreis  $M + 120$ , also im Umfang von  $30^\circ$  aus der Grundstellung, die Auswärtsführung nur bis zum Längskreis  $M + 65$ , also im Umfang von  $25^\circ$ . Die Erhebung des medialen Fußrandes bei der größten Einwärtsführung der Längsachse des Fußes betrug bei gehobenem oder gesenktem Fuß  $30^\circ$ . Die Erhebung des lateralen Fußrandes bei der Auswärtsführung des Fußes ist sehr gering, nämlich nur  $5-10^\circ$ . Da das

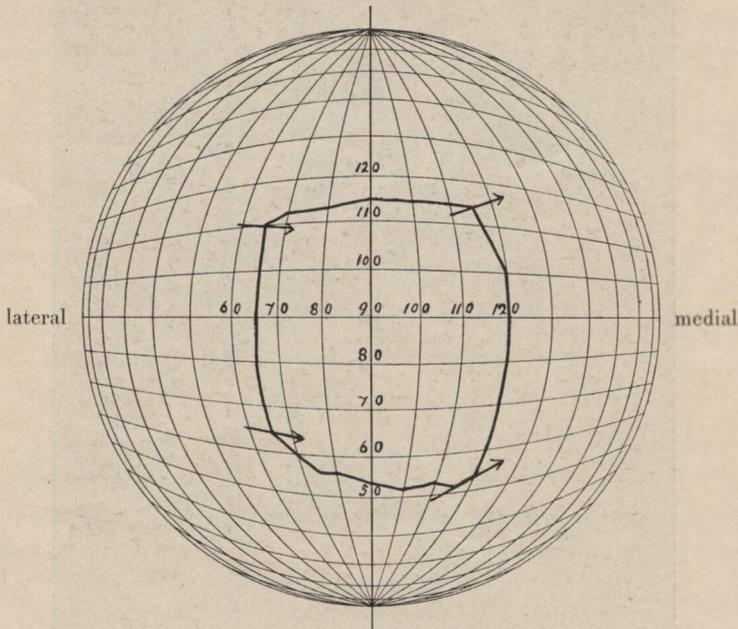


Bild 8. Bewegungsfeld meines eigenen Fußes (August 1930) im großen Meßrahmengestell (s. Bild 7) untersucht.

Arbeiten mit dem großen Rahmengestell für die Sprunggelenke so mühsam war, ließ ich noch ein kleineres Kreisrahmengestell bauen, in dem der Fuß weit bequemer untersucht werden kann. Bild 9 (s. folg. S.) zeigt die Vorrichtung mit dem eingegipsten Unterschenkel und dem in Ruhestellung herabhängenden Fuß.

Die Wiederholung des Versuches ergab trotz des ganz anderen Gestelles, der ganz anderen Befestigungsart und der dazwischen liegenden 2 Monate, so daß eine genaue Erinnerung an die bei den ersten Messungen aufgewendete Nerven-erregung ausgeschlossen war, im wesentlichen fast das gleiche Bewegungsfeld (s. Bild 10 S. 473). Nur die Erhebungen und die Auswärtskantungen waren diesmal ein ganz klein wenig geringer und die Auswärtskantung bei mittlerer Senkung des Fußes trieb ich diesmal um  $5^\circ$  weiter. Die Kantenerhebungen des Fußes waren wieder, wie bei der ersten Versuchsreihe, bei der Einwärtskantung etwa  $30^\circ$ ; nur bei der größten Einwärtsführung nach  $M + 127$  in der Höhe des Breitenkreises  $P 75$  war sie  $38^\circ$ . Bei der Auswärtsbewegung war die Kantenbewegung wieder ganz gering, nur  $5-8^\circ$ .

Durch Hrn. Dr. FRIEDEL erfuhr ich, daß seine Schülerin GERTRUD LOHMANN in einer (nicht gedruckten) Diplomarbeit der Deutschen Hochschule für Leibes-

übungen »Die Beweglichkeit des Oberen Fußgelenkes in ihrer Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Fußbekleidung« an 194 Knaben und Mädchen von 6—14 Jahren durch Anlegung eines Winkellineales an den Unterschenkel und aufgesetzten Fuß untersucht hat. Sie fand, daß Alter, Geschlecht und Absatzhöhe des

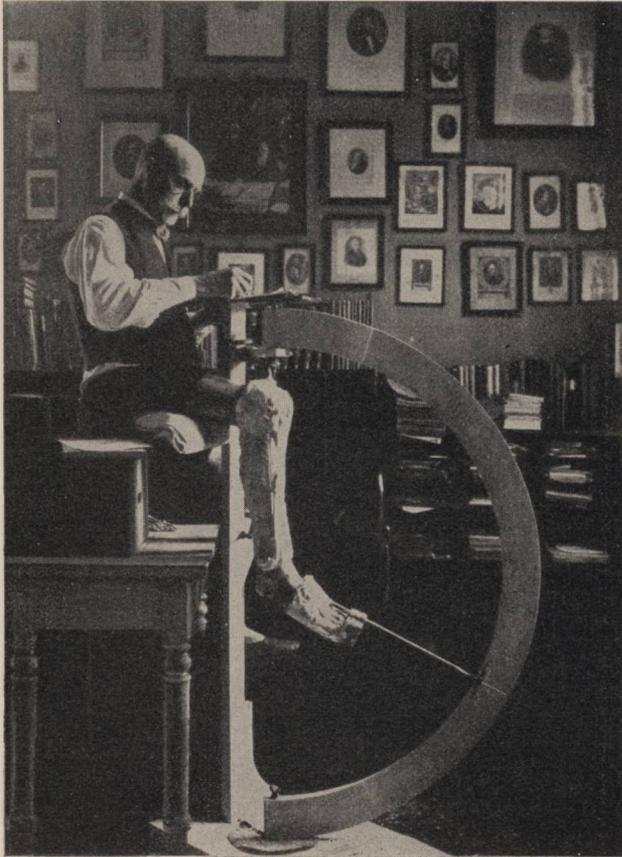


Bild 9. Neues Kreisrahmengestell. Mein eigener rechter Fuß freihängend in »Ruhehaltung«.

Stiefels bei der Ausschlagsgröße der Bewegung keine Rolle spielen. Bei der von ihr untersuchten Bewegung sollen alle Fußgelenke beteiligt sein. Sie fand den Beugungsumfang im Mittel  $64^\circ$  groß;  $29^\circ$  fielen auf die Vorbeugung,  $35^\circ$  auf die Rückbeugung. Links fand sie meist den Ausschlag etwas größer.

## II. Muskelwirkung auf die Sprunggelenke.

1892 untersuchte ich zum erstenmal die Wirkung der Muskeln auf die einzelnen Fußgelenke genauer und berechnete zum erstenmal auch die Arbeitsleistung der Muskeln<sup>1</sup>. 11 Jahre später nahm der um Deutschlands Krüppelfürsorge hochverdiente Orthopäde BIESALSKI die Untersuchung der Fußmuskeln aufs neue auf. Er maß die Verkürzungsgrößen in ähnlicher Weise wie ich und

<sup>1</sup> R. FICK: Über die Arbeitsleistung der auf die Fußgelenke wirkenden Muskeln. Habilitationsschrift Würzburg 1892. Festschrift für A. v. KÖLLIKER.



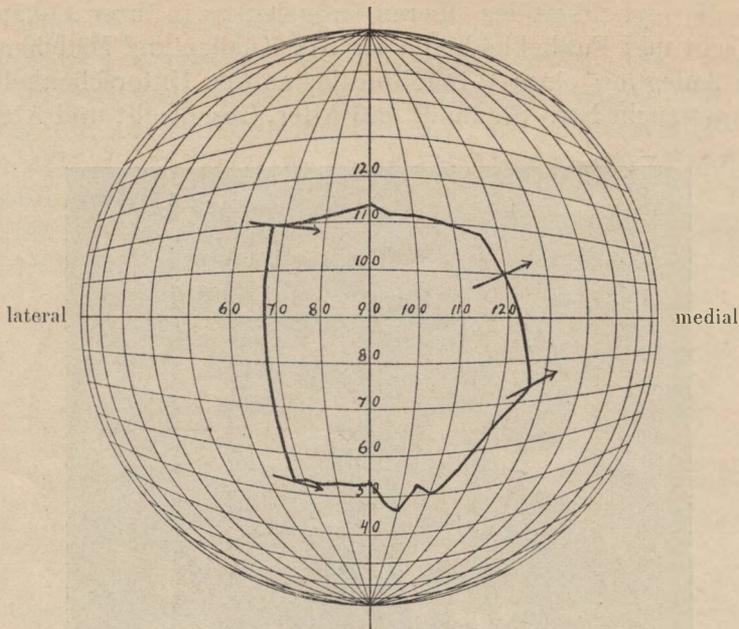


Bild 10. Bewegungsfeld meines eigenen Fußes (Oktober 1930)  
im neuen kleinen Meridianrahmengestell (s. Bild 9 a. vor. S.).

fand zum Teil millimetergenau (!) dieselben Größen. Er untersuchte aber auch die Bahnen des Fußes bei Freiheit der Hauptgelenke unter Einwirkung der verschiedenen Muskeln, leider freilich nicht mittels eines Meridianrahmens, sondern nur in der Projektion auf eine ebene Glastafel. Deshalb sind die Ergebnisse seiner trotzdem höchst belangreichen Untersuchung mechanisch nicht unmittelbar klar und einfach zu deuten und führten ihn daher auch zu manchen Fehlschlüssen. So unternahm ich es denn, die Muskelwirkung auf die vereinigten Sprunggelenke nochmals zu untersuchen, unter Verwendung derselben Untersuchungsart, die ich mit ROSCHDESTWENSKI beim Hüftgelenk und mit SHINO bzw. OTTO P. MAIER beim Schultergelenk angewendet hatte.

Die Sehnen wurden oberhalb ihrer Scheiden, die sie über das Sprunggelenk geleiten, durchschnitten, am unteren Schnittende wurde ein Faden befestigt und dieser durch eine Öse geleitet, die etwa dem Mittelpunkt der Ursprungsfläche entspricht. Die Öse wurde in der Weise in den Knochen eingeschraubt, daß ihr Loch von der Muskelursprungsfläche am Knochen den gleichen Abstand hat wie die Zugrichtung der Mitte des Muskelbauches. Das Präparat wurde dann an der Stütze des Kreisrahmengestelles befestigt (s. Bild 11 auf S. 474) und die Bewegungen in dem Umfang wiederholt, wie sie das Präparat 3 bei der Gelenkuntersuchung gezeigt hatte (vgl. Bild 3 auf S. 466).

Ich untersuchte bei jedem Muskel die Veränderung, die seine Länge (d. h. die Entfernung zwischen Ursprung und Ansatz) beim Übergang des Fußes aus der Grundstellung in die bei größter Beugung, größter Streckung, größter Einwärtskantung und größter Auswärtskantung erfährt, und zwar wie sie sich

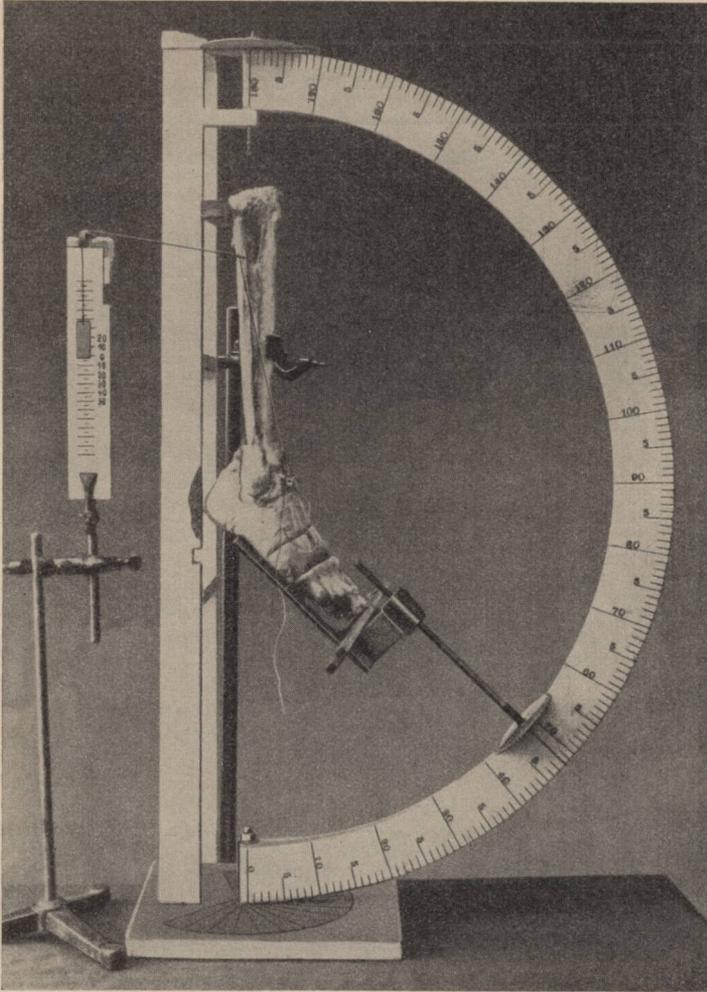


Bild 11. Präparat im Kreisrahmengestell, zum Messen der Muskelverkürzung eingerichtet.

beim Präparat des Bildes 3 ergab. Endlich wurde auch untersucht, bei welcher Bewegung des Fußes auf dem Bewegungsfeld der Muskel die stärkste Längenveränderung erfährt. Wegen der Spannungsberechnung war es übrigens auch nötig, festzustellen, welche Verkürzung die oberflächlichen Wadenmuskeln (mm. gastrocnemii) bei der Kniebeugung und welche Längenänderung die Zehenmuskeln bei den Zehenbewegungen erlitten.

### 1. Berechnung der größtmöglichen Arbeitsleistung.

Zur Berechnung der größtmöglichen Arbeitsleistung braucht man nur die größten Muskelverkürzungen und die Querschnittgröße zu bestimmen, während die »mittlere Spannung« bei der größtmöglichen Zusammenziehung von der größtmöglichen Dehnung aus auf 10 kg je 1 cm<sup>2</sup> Muskelquerschnitt angenommen werden kann (s. meine früheren Arbeiten).

Zahlentafel 1.

Größte Muskelverkürzungen bei gemischter Bewegung.

Muskelname	Größte Verkürzung in mm	aus der »gedehnten Stellung«	in die »verkürzte Stellung«
1. Vorderer Schienbeinm. . . (m. tibialis ant.)	36	aus 52° Streck. + 10° Abz. + 20° Pron.	in 28° Beug. + 30° Anz. + 40° Sup.
2. Langer Großzehenstr. . . (m. extensor hall. lg.)	68	52° " 0° " 0° " Zehen geb.	28° " + 0° " + 40° " Zehen gestr.
	37 ohne Zehenbew.	52° " + 0° " + 0° Pron. —	28° " + 0° " + 0° Sup.
3. Langer Zehenstrecker . . . (m. extensor digit. lg.)	86 mit Zehenbew.	35 " + 30° Anz. + 40° Sup. Zehen geb.	28° " + 10° Abz. + 20° " Zehen gestr.
	58 ohne Zehenbew.	35 " + 30 " + 40 Sup. —	28° " + 10° " + 20° Sup.
4. Dritter Wadenbeinm. . . (m. peronaeus tertius)	57	28 " + 30° " + 40° "	28° " + 25° " + 12° Pron.
5. Kurzer Wadenbeinm. . . (m. peronaeus brev.)	35	24° Heb. + 15° " + 40° "	44° Senk. + 11° " + 10° "
6. Langer Wadenbeinm. . . (m. peronaeus lg.)	48	26° " + 13° " + 40° "	42° " + 15° " + 20° "
7. Dreiköpfer (Achillessehne) (m. triceps surae)	92 mit Kniebew.	28° " + 25° Abz. + 15° Pron., Knie gestr.	43° " + 15° Anz. + 40° Sup. Knie geb.
	47 ohne Kniebew.	28° " + 25° " + 15° Pron. —	43° " + 15° " + 40° "
8. Langer Zehenbeuger . . . (m. flex. digit. lg.)	45 mit Zehenbew.	28° " + 25° " + 10° " Zehen gestr.	37° " + 25° " + 40° " Zehen geb.
	19 ohne Zehenbew.	28° " + 25° " + 10° Pron. —	37° " + 25° " + 40° "
9. Großzehenbeuger . . . . (m. flex. hall. lg.)	53 mit Zehenbew.	24° " + 15° " + 13° " Zehen gestr.	48° Str. + 24° " + 40° " Zehen geb.
	35	24° " + 15° " + 13° Pron. —	48° " + 24° " + 40° " —
10. Unterer Schienbeinm. . . (m. tibialis post.)	21	26° " + 25° " + 20° "	20° " + 30° " + 40° "

Den Weg, den die Fußlängsachse bei der größten Arbeitsleistung der betr. Muskeln ausführen würde, können wir anschaulich auf unserer Bewegungsbahnkugel darstellen. (Die in BIESALSKIS Arbeit über die Fußbewegungen mitgeteilten Kurven sind, wie bemerkt, nicht so anschaulich und sind leicht mißdeutbar, weil sie Projektionen der Fußplatte auf eine Ebene sind, und die an ihnen vorgenommenen Winkelmessungen bzw. die Schlüsse daraus sind daher auch nicht zulässig.)

Zur Berechnung der Arbeitsleistung ist, wie bemerkt, neben der Messung der Verkürzungen auch noch die Bestimmung des physiologischen Querschnittes der Muskeln nötig.

Physiologischer Querschnitt der Sprunggelenkmuskeln.

Die Querschnitte der Sprunggelenkmuskeln sind naturgemäß, ähnlich wie die der oberen Gliedmaßen, persönlich außerordentlich verschieden. In meinem Handbuch der Gelenk-Muskelmechanik gab ich Mittelwerte aus 5 von mir

<sup>1</sup> d. h. aus der Stellung des Fußes auf dem Bewegungsfeld, in der der betr. Muskel seine größte Dehnung erlitt, in diejenige Stellung, bei der der betr. Muskel sich am meisten verkürzen konnte.

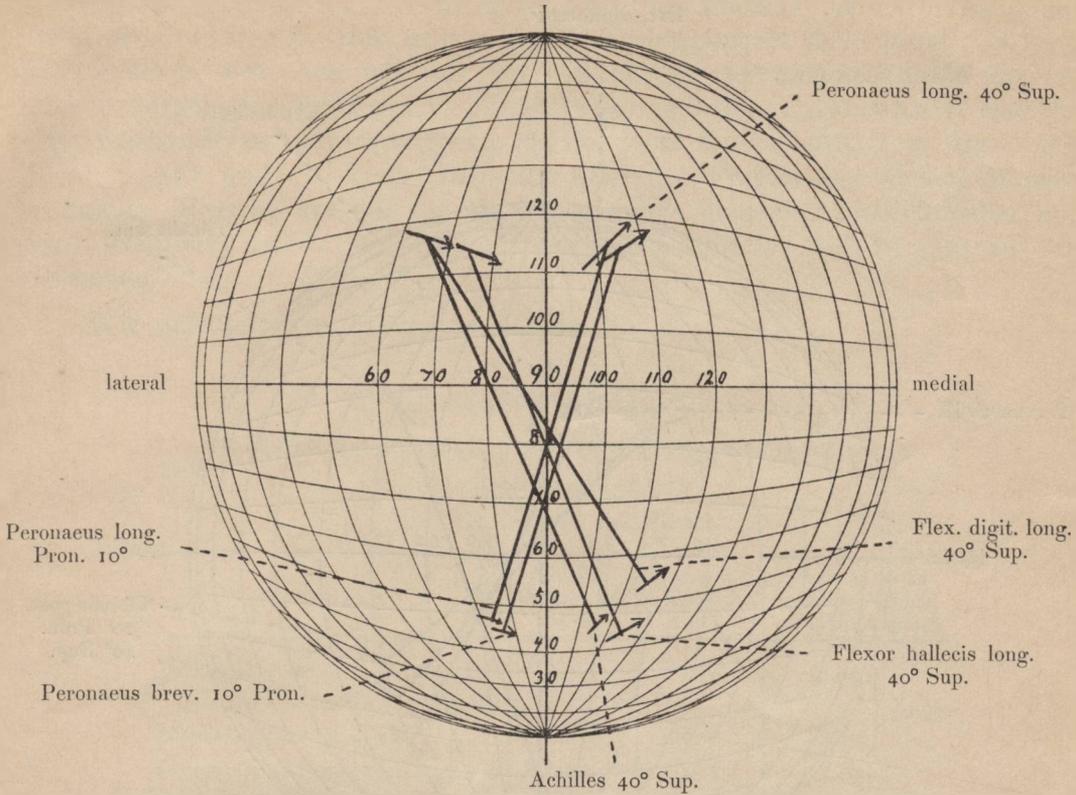
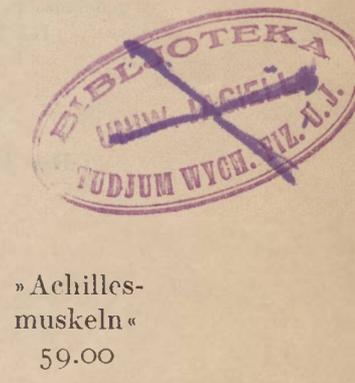


Bild 12. Weg der Fußlängsachse bei äußerster Verkürzung der »Fußsenker« von ihrer gedehntesten Stellung aus mit Aufzeichnung der betreffenden Kantenbewegung bei ihrer äußersten Tätigkeit. Die Richtung der Pfeile entspricht der Stellung der Querlinie des Vorderfußes.

gemessenen Muskelreihen. Auch bei meiner jetzigen Muskeluntersuchung bestimmte ich noch einmal die Querschnitte an fünf Präparaten. Sie betragen im Mittel:

Zahlentafel 2.

1. Vorderer Schienbeinmuskel ...	4.50 cm <sup>2</sup>
2. Langer Großzehenstrecker.....	1.00 "
3. " Zehenstrecker .....	3.25 "
4. Dritter Wadenbeinmuskel .....	0.12 "
5. Kurzer " .....	3.12 "
6. Langer " .....	5.50 "
7a. Medialer Zwillingsmuskel ....	14.00 "
7b. Lateraler " .....	10.00 "
7c. Fußsohlenmuskel .....	0.50 "
7d. Schollenmuskel .....	34.50 "
8. Langer Zehenbeuger .....	2.50 "
9. " Großzehenbeuger.....	6.25 "
10. Hinterer Schienbeinmuskel ....	8.50 "



» Achilles-  
muskeln «  
59.00

Der jetzigen Arbeitsberechnung lege ich einen neuen Mittelwert für den Querschnitt zugrunde, nämlich das Mittel aus dem neuen und dem alten Mittelwert. Ich erhielt folgende Werte:

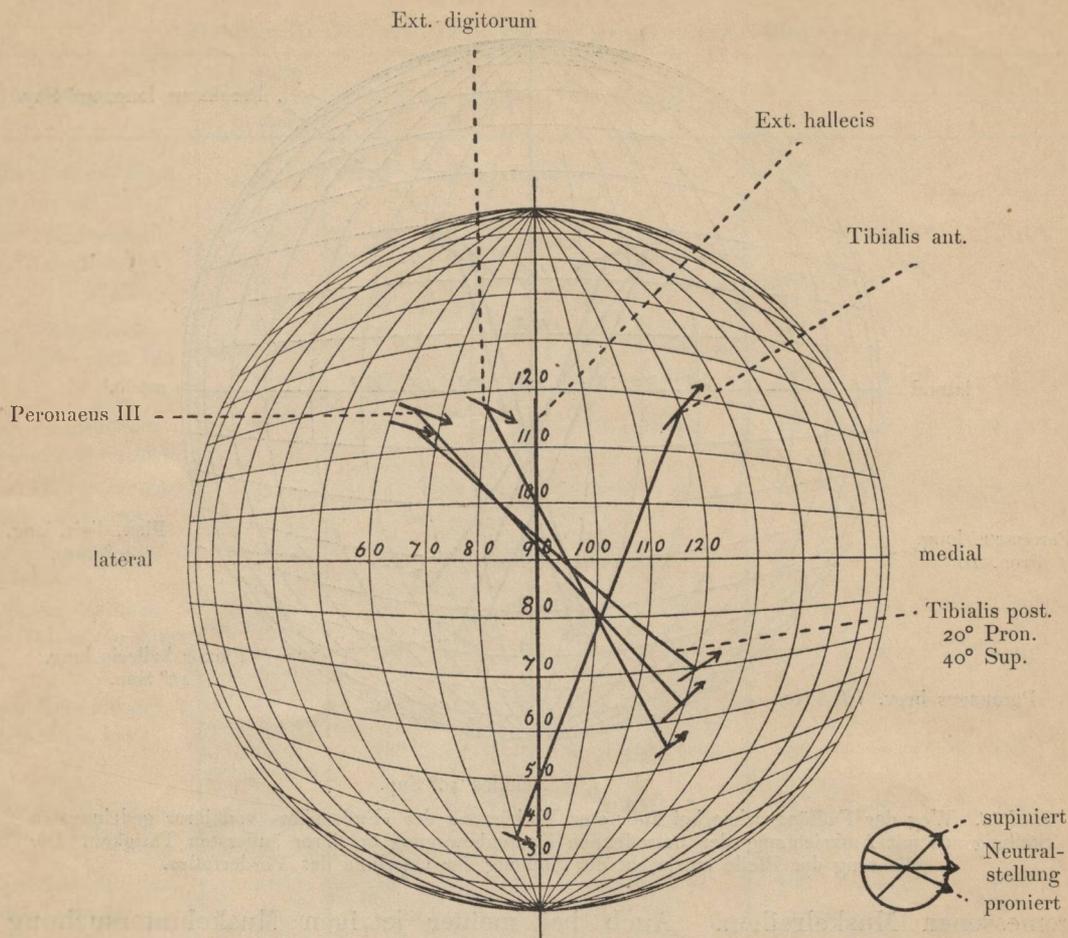


Bild 13. Weg der Fußlängsachse bei äußerster Verkürzung der »Fußheber« von ihrer gedehntesten Stellung aus mit der betreffenden Kantenbewegung bei ihrer äußersten Tätigkeit. Die Richtung der Pfeile entspricht der Stellung der Querlinie des Vorderfußes.

Zahlentafel 3.

Der jetzigen Arbeitsbestimmung zugrunde liegende Querschnittswerte.

1. Vorderer Schienbeinmuskel . . .	6.10 cm <sup>2</sup>	
2. Langer Großzehenstrecker . . . . .	1.15 "	
3. " Zehenstrecker . . . . .	2.87 "	
4. Dritter Wadenbeinmuskel . . . . .	0.91 "	
5. Kurzer " . . . . .	3.75 "	
6. Langer " . . . . .	4.90 "	
7 a u. b. Beide Zwillingsmuskeln . .	23.50 "	} » Achilles- muskeln « 51.00
7 c. Sohlenmuskel . . . . .	0.50 "	
7 d. Schollenmuskel . . . . .	27.00 "	
8. Langer Zehenbeuger . . . . .	2.65 "	
9. " Großzehenbeuger . . . . .	5.37 "	
10. Hinterer Schienbeinmuskel . . . .	7.15 "	

Um die größte Arbeitsmöglichkeit der Muskeln beim Übergang aus ihrem gedehntesten Zustand in ihre größte Verkürzung (s. Zahlentafel 1 S. 475) zu berechnen, brauchen wir nur die von uns in der ebengenannten Zahlentafel niedergelegten größten Verkürzungen mit dem Querschnitt und der »Muskelkrafteinheit« (= 10 kg auf je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt) (vgl. Handbuch II. Bd. S. 227 und: R. Fick, Übersicht über die Fragen der Gelenk-Muskelmechanik. Vortrag auf der 90. Tagung der Ges. deutscher Naturforscher und Ärzte, Hamburg 1928. In: Ztschr. f. Orthopäd. Chir. 51. Bd. S. 333) zu vervielfachen.

Wir erhalten dann folgende Zahlen für die

**Zahlentafel 4.**

**Größte Arbeitsmöglichkeit der Sprunggelenkmuskeln**

vgl. Zahlentafel 1 S. 475

(der Größe nach geordnet).

Muskelname	Größte Verkürzung in m	Spannung = Querschn. × 10 kg	Arbeit in m kg (m. Knie u. Zehengelenkbewegung)
Zwillingsmuskeln + Sohlenmuskel (m. gastrocnemii + m. plantaris)	0.092	240.0	22.08
Schollenmuskel (m. soleus) . . . . .	0.047	270.0	12.69
Langer Großzehenbeuger . . . . . (m. flexor hallucis longus)	0.053	53.7	2.85
Langer Zehenstrecker . . . . . (m. extensor digit. longus)	0.086	28.7	2.47
Langer Wadenbeinmuskel . . . . . (m. peronaeus longus)	0.048	49.0	2.35
Vorderer Schienbeinmuskel . . . . . (m. tibialis anterior)	0.036	61.0	2.20
Hinterer Schienbeinmuskel . . . . . (m. tibialis posterior)	0.021	71.5	1.57
Kurzer Wadenbeinmuskel . . . . . (m. peronaeus brevis)	0.035	37.5	1.31
Langer Zehenbeuger . . . . . (m. flexor digit. longus)	0.045	26.5	1.19
Langer Großzehenstrecker . . . . . (m. extensor hallucis longus)	0.068	11.5	0.78
Dritter Wadenbeinmuskel . . . . . (m. peronaeus tertius)	0.057	9.1	0.52

} 34.77

**2. Teilarbeitsberechnungen.**

Für die Teilarbeitsberechnung bestimmte ich vor allem die Verkürzungen der Muskeln bei den 'reinen' Hebungen und Senkungen des Fußes im oberen Sprunggelenk (s. Zahlentafel 5), sodann die bei den 'reinen' Kantenbewegungen im unteren Sprunggelenk (s. Zahlentafel 6).

## Zahlentafel 5.

Muskelverkürzung bei reiner Beugung (28°) und Streckung (52°) von der Grundstellung aus.

Muskelname	Verkürzung bei reiner Fußhebung in mm	Verkürzung bei reiner Fußsenkung in mm	Unterschied zwisch. reiner Hebg. u. Senkg. in mm
1. Vorderer Schienbeinmuskel... (m. tibialis anterior)	+ 12	- 15	27
2. Langer Großzehnstrecker... (m. extensor hallucis longus)	+ 12	- 20	32
3. Langer Zehnstrecker... (m. extensor digit. longus)	+ 14	- 20	34
4. Dritter Wadenbeinmuskel... (m. peroneus tertius)	+ 12	- 18	30
5. Kurzer Wadenbeinmuskel... (m. peroneus brevis)	- 18	+ 6	24
6. Langer Wadenbeinmuskel... (m. peroneus longus)	- 12	+ 10	22
7. Dreiköpfer der Wade (Achillessehne) (m. triceps surae)	- 15	+ 27	42
8. Langer Zehenbeuger... (m. flexor digitorum)	- 3	+ 9	12
9. Langer Großzehnenbeuger... (m. flexor hallucis longus)	- 6	+ 21	27
10. Hinterer Schienbeinmuskel... (m. tibialis posterior)	- 4	+ 5	9

## Zahlentafel 6.

Muskelverkürzung beim Übergang von größter reiner Auswärtskantung (Abduktion + Pronation) in größte Einwärtskantung (Adduktion + Supination).

Muskelname	Verkürzung bei voller Einwärtskantg. in mm	Verkürzung bei voller Auswärtskantg. in mm
1. Vorderer Schienbeinmuskel... (m. tibialis anterior)	9 <sup>1</sup>	—
2. Langer Großzehnstrecker... (m. extensor hallucis longus)	—	2

<sup>1</sup> Bei meiner jetzigen Untersuchungsreihe fand ich bei allen Präparaten eine einwärtskantende Wirkung des Vorderen Schienbeinmuskels (m. tibialis ant.). Auch bei öfteren Untersuchungen im Präpariersaal ergab sich, daß der Muskel am Berliner Material sich selten anders verhält. Am Würzburger Material hingegen scheint es anders zu sein, denn in der Untersuchungsreihe meiner Habilitationsarbeit (1892) stellte ich (zum ersten Male), und zwar an mehreren Präparaten eine Doppelwirkung des Muskels fest (ähnlich wie ich sie später [1903] beim Oberarm-Speichenmuskel [Brachioradialis] auffand). Es kommt nämlich offenbar auch beim Gesunden vor, daß der Vordere Schienbeinmuskel in der »Mittelstellung« am gedehntesten ist und sich daher sowohl bei der Ein- als auch bei der Auswärtskantung zusammenzieht, d. h. also beide hervorbringen kann, je nachdem seine Sehne in ihrer Sehnenscheidenschleife über die Achse des Unteren Sprunggelenkes medial- oder lateralwärts hinübertritt. Bei Plattfuß scheint das dauernde Hinübergleiten nach der Außenseite, wie leicht erklärlich, öfters vorzukommen. So teilte mir seinerzeit ED. ALBERT mit, daß er in zwei Fällen den Muskel an der Pronationskontraktur beteiligt gefunden und durch meine Untersuchung »erst ein Verständnis dafür gewonnen habe« (vgl. R. FICK, Handb. III. Bd. S. 630 f.). Soeben gibt F. LANGE in seinem auch für den Anatomen höchst bedeutungsvollen Werk über »Die Epidemische Kinderlähmung« (bei J. F. LEHMANN, München 1931, S. 127) die Verwandlung des Vorderen Schienbeinmuskels in einen Pronator beim Plattfuß geradezu als Regel an.

Muskelname	Verkürzung bei voller Ein- wärtskantg. in mm	Verkürzung bei voller Aus- wärtskantg. in mm
3. Langer Zehenstrecker . . . . . (m. extensor digit. longus)	—	24
4. Dritter Wadenbeinmuskel . . . . (m. peroneus tertius)	—	30
5. Kurzer Wadenbeinmuskel . . . . (m. peroneus brevis)	—	25.5
6. Langer Wadenbeinmuskel . . . . (m. peroneus longus)	—	22.0
7. Dreiköpfer der Wade (Achilles- sehne) m. triceps surae)	5	—
8. Langer Zehenbeuger . . . . . (m. flexor digitorum longus)	7	—
9. Langer Großzehenbeuger . . . . (m. flexor hallucis longus)	8	—
10. Hinterer Schienbeinmuskel . . . (m. tibialis posterior)	9	—

Für die **Teilarbeitsberechnung** von der Grundstellung aus darf, wie ich früher (s. R. FICK und ROSCHDESTWENSKI) auseinandersetzte, nicht die »Muskelkrafteinheit« von je 10 Kilogramm auf 1 cm<sup>2</sup> Muskelquerschnitt in Rechnung gestellt werden. Es kommt vielmehr als Kraft nur die »mittlere Spannung« zwischen der Spannung in der Grundstellung (= »Grundspannung«) und der »Endspannung« bei den betreffenden Endstellungen in Betracht. Als Endstellungen kamen die höchste Fußhebung, die tiefste Fußsenkung, die stärkste Einwärts- und stärkste Auswärtskantung des Fußes zur Untersuchung.

Die Spannung in der Grundstellung, also die sog.  
»Grundspannung«,

berechnet sich, wie früher ausgeführt (s. R. FICK, Schultermuskelarbeit, Sitzungsber. der Preuß. Akad. 1929), wie folgt:

$$\frac{\text{Grundstellungsspannung (Sg)}}{\text{Dehnungsspannung (Sd)}} = \frac{\text{Grundstellungslänge (Lg)}}{\text{Gedehnte Länge}^1 \text{ (Ld)}} \quad \text{oder abgekürzt}$$

$$\frac{Sg}{Sd} = \frac{Lg}{Ld} \quad \text{oder} \quad Sg = \frac{Lg}{Ld} \times Sd.$$

Den Bruch  $\frac{Lg}{Ld}$  nannten wir die »Spannungsverhältniszahl für die Grundstellung«.

Für diese Größe und für die Spannung in der Grundstellung selbst (= Grundspannung Sg) ergeben sich für die Sprunggelenkmuskeln folgende Werte:

<sup>1</sup> Bei Bewegung aller übersprungenen Gelenke, also auch der Knie- und der Zehengelenke.

Zahlentafel 7.

Spannungsverhältniszahl und Spannung in der Fußgrundstellung.

Muskelname	1. Größtverkürzung von der Grundstellung aus in cm Lg	2. Größte Dehnung von der Grundstellung aus	3. Summe von 1. und 2. = gedehnte Länge Ld	Spannungsverhältniszahl für die Grundstellung = $\frac{Lg}{Ld}$	Spannung in der Grundstellung für je 1 cm <sup>2</sup> Querschnitt Sg = Sd × $\frac{Lg}{Ld}$
1. Vorderer Schienbeinm. (m. tibialis ant.)	1.5	2.1	3.6	1.5 : 3.6 = 0.417	20 × 0.417 = 8.34
2. Langer Großzehenstr. (m. extensor hall. lg.)	3.7	3.1	6.8	3.7 : 6.8 = 0.54	20 × 0.54 = 10.8
3. Langer Zehenstrecker (m. extensor digit. lg.)	4.0	4.6	8.6	4.0 : 8.6 = 0.47	20 × 0.47 = 9.4
4. Dritter Wadenbeinm. (m. peroneus tertius)	2.1	3.6	5.7	2.1 : 5.7 = 0.37	20 × 0.37 = 7.4
5. Kurzer Wadenbeinm. (m. peroneus brevis)	1.3	2.1	3.4	1.3 : 3.4 = 0.38	20 × 0.38 = 7.6
6. Langer Wadenbeinm. (m. peroneus lg.)	1.5	3.3	4.8	1.5 : 4.8 = 0.31	20 × 0.31 = 6.2
7 a—c. Zwillingsmuskel (m. gemelli + plantar.)	7.5	1.7	9.2	7.5 : 9.2 = 0.81	20 × 0.81 = 16.2
7 d. Schollenmuskel (m. soleus)	3.0	1.7	4.7	3.0 : 4.7 = 0.64	20 × 0.64 = 12.8
8. Langer Zehenbeuger (m. flexor digit. lg.)	2.8	1.7	4.5	2.8 : 4.5 = 0.62	20 × 0.62 = 12.4
9. Großzehenbeuger (m. flex. hall. lg.)	3.8	1.5	5.3	3.8 : 5.3 = 0.72	20 × 0.72 = 14.4
10. Hinterer Schienbeinm. (m. tibialis post.)	1.3	0.8	2.1	1.3 : 2.1 = 0.62	20 × 0.62 = 12.4

1. Arbeitsleistung von der Grundstellung zur größten Verkürzung.

Ebenso wie sich die »mittlere Spannung« bei der »Ganzarbeit«, bei der sich der Muskel aus größter Dehnung zur äußersten Verkürzung als das arithmetische Mittel darstellt aus der gedehntesten Spannung und der Endspannung, so auch für die »Teilarbeit« von der Grundstellung aus.

Bei der Zusammenziehung von der Grundstellung aus bis zur äußersten Verkürzung berechnet sich die mittlere Spannung für 1 cm<sup>2</sup> Muskel wie folgt:

$$\text{Mittlere Spannung für je 1 cm}^2 \text{ Muskel} = \frac{\text{Grundspannung} + \text{Endspannung}}{2}$$

$$= \frac{20 \text{ kg} \times \text{»Spannungsverhältniszahl«} + \text{Endspannung}}{2}$$

Schienbeinmuskel hat man z. B. mittlere Spannung =  $\frac{20 \times 0.417 + 0}{2} = \frac{8.34}{2} = 4.17 \text{ kg}$  für je 1 cm<sup>2</sup> Muskelquerschnitt. Die mittlere Spannung bei der Zusammenziehung des Vorderen Schienbeinmuskels aus der Grundstellung bis

zur Stellung der äußersten Verkürzung (s. S. 475) beträgt also nur etwa 4 kg. Beim Übergang von der Grundstellung zu 28° Beugung, 30° Anziehung und 40° Supination kann er daher eine Arbeit leisten von 0.015 (Verkürzung in m) × 4.17 (kg mittlere Spannung für 1 cm<sup>2</sup>) × 6.10 (cm<sup>2</sup> Querschnitt) = 0.390 mkg.

**2. Arbeitsleistung von der größten Dehnung bis zur Grundstellung.**

Für diese »Teilarbeit« ist die mittlere Spannung natürlich größer als bei der Ganzarbeit, wo die Verkürzung bis zur vollkommenen Entspannung geht. Sie ist natürlich erst recht größer als bei der eben berechneten Teilarbeit von der Grundstellung aus bis zu vollständiger Verkürzung, weil bei dieser sowohl die Anfangsspannung wesentlich kleiner ist, als bei der jetzt in Rede stehenden Teilarbeit, als auch die Endspannung wesentlich kleiner ist, weil sie ja dort = Null angenommen werden kann.

Für die jetzt zu untersuchende Teilarbeit (von größter Dehnung bis zur Grundstellung) ist die mittlere Spannung natürlich wieder das arithmetische Mittel aus der Anfangsspannung (die hier, d. h. bei größter Dehnung, auf 20 kg für je 1 cm<sup>2</sup> Muskelquerschnitt veranschlagt werden kann) und der Endspannung, die hier aber nicht = Null ist, sondern die »Grund(stellungs)-spannung« ist (s. S. 480). Die mittlere Spannung für je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt ist demnach wieder:

$$\frac{\text{Anfangsspannung} + \text{Grundspannung}}{2}, \text{ hier also} \\ = \frac{\text{Dehnungsspannung} + \text{Grundspannung}}{2}$$

Für den Vorderen Schienbeinmuskel hat man also für die mittlere Spannung =  $\frac{20 + 8.34}{2} = 14.17$  kg.

Die Arbeitsleistung des Vorderen Schienbeinmuskels von derjenigen Fußstellung aus, in der er am gedehntesten ist, d. h. also von 52° Fußsenkung mit 10° Abziehung und 20° Pronation bis zur Grundstellung, ist also 0.021 (Verkürzung in m) × 14.17 (mittlere Spannung für je 1 cm<sup>2</sup>) × 6.10 (cm<sup>2</sup> Querschnitt) = 1.816 mkg.

Da nach dem vorigen Abschnitt die Teilarbeit des Vorderen Schienbeinmuskels von der Grundstellung bis zur vollen Verkürzung bei Fußhebung + Einwärtskantung 0.390 mkg beträgt, so erhält man als Summe dieser Teilleistung und der eben berechneten, beim Übergang aus seiner größten Dehnung bis zur Grundstellung, eine Gesamtarbeit von 0.390 + 1.816 = 2.196 rund 2.20 mkg. Dies ist selbstverständlich dieselbe Zahl, wie wir sie auf S. 478 für die »größtmögliche Arbeit« in einem Zug berechneten.

### 3. Berechnung der Arbeitsleistung von der Grundstellung aus bei reiner Hebung oder Senkung.

Bei der Berechnung der Arbeitsleistung von der Grundstellung zur größten »reinen« Beugung, Streckung oder Kreiselung kommt als Mittelspannung natürlich wieder das arithmetische Mittel aus der »Grundspannung« (s. S. 480) und der Endspannung in Betracht. Diese ist hier aber nicht die volle Entspannung (wie beim Fall 1 S. 475), sondern, wie beim Übergang aus einer äußersten Grenzstellung zur Grundstellung, etwas größer, weil die Muskeln bei der reinen Grenzbewegung, d. h. der größten reinen Beugung, Streckung oder Kreiselung, noch nicht ganz erschlaft sind. Es besteht eine gewisse »Restspannung« (s. Schulterarbeit S. 14 [469]).

#### Berechnung der Restspannungen.

Die »Restspannung« oder der »Spannungsrest« verhält sich zur größten Dehnung für je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt wie der »Verkürzungsrest«, d. h. die Strecke, die dem Muskel nach der »reinen« Grenzbewegung noch übrigbleibt, zur größten Verkürzung, die er überhaupt von größter Dehnung aus ausführen kann.

Man hat also: Spannungsrest (Sr) verhält sich zur Dehnungsspannung (Sd) wie die Restlänge (Lr) zur gedehnten Länge (Ld)

$$\text{oder kurz: } \frac{Sr}{Sd} = \frac{Lr}{Ld} \text{ oder } Sr = \frac{Lr}{Ld} \times Sd.$$

Der Bruch  $\frac{Lr}{Ld}$  ist wieder die »Spannungsverhältniszahl«, diesmal aber nicht für die Grundstellung, sondern für die betr. größte »reine« Bewegung.

Am klarsten dürften die verschiedenen Längenbezeichnungen werden durch Betrachtung des beistehenden Bildes für den Vorderen Schienbeinmuskeln. Das Bild gibt die Länge in 2½ facher Vergrößerung.

Man sieht aus Bild 14, daß der Vordere Schienbeinmuskeln sich von größter Dehnung zu größter Verkürzung um 36 mm zusammenziehen kann; von größter Dehnung zur größten »reinen« Fußhebung um 36 — 3 = 33 mm; von größter Dehnung bis zur Grundstellung um 36 — 15 = 21 mm; von größter Dehnung zur größten »reinen« Fußsenkung um 36 — 30 = 6 mm.

Für die »reinen« Hebungen und Senkungen des Fußes berechnet sich die Restspannung für je 1 cm<sup>2</sup> des Querschnittes beim Vorderen Schienbeinmuskeln folgendermaßen: Die größte Dehnung (also die größte Spannung = Sd) zeigte der Vordere Schienbeinmuskeln bei Fußhebung + Auswärtskantung (Pronation). Sie betrug von der Stellung bei größter Verkürzung (bei Fußsenkung und Einwärtskantung) (Supination) 36 mm (s. Bild 14 von Strich bei Lv bis Strich bei Ld). Der »Verkürzungsrest« oder die »Restlänge« nach der größten »reinen« Hebung des Fußes ohne Einwärtskantung betrug nur noch 3 mm (s. Bild 14, Länge vom Strich der reinen Hebung bis zu »Lv«).

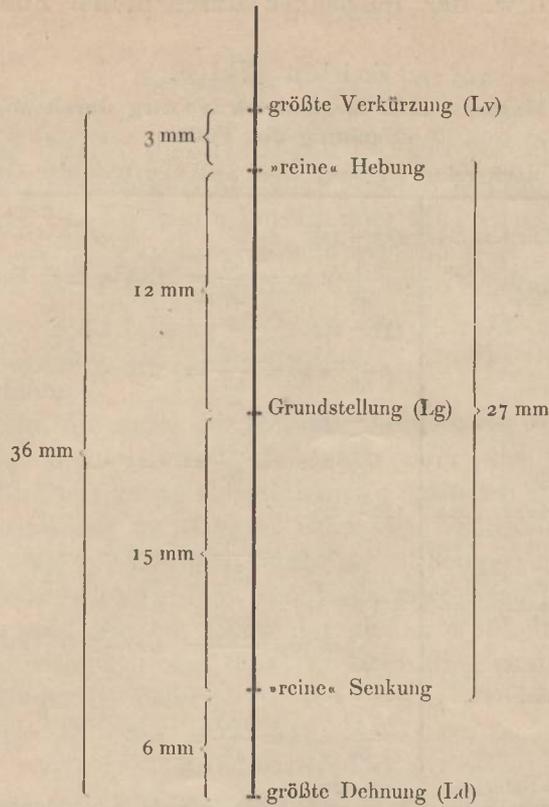


Bild 14. Schema der Längenverhältnisse des Vorderen Schienbeinmuskels. Die beige-schriebenen Zahlen bedeuten die am Präparat festgestellten wirklichen Dehnungen.

Der »Dehnungsrest« oder die Restlänge nach größter »Reiner« Senkung des Fußes ohne gleichzeitige Auswärtskantung (Pronation) beträgt 6 mm (s. Bild 14 Strecke von »Reiner Senkung« bis Ld).

Demnach hat man für den Spannungsrest, den der Muskel nach »Reiner« Hebung des Fußes für die weitere **Verkürzung** noch besitzt, folgendes:

$$\frac{\text{Spannungsrest}}{\text{Dehnungsspannung}} = \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{Dehnungslänge}} \quad \text{oder:}$$

$$\text{Spannungsrest} = \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{Dehnungslänge}} \times \text{Dehnungsspannung,}$$

d. h. Spannungsrest =  $\frac{3 \text{ mm}}{36 \text{ mm}} \times 20 \text{ kg} = \frac{60}{36} = 1.66 \text{ kg}$  für je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt.

Für den Vorderen Schienbeinmuskel ist also die Restspannung nach »Reiner« Fußhebung nur noch 1.66 kg für je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt. Die Restspannungen der übrigen Muskeln (Fußbeuger) nach ihrer Verkürzung durch

Reine Fußhebung bzw. der Fußsenker durch Reine Fußsenkung zeigt die nächste Zahlentafel.

Zahlentafel 8.

**Spannungsrest der Muskeln nach ihrer Verkürzung durch „reine“ Hebung bzw. Senkung des Fußes**

= »Endspannung« nach reiner Hebung oder Senkung (von der Grundstellung aus).

1. Vorderer Schienbeinmuskel . . . . . (m. tibialis ant.)	(15 - 12) $\frac{3}{36} \times 20 = \frac{60}{36} = 1.66$ kg nach Fußhebung
2. Großzehenstrecker . . . . . (m. extensor hall. lg.)	(37 - 12) $\frac{25}{68} \times 20 = \frac{500}{68} = 7.35$ " " "
3. Langer Zehenstrecker . . . . . (m. extensor hall. lg.)	(40 - 14) $\frac{26}{86} \times 20 = \frac{520}{86} = 6.05$ " " "
4. Dritter Wadenbeinmuskel . . . . . (m. peroneus tertius)	(21 - 12) $\frac{9}{57} \times 20 = \frac{180}{57} = 3.16$ " " "
5. Kurzer Wadenbeinmuskel . . . . . (m. peroneus brev.)	(13.5 - 6) $\frac{7.5}{35} \times 20 = \frac{150}{35} = 4.29$ " " Fußsenkung
6. Langer Wadenbeinmuskel . . . . . (m. peroneus lg.)	(15 - 10) $\frac{5}{48} \times 20 = \frac{100}{48} = 2.08$ " " "
7 a-c. Zwillingsmuskel + Sohlenm.. (m. gemelli + plantar) (ohne Knie)	(75 - 27) $\frac{48}{92} \times 20 = \frac{960}{92} = 10.43$ " " " (für Kantung und Kniebeugung übrigbleibende Spannung)
7 d. Schollenmuskel . . . . . (m. soleus)	(30 - 37) $\frac{3}{47} \times 20 = \frac{60}{47} = 1.49$ " " Fußsenkung
8. Langer Zehenbeuger . . . . . (m. flex. digit.)	(28 - 8) $\frac{20}{45} \times 20 = \frac{400}{45} = 8.88$ " " " (für Kreislung und Zehenbeug. übrigbleibende Spannung)
9. Langer Großzehenbeuger . . . . . (m. flex. hall. lg.)	(38 - 21) $\frac{17}{53} \times 20 = \frac{340}{53} = 6.42$ " " Fußsenkung
10. Hinterer Schienbeinmuskel . . . . . (m. tibialis post.)	(13 - 5) $\frac{8}{21} \times 20 = \frac{160}{21} = 7.62$ " " "

**Spannungsrest der Muskeln nach Dehnung durch reine Hebung bzw. Senkung und die durch diese Teilbewegung hervorgerufene (Teil-) »Endspannung«.**

Für den Spannungsrest nach der »reinen« Senkung des Fußes hat man (s. oben)

$$\frac{\text{Spannungsrest}}{\text{Dehnungsspannung}} = \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{Dehnungslänge}} \text{ oder:}$$

$$\text{Spannungsrest} = \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{Dehnungslänge}} \times \text{Dehnungsspannung,}$$

also für den Vorderen Schienbeinmuskel:

$$\frac{6 \text{ mm}}{36 \text{ cm}^2} \times 20 \text{ kg} = \frac{120}{36} = 3.33 \text{ kg für je } 1 \text{ cm}^2.$$

D. h. wenn der Vordere Schienbeinmuskel durch die reine Senkung des Fußes nur noch um 6 mm von seiner größten Dehnungslänge entfernt ist, kann er durch die letzte (6 mm betragende) Dehnungsstrecke nur noch für jeden  $1 \text{ cm}^2$  Q. um 3.33 kg mehr Spannung gewinnen. Er besitzt in dieser Stellung, d. h. nach der Dehnung durch die reine Senkung, demnach bereits eine Spannung von  $20 - 3.33 = 16.67 \text{ kg}$  für je  $1 \text{ cm}^2$  seines Querschnittes. Diese Spannung ist also »Endspannung« durch Dehnung nach reiner Hebung zu bezeichnen.

Bei den Muskeln, die außer der Hebung — Senkung und den »Kantungsbe-  
wegungen« des Fußes auch noch die Zehen oder das Kniegelenk bewegen  
können, muß für die Spannungsberechnung natürlich auch die Verkürzungs-  
oder Dehnungsmöglichkeit an diesen Gelenken berücksichtigt werden.

Die Restspannung der übrigen Muskeln (Fußbeuger) nach ihrer Dehnung  
durch die reine Fußsenkung bzw. der Fußsenker nach ihrer Dehnung durch  
reine Fußhebung und die am Ende der reinen Fußhebung erreichte »End-  
spannung nach Fußhebung« bzw. die »Endspannung nach Fußsenkung« der  
Fußheber zeigt folgende Tafel 9.

Zahlentafel 9.

**Spannungsrest der Muskeln nach Dehnung durch „reine“ Senkung bzw. Hebung (von der Grundstellung aus) und Endspannung nach ihrer Dehnung durch diese Bewegungen.**

Muskelname	Spannungsrest	Endspannung
1. Vorderer Schienbeinmuskel (m. tibialis ant.)	(21 - 15) $\frac{6}{36} \times 20 = \frac{120}{36} = 3.33 \text{ kg}$	$20 - 3.33 = 16.67 \text{ kg}$ nach Fußsenkung
2. Großzehenstrecker <sup>1</sup> . . . . . (m. extensor hall. lg.)	(31 - 20) $\frac{11}{68} \times 20 = \frac{220}{68} = 3.23 \text{ "}$	$20 - 3.23 = 16.77 \text{ "}$ " "
3. Langer Zehenstrecker . . . . (m. extensor hall. lg.)	(46 - 20) $\frac{26}{86} \times 20 = \frac{520}{86} = 6.05 \text{ "}$	$20 - 6.05 = 13.95 \text{ "}$ " "
4. Dritter Wadenbeinmuskel. (m. peroneus tertius)	(36 - 18) $\frac{18}{57} \times 20 = \frac{360}{57} = 6.31 \text{ "}$	$20 - 6.31 = 13.69 \text{ "}$ " "
5. Kurzer Wadenbeinmuskel. (m. peroneus brev.)	(21.5 - 18) $\frac{3.5}{35} \times 20 = \frac{70}{35} = 2.00 \text{ "}$	$20 - 2.00 = 18.00 \text{ "}$ " Fußhebung
6. Langer Wadenbeinmuskel. (m. peroneus lg.)	(33 - 12) $\frac{21}{48} \times 20 = \frac{420}{48} = 8.33 \text{ "}$	$20 - 8.33 = 11.67 \text{ "}$ " "

<sup>1</sup> Spannungsrest für Dehnung durch Zehenbeugung.

Muskelname	Spannungsrest	Endspannung
7 a-c. Zwillingsm. + Sohlenm. <sup>1</sup> (m. gemelli + plantar.)	(17 - 15) $\frac{2}{92} \times 20 = \frac{40}{92} = 0.43 \text{ kg}$	20 - 0.43 = 19.57 kg nach Fußhebung
7 d. Schollenmuskel . . . . . (m. soleus)	(17 - 15) $\frac{2}{47} \times 20 = \frac{40}{47} = 0.81 \text{ "}$	20 - 0.81 = 19.19 " " "
8. Langer Zehenbeuger . . . . . (m. flex. digit.)	(13 - 2) $\frac{11}{36} \times 20 = \frac{220}{36} = 6.11 \text{ "}$	20 - 6.11 = 13.89 " " "
9. Langer Großzehenbeuger . . . (m. flex. hall. lg.)	(15 - 6) $\frac{9}{53} \times 20 = \frac{180}{53} = 3.39 \text{ "}$	20 - 3.39 = 16.61 " " "
10. Hinterer Schienbeinmuskel (m. tibialis post.)	(8 - 4) $\frac{4}{21} \times 20 = \frac{80}{21} = 3.81 \text{ "}$	20 - 3.81 = 16.19 " " "

<sup>1</sup> Aus Grundstellung bei gestrecktem Knie.

### Mittlere Spannung der Muskeln bei reiner Hebung oder Senkung von der Grundstellung aus.

Die mittlere Spannung für je 1 cm<sup>2</sup> des Muskelquerschnittes bei der Fußhebung oder -senkung von der Grundstellung aus ist nach früherem das arithmetische Mittel aus der »Grundspannung« und der betr. »Endspannung« nach Ausführung der reinen Hebung oder Senkung.

Man hat demnach:

Mittlere Spannung

$$= \frac{\text{Grundspannung (Sg)} + \text{Endspannung nach reiner Hebung (SrH)}}{2}$$

Für den Vorderen Schienbeinmuskel ergibt sich aus der Zahlentafel S. 481, daß die Grundspannung (Sg) (d. h. die Spannung in der Grundstellung) = 8.34 kg, und aus S. 484, daß die Endspannung nach reiner Hebung (SrH) = 1.66 kg für je 1 cm<sup>2</sup> seines Querschnitts beträgt. Die mittlere Spannung für die reine Hebung aus der Grundstellung ist daher  $\frac{8.34 + 1.66}{2} = \frac{10.0}{2} = 5 \text{ kg}$ .

Nach reiner Senkung verbleibt dem Vorderen Schienbeinmuskel s. oben noch eine Spannung von 20 - 3.33 = 16.67 kg für je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt. Die mittlere Spannung für die reine Senkung aus der Grundstellung ist daher  $\frac{8.34 + 16.7}{2} = 12.52 \text{ kg}$  für je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt.

Nach dieser Berechnungsart erhalten wir für die Fußmuskeln folgende Werte:

Zahlentafel 10.

Mittlere Spannung der Muskeln (für je 1 cm<sup>2</sup> Q) bei reiner Hebung oder Senkung  
(von der Grundstellung aus)

Muskelname	Mittlere Spannung bei reiner Hebung		Mittlere Spannung bei reiner Senkung	
	s. Taf. 7	s. Taf. 8	s. Taf. 7	s. Taf. 9
1. Vorderer Schienbeinmuskel... (m. tibialis ant.)	$\frac{8.34 + 1.66}{2} = + 5.0 \text{ kg}$		$\frac{8.34 + 16.67}{2} = - 12.50 \text{ kg}$	
2. Langer Großzehenstrecker ... (m. extensor hall. lg.)	$\frac{10.8 + 7.35}{2} = + 9.75 \text{ "}$		$\frac{8.4 + 16.77}{2} = - 12.58 \text{ "}$	
3. Langer Zehenstrecker ..... (m. extensor digit. lg.)	$\frac{9.40 + 6.05}{2} = + 7.72 \text{ "}$		$\frac{9.4 + 13.95}{2} = - 11.67 \text{ "}$	
4. Dritter Wadenbeinmuskel .... (m. peroneus tertius)	$\frac{7.40 + 3.16}{2} = + 5.28 \text{ "}$		$\frac{7.4 + 13.69}{2} = - 10.54 \text{ "}$	
5. Kurzer Wadenbeinmuskel .... (m. peroneus brev.)	$\frac{7.60 + 18.00}{2} = - 12.80 \text{ "}$		$\frac{7.60 + 4.29}{2} = + 5.94 \text{ "}$	
6. Langer Wadenbeinmuskel .... (m. peroneus lg.)	$\frac{6.20 + 11.67}{2} = - 8.93 \text{ "}$		$\frac{6.20 + 2.08}{2} = + 4.14 \text{ "}$	
7. a—c) Zwillingsm. + Sohlenm. . (m. gemelli + plantar)	$\frac{16.20 + 19.57}{2} = - 17.88 \text{ "}$		$\frac{16.20 + 10.43}{2} = + 13.31 \text{ "}$	
7. d) Schollenmuskel..... (m. soleus)	$\frac{12.8 + 19.19}{2} = - 15.99 \text{ "}$		$\frac{12.8 + 1.40}{2} = + 7.14 \text{ "}$	
8. Langer Zehenbeuger ..... (m. flex. digit. lg.)	$\frac{12.4 + 13.89}{2} = - 13.14 \text{ "}$		$\frac{12.4 + 8.88}{2} = + 10.64 \text{ "}$	
9. Langer Großzehenbeuger ..... (m. flex. hall. lg.)	$\frac{14.4 + 16.61}{2} = - 15.50 \text{ "}$		$\frac{14.4 + 6.42}{2} = + 10.41 \text{ "}$	
10. Hinterer Schienbeinmuskel ... (m. tibialis post.)	$\frac{12.4 + 16.19}{2} = - 14.29 \text{ "}$		$\frac{12.4 + 7.62}{2} = + 10.01 \text{ "}$	

Mit Hilfe der mittleren Spannungswerte bei den Teilarbeiten können wir nun auch die für die beiden reinen Hebungen und Senkungen stattfindenden (Teil-) Arbeitsleistungen berechnen.

Zahlentafel 11.

Muskelname	Arbeitsleistung bei der reinen Hebung von der Grundstellung aus				Arbeitsleistung bei der reinen Senkung von der Grundstellung aus				Summe der mkg Arbeitsleistung	
	Verkürzung in m	Mittelspannung in kg	Querschnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg	Verkürzung in m	Mittelspannung in kg	Querschnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg	Hebung von auß. Senkung aus	Senkung von auß. Hebung aus
1. Vorderer Schienbeinm. (m. tibialis ant.)	+ 0.012	5.00	6.1	+ 0.366	- 0.015	12.52	6.1	- 1.145	0.366	—
									1.145	
									1.511	
2. Großzehenstrecker ... (m. exentor hall. lg.)	+ 0.012	9.75	1.15	+ 0.134	- 0.020	12.58	1.15	- 0.289	0.289	—
									0.134	
									0.423	

Muskelname	Arbeitsleistung bei der reinen Hebung von der Grundstellung aus				Arbeitsleistung bei der reinen Senkung von der Grundstellung aus				Summe der mkg Arbeitsleistung	
	Ver- kürzung in m	Mittel- spannung in kg	Quer- schnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg	Ver- kürzung in m	Mittel- spannung in kg	Quer- schnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg	Hebung von auß. Sen- kung aus	Sen- kung von auß. Hebung aus
3. Langer Zehenstrecker... (m. extensor hall. lg.)	+ 0.014	7.72	2.87	+ 0.310	- 0.020	11.67	2.87	- 0.670	0.670	—
									0.310	
									0.980	
4. Dritter Wadenbeinm... (m. peroneus tertius)	+ 0.012	5.28	0.91	+ 0.058	- 0.018	10.54	0.91	- 0.172	0.172	—
									0.058	
									0.230	
5. Kurzer Wadenbeinm... (m. peroneus brev.)	- 0.018	5.94	3.75	- 0.400	+ 0.006	12.80	3.75	+ 0.288	—	0.288
									0.400	
									0.688	
6. Langer Wadenbeinm... (m. peroneus lg.)	- 0.012	4.14	4.90	- 0.243	+ 0.010	8.93	4.90	+ 0.437	—	0.437
									0.243	
									0.680	
7. a—c) Zwillingmuskel... (m. gemelli)	- 0.015	17.88	24.00	- 6.437	+ 0.027	13.31	24.00	+ 8.625	—	6.437
									8.625	
									15.062	
7. d) Schollenmuskel .... (m. soleus)	- 0.015	15.99	27.00	- 6.476	+ 0.027	7.14	27.00	+ 5.205	—	5.205
									6.476	
									11.681	
8. Langer Zehenbeuger... (m. flex. digit. lg.)	- 0.003	10.64	2.65	- 0.084	+ 0.009	13.14	2.65	+ 0.313	—	0.313
									0.084	
									0.397	
9. Lang. Großzehenbeuger (m. flex. hall. lg.)	- 0.006	10.41	5.37	- 0.335	+ 0.021	15.50	5.37	+ 1.748	—	1.748
									0.335	
									2.083	
10. Hinterer Schienbeinm... (m. tibialis post.)	- 0.004	10.01	7.15	- 0.286	+ 0.005	14.29	7.15	+ 0.511	—	0.511
									0.286	
									0.797	

#### 4. Arbeitsberechnung bei der reinen Ein- bzw. Auswärtskantung von der Grundstellung aus.

Spannungsrest der Muskeln nach Verkürzung der Muskeln durch reine Ein- bzw. Auswärtskantung von der Grundstellung aus.

(Vgl. die Vorbemerkung über den Spannungsrest auf S. 484.)

Um den Spannungsrest, der dem Muskel nach seiner Verkürzung durch reine Ein- oder Auswärtskantung von der Grundstellung aus berechnen zu können, müssen wir zunächst für jeden Muskel die Größe des Verkürzungsrestes feststellen, der ihm nach der Kreislung von der Grundstellung aus noch für eine ihn weiter verkürzende Hebung oder Senkung des Fußes und der Zehen noch bleibt.

Beim Vorderen Schienbeinmuskel sehen wir, daß er sich von der Grundstellung aus bei reiner Einwärtskantung um 3 mm verkürzt; wenn man aber der Einwärtskantung auch noch eine Fußhebung hinzufügt, kann er sich von der Grundstellung aus um 15 mm verkürzen. Der Verkürzungsrest beträgt also  $15 - 3 = 12$  mm. Für die Berechnung der (Verkürzungs-) Restspannung hat man:

$$\frac{\text{Spannungsrest}}{\text{Dehnungsspannung}} = \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{gedehnte Länge}} \text{ oder Spannungsrest}$$

$$= \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{gedehnte Länge}} \times \text{Dehnungsspannung} = \frac{12}{36} \times 20 = \frac{240}{36} = 6.66 \text{ kg.}$$

Die nächste Zahlentafel (Nr. 12) zeigt den Spannungsrest, den die übrigen Ein- oder Auswärtskanter noch behalten, nachdem eine reine Ein- oder Auswärtskantung ausgeführt wurde. Diese Zahl stellt hier zugleich die »Endspannung« dar, die der Muskel nach dieser Bewegung noch besitzt.

Zahlentafel 12.

**Spannungsrest der Muskeln**  
**nach Verkürzung durch reine Ein- bzw. Auswärtskantung**  
 (aus der Grundstellung) für je 1 cm<sup>2</sup> Querschnitt = »Endspannung«  
 nach reiner Ein- oder Auswärtskantung (s. vor. S.).

	Spannungsrest
1. Vorderer Schienbeinmuskel (m. tibialis ant.)	(15—3) $\frac{12}{36} \times 20 = \frac{240}{36} = 6.66 \text{ kg}$ nach Einwärtskantung
2. Großzehenstrecker . . . . .	(37—2) $\frac{35}{68} \times 20 = \frac{700}{68} = 10.29$ " " Auswärtskantung
3. Langer Zehenstrecker . . . . .	(40—8) $\frac{32}{86} \times 20 = \frac{640}{86} = 7.44$ " " "
4. Dritter Wadenbeinmuskel .	(21—9) $\frac{13}{57} \times 20 = \frac{260}{57} = 4.56$ " " "
5. Kurzer Wadenbeinmuskel .	(13.5—7.5) $\frac{6.0}{35} \times 20 = \frac{120}{35} = 3.43$ " " "
6. Langer Wadenbeinmuskel .	(15—5) $\frac{10}{48} \times 20 = \frac{200}{48} = 4.17$ " " "
7 a—c. Zwillingsmuskel . . . . .	(75—3) $\frac{72}{92} \times 20 = \frac{1440}{92} = 15.65$ " " Einwärtskantung
7 d. Schollenmuskel . . . . .	(30—3) $\frac{27}{47} \times 20 = \frac{54}{47} = 1.15$ " " "
8. Langer Zehenbeuger . . . . .	(28—5) $\frac{23}{45} \times 20 = \frac{460}{45} = 10.22$ " " "
9. Langer Großzehenbeuger . .	(38—5) $\frac{33}{53} \times 20 = \frac{660}{53} = 12.45$ " " "
10. Hinterer Schienbeinmuskel.	(13—8) $\frac{5}{21} \times 20 = \frac{100}{21} = 4.76$ " " "

**Spannungsrest der Muskeln nach Dehnung durch „reine Kantenbewegungen“.**

Für den Spannungsrest nach der (aus der Grundstellung erfolgenden) reinen **Auswärtskantung**, bei der der Vordere Schienbeinmuskel gedehnt wird, hat man folgendes: Wenn der Fuß von der Grundstellung aus eine reine Auswärtskantung erfährt, wird dadurch der Vordere Schienbeinmuskel um 6 mm gedehnt; wird zu dieser Auswärtskantung noch eine Senkung des Fußes zugefügt, so erfährt er eine Dehnung nicht nur um 6 mm (aus der Grundstellung), sondern noch eine weitere Dehnung um 15 mm, so daß seine ganze Dehnung von der Grundstellung aus 21 mm beträgt. Die Berechnung der (Dehnungs-)Restspannung ergibt sich daher wie folgt:

$$\frac{\text{(Dehnungs-) Spannungsrest}}{\text{Dehnungsspannung}} = \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{gedehnte Länge}} \text{ oder } \frac{\text{(Dehnungs-) Spannungsrest}}{\text{Dehnungsspannung}} = \frac{\text{Verkürzungsrest}}{\text{gedehnte Länge}} \times \text{Dehnungsspannung .}$$

Für den Vorderen Schienbeinmuskel ergibt sich daher für die Restspannung nach der Dehnung durch Auswärtskantung, nach der ihm noch ein Dehnungsrest von 15 mm verbleibt, folgendes:

$$\text{Spannungsrest} = \frac{15}{36} \times 20 = \frac{300}{36} = 8.3 \text{ kg.}$$

D. h. wenn der Vordere Schienbeinmuskel durch die reine Auswärtskantung aus der Grundstellung nur um 6 mm gedehnt würde, so kann er durch Fußsenkung noch um weitere 15 mm gedehnt werden und dadurch noch um 8.3 kg Spannung gewinnen. Er besitzt also nach der Dehnung durch reine Auswärtskantung von der Grundstellung aus eine Spannung von 20 — 8.3 = 11.7 kg für je 1 cm<sup>2</sup> seines Querschnittes.

Die folgende Zahlentafel (Nr. 13) gibt die Spannungsreste auch der übrigen Muskeln an, die ihnen nach der Dehnung durch reine Einwärts- bzw. Auswärtskantung von der Grundstellung aus noch verbleiben. Ferner zeigt die Tafel auch die von den Muskeln am Ende der reinen Kantungsbewegung durch die dabei erfolgte Dehnung erreichte Endspannung nach Kantungsbewegung.

Zahlentafel 13.

**Spannungsrest der Muskeln bei der Dehnung durch reine Ein- oder Auswärtskantung** (aus der Grundstellung) für je 1 cm<sup>2</sup> des betr. Muskelquerschnitts und Endspannung nach Dehnung durch eine reine Ein- oder Auswärtskantung (vgl. S. 483 ff.).

	Spannungsrest	Endspannung
1. Vorderer Schienbeinmuskel (m. tibialis ant.)	(21—6) $\frac{15}{36} \times 20 = \frac{300}{36} = 8.3 \text{ kg}$	20 — 8.3 = 11.7
2. Großzehenstrecker . . . . . (m. extensor hall. lg.)	wird in der Grundstellung durch Einwärtskantung nicht gedehnt	

	Spannungsrest	Endspannung
3. Langer Zehenstrecker (mit Zehenbewegung) (m. extensor hall. lg.)	(46—16) $\frac{30}{86} \times 20 = \frac{600}{86} = 6.98 \text{ kg}$	20 — 6.98 = 13.02
4. Dritter Wadenbeinmuskel (m. peronaeus tertius)	(36—18) $\frac{18}{57} \times 20 = \frac{360}{57} = 6.31 *$	20 — 6.31 = 13.69
5. Kurzer Wadenbeinmuskel (m. peronaeus brev.)	(21.5—3.5) $\frac{18}{35} \times 20 = \frac{360}{35} = 10.29 *$	20 — 10.29 = 9.71
6. Langer Wadenbeinmuskel (m. peronaeus lg.)	(33—21) $\frac{12}{48} \times 20 = \frac{240}{48} = 5.00 *$	20 — 5.00 = 15.00
7 a—c. Zwillingsmuskel <sup>1</sup> . . . . (m. gemelli)	(17—2) $\frac{15}{92} \times 20 = \frac{300}{92} = 3.26 *$	20 — 3.26 = 16.74*
7 d. Schollenmuskel . . . . . (m. soleus)	(17—2) $\frac{15}{47} \times 20 = \frac{300}{47} = 6.38 *$	20 — 6.38 = 13.62
8. Langer Zehenbeuger . . . . . (m. flex. digit.)	(17—4) $\frac{13}{45} \times 20 = \frac{260}{45} = 5.77 *$	20 — 5.77 = 14.23
9. Langer Großzehenbeuger . . (m. flex. hall. lg.)	(15—3) $\frac{12}{53} \times 20 = \frac{240}{53} = 4.53 *$	20 — 4.53 = 15.47
10. Hinterer Schienbeinmuskel. (m. tibialis post.)	(8—4) $\frac{4}{21} \times 20 = \frac{80}{21} = 3.81 *$	20 — 3.81 = 16.19

<sup>1</sup> Aus der Grundstellung bei gestrecktem Knie.

Die Mittelwerte für die Spannung der Muskeln bei der reinen Ein- oder Auswärtskantung von der Grundstellung aus erhalten wir in gleicher Weise, wie auf S. 487 diejenigen für die Hebung — Senkung erhalten wurden.

Zahlentafel 14.

Mittlere Spannung der Muskeln für je 1 cm<sup>2</sup> ihres Querschnittes bei reiner Ein- oder Auswärtskantung (von der Grundstellung aus).

Muskelname	Mittlere Spannung bei reiner Einwärtskantung (s. Tafel 7 und 9) in kg	Mittlere Spannung bei reiner Auswärtskantung (s. Tafel 7 und 11) in kg
1. Vorderer Schienbeinmuskel . . . (m. tibialis anterior)	$\frac{8.34 + 6.66}{2} = 7.50$	$\frac{8.34 + 11.7}{2} = 10.02$
2. Langer Großzehenstrecker . . . (m. extensor hallecis longus)	wird bei Einwärtskantung von der Grundstellung aus nicht gedehnt	$\frac{10.8 + 10.29}{2} = 10.54$
3. Langer Zehenstrecker . . . . . (m. extensor digit. longus)	$\frac{9.40 + 7.44}{2} = 8.42$	$\frac{9.40 + 13.02}{2} = 11.21$

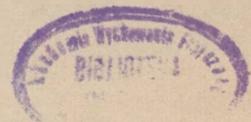
Muskelname	Mittlere Spannung bei reiner Einwärtskantung (s. Tafel 7 und 9) in kg	Mittlere Spannung bei reiner Auswärtskantung (s. Tafel 7 und 11) in kg
4. Dritter Wadenbeinmuskel . . . . (m. peronaeus tertius)	$\frac{7.4 + 4.56}{2} = 5.98$	$\frac{7.40 + 13.69}{2} = 10.54$
5. Kurzer Wadenbeinmuskel . . . . (m. peronaeus brevis)	$\frac{7.6 + 3.43}{2} = 5.51$	$\frac{7.60 + 9.71}{2} = 8.65$
6. Langer Wadenbeinmuskel . . . . (m. peronaeus longus)	$\frac{6.2 + 4.17}{2} = 5.13$	$\frac{6.20 + 15.00}{2} = 10.60$
7 a—c. Zwillingemuskel . . . . . (m. gemelli)	$\frac{1.62 + 15.65}{2} = 15.92$	$\frac{16.20 + 16.74}{2} = 16.47$
7 d. Schollenmuskel . . . . . (m. solcus)	$\frac{12.8 + 1.15}{2} = 6.97$	$\frac{12.80 + 13.62}{2} = 13.21$
8. Langer Zehenbeuger . . . . . (m. flexor digit. longus)	$\frac{12.4 + 10.22}{2} = 11.31$	$\frac{12.4 + 14.23}{2} = 13.31$
9. Langer Großzehenbeuger . . . . . (m. flexor hallucis longus)	$\frac{14.4 + 12.45}{2} = 13.42$	$\frac{14.4 + 15.47}{2} = 14.93$
10. Hinterer Schienbeinmuskel . . . (m. tibialis post.)	$\frac{12.4 + 4.76}{2} = 8.58$	$\frac{12.4 + 16.19}{2} = 14.29$

## Zahlentafel 15.

## Arbeitsleistung bei der reinen Ein- bzw. Auswärtskantung.

Muskelname	Arbeitsleistung bei der Einwärtskantung von der Grundstellung aus				Arbeitsleistung bei der Auswärtskantung von der Grundstellung aus				Arbeit bei Einwärtskantung von äußerster Auswärtskantung	Arbeit bei der Auswärtskantung von äußerster Einwärtskantung aus
	Ver- kür- zung in m	Mittel- span- nung in kg	Quer- schnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg	Ver- kür- zung in m	Mittel- span- nung in kg	Quer- schnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg		
1. Vorder.Schienbeinmuskel. (m. tibialis ant.)	+ 0.003	7.5	6.1	+ 0.37	- 0.006	10.02	6 .	- 0.367	0.367 0.137 0.504	—
2. Lang.Großzehenstrecker (m. extensor hall. lg.)	—	—	—	—	+ 0.002	10.54	5	+ 0.024	—	0.024
3. Langer Zehenstrecker . . (m. extensor hall. lg.)	- 0.016	8.42	2.87	- 0.387	+ 0.008	11.21	2.87	+ 0.257	—	0.257 0.387 0.644
4. Dritter Wadenbeinmuskel. (m. peronaeus tertius)	- 0.018	5.98	0.91	- 0.089	+ 0.009	10.54	0.91	+ 0.087	—	0.087 0.098 0.185
5. Kurz. Wadenbeinmuskel (m. peronaeus brev.)	- 0.018	5.51	3.75	- 0.371	+ 0.0075	8.65	3.75	+ 0.243	—	0.243 0.371 0.614
6. Lang. Wadenbeinmuskel (m. peronaeus lg.)	- 0.012	5.13	4.90	- 0.302	+ 0.005	10.60	4.90	+ 0.260	—	0.260 0.302 0.562

Muskelname	Arbeitsleistung bei der Einwärtskantung von der Grundstellung aus				Arbeitsleistung bei der Auswärtskantung von der Grundstellung aus				Arbeit bei Einwärtskantung von äußerster Auswärtskantung	Arbeit bei der Auswärtskantung von äußerster Einwärtskantung aus
	Ver- kür- zung in m	Mittel- span- nung in kg	Quer- schnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg	Ver- kür- zung in m	Mittel- span- nung in kg	Quer- schnitt in cm <sup>2</sup>	= Arbeit in mkg		
7 a-c. Zwillingsmuskel mit Fußsohlenmuskel (m. gemelli + plantar.)	+ 0.003	15.92	24.00	+ 1.146	- 0.002	16.47	24.00	- 0.790	0.790 1.146	--
7 d. Schollenmuskel . . . . . (m. soleus)	+ 0.003	6.97	27.00	+ 0.564	- 0.002	13.21	27.00	- 0.713	0.713 0.564	--
8. Langer Zehenbeuger . . . (m. flex. digit. lg.)	+ 0.005	11.31	2.65	+ 0.150	- 0.004	13.31	2.65	- 0.141	0.141 0.150	--
9. Lang. Großzehenbeuger (m. flex. hall. lg.)	+ 0.005	13.42	5.37	+ 0.360	- 0.003	14.93	5.37	- 0.240	0.240 0.360	--
10. Hint. Schienbeinmuskel (m. tibialis post.)	+ 0.008	8.58	7.15	+ 0.491	- 0.004	14.29	7.15	- 0.409	0.409 0.491	--
									0.600	
									0.900	
										Summe der Arbeit der Einwärtskanter . . . = 5.51 mkg
										Summe der Arbeit der Auswärtskanter . . . . . = 2.01 mkg



Ausgegeben am 31. August.



## Bekanntmachung.

Vom 1. Januar 1932 ab gelten für den Bezug der »Sitzungsberichte« der Preussischen Akademie der Wissenschaften die folgenden Bestimmungen:

1. Jede einzelne Arbeit ist wie bisher separat käuflich.

2. Ferner wird eine Subskription nach Fachgruppen eröffnet. Folgende Gruppen sind vorläufig in Aussicht genommen:

- a) Mathematik.
- b) Physik, Chemie, Mineralogie, Astronomie, Astrophysik, Technik.
- c) Geophysik, Geodäsie, Geologie, Geographie.
- d) Botanik, Zoologie, Paläontologie, Anatomie, Physiologie.
- e) Philosophie.
- f) Geschichte des Altertums.
- g) Mittlere und neuere Geschichte.
- h) Kirchengeschichte.
- i) Rechts- und Staatswissenschaft.
- k) Allgemeine, deutsche und andere neuere Philologie.
- l) Klassische Philologie
- m) Orientalische Philologie.
- n) Kunstwissenschaft, Archaeologie und Vorgeschichte.

Die Subskribenten auf eine oder mehrere dieser Fachgruppen erhalten alle zu der betreffenden Gruppe gehörigen Arbeiten (einschließlich der nicht im Buchhandel erscheinenden kleinen Mitteilungen) mit einem Preisnachlaß von 20 %.

Die Subskription verpflichtet zur Abnahme aller im Laufe eines Kalenderjahres in der betreffenden Fachgruppe erscheinenden Arbeiten. Sie kann jederzeit eröffnet werden, jedoch nicht mit rückwirkender Kraft. Wird die Subskription nicht spätestens zum 1. Dezember widerrufen, so gilt sie als stillschweigend erneuert für das folgende Jahr.

Die Subskription erfolgt durch den Verlag von Walter de Gruyter & Co. in Berlin W 10, Genthiner Str. 10.

3. Endlich erscheinen die »Sitzungsberichte« auch wie bisher in Jahresbänden, und zwar getrennt in »physikalisch-mathematische Klasse« und »philosophisch-historische Klasse«. Das Abonnement auf die Jahresbände erfolgt in derselben Weise wie die Subskription auf die einzelnen Fachgruppen. Für die Abonnenten auf die Jahresbände der »Sitzungsberichte« einer einzelnen Klasse beträgt der Vorzugspreis 48 *R.M.* für jede Klasse, für die Abonnenten auf beide Klassen zusammen 80 *R.M.* Nach Abschluß der vollständigen Jahrgänge wird ein höherer Ladenpreis festgesetzt.

Preussische Akademie der Wissenschaften.





A

751

## Sonderausgaben aus

Verlag der Akademie der Wissenschaften  
In Kommission bei Walter de Gruyter u. Co

Bisher sind erschienen:

FICK, R., Über die Entstehung der Gelenkformen. <i>Abh.</i> 1921 . . . . .	<i>R.M.</i> 2.—
— Bemerkungen über Naturgesetz, Regel, Ursachenbegriff. <i>SB.</i> 1921 . . . . .	» 1.—
— Gedächtnisrede auf WILH. v. WALDEYER-HARTZ. <i>SB.</i> 1921 . . . . .	» 2.—
— Über die Fleischfaserlänge beim Hund und Bemerkungen über einige Gelenke des Hundes. <i>SB.</i> 1921 . . . . .	» 1.—
— Über die Gewichts- und Querschnittverhältnisse der Hundemuskeln. <i>SB.</i> 1922 . . . . .	» 2.50
— Tätigkeitsanpassung der Gelenke und Muskeln nach Versuchen am Hund. <i>SB.</i> 1922 . . . . .	» 2.50
— Über die Zwischenrippenmuskeln. <i>SB.</i> 1923 . . . . .	» 1.—
— Über die Maßverhältnisse der Hand mit Angaben über die Hände von WILH. v. WALDEYER-HARTZ. <i>SB.</i> 1923 . . . . .	» 2.—
— Einiges über Vererbungsfragen. <i>Abh.</i> 1924 . . . . .	» 2.50
— Anatomische Untersuchungen an einigen der Teneriffa-Schimpansen, namentlich über die Gewichts- und Querschnittverhältnisse der Muskeln. <i>SB.</i> 1925 . . . . .	» 2.50
— Über die Muskelfaserlänge des Armmuskels (m. brachialis) und seiner Abart (Speichenansatz). <i>SB.</i> 1925 . . . . .	» 1.—
— Bewegungsumfang im Schultergelenk. <i>SB.</i> 1928 . . . . .	» 2.—
— Beobachtungen am Orangkehl sack. <i>SB.</i> 1928 . . . . .	» 1.—
— Gedächtnisrede auf FRANZ KEIBEL. <i>SB.</i> 1929 . . . . .	» 2.—
— Über die Arbeitsleistung der Schultergelenkmuskeln. <i>SB.</i> 1929 . . . . .	» 2.—
— Über die Bewegungen und die Muskelarbeit an den Sprunggelenken des Menschen. <i>SB.</i> 1931 . . . . .	» 2.50

**Die Preise verstehen sich in Reichsmark**









**KOLEKCJA  
SWF UJ**

**751**

Biblioteka Gł. AWF w Krakowie



1800060518