

# Beiträge zur Physiologie des Weitsprungs, des Starts und des Laufes.

Von  
Ernst Jokl.

Mit 5 Textabbildungen.

(Eingegangen am 22. Oktober 1929.)

In einer früheren Mitteilung<sup>1</sup> aus dem Breslauer Physiologischen Institut konnten wir über bewegungsphysiologische Studien berichten, die mit Hilfe von Zeitlupenaufnahmen von Läufern und Hürdenläufern angestellt worden waren. Wenn wir in Fortsetzung dieser Arbeit weitere Untersuchungen angestellt haben, wenn nunmehr auch noch eine Reihe anderer sportlicher Bewegungsvorgänge einer eingehenden Analyse unterzogen wurden, so geschah das aus zweierlei Gründen: Erstens ist ja die Physiologie heutzutage mehr denn je an dem früher weniger beachteten Zweige der Bewegungsphysiologie interessiert, dann aber wird in Sportkreisen selbst, insbesondere von seiten der Sportlehrerschaft, diesem Gebiet viel Beachtung geschenkt.

Als Arbeitsmaterial diente uns wiederum eine große Anzahl von Zeitlupenaufnahmen, die uns zum Teil in dankenswerter Weise von der „Deutschen Sportbehörde für Leichtathletik“ überlassen wurden. Hinsichtlich unserer Methodik können wir auf unsere 1. Mitteilung verweisen. Es sind keine prinzipiellen Abänderungen vorgenommen worden. In einer jüngst erschienenen Arbeit weist *Schmidt*<sup>2</sup> darauf hin, daß „die Linie Knöchel—Fußspitze gar keine gleichbleibende gerade Linie ist“, da in den Zehengrundgelenken Einknickungen stattfinden. Auf Grund der Ergebnisse vielfacher Kontrolluntersuchungen haben wir diesen Einwand unberücksichtigt gelassen. Die Resultate werden keineswegs dadurch beeinflusst, die Übersichtlichkeit der Zeichnungen jedoch leidet darunter entschieden. Zudem registrieren wir auch nicht, wie *Schmidt* es tut, graphisch die Gelenkwinkelveränderungen. Uns erschien das Studium der Phasenverschiebungen sowie der Bewegungskurven im Raum naheliegender und auch generell besser zu verwerten als die Winkelkurven, in denen sich individuelle Eigenheiten der unter-

<sup>1</sup> Arb.physiol. 1, 4, 296.

<sup>2</sup> „Sportmedizin“ 1, 1, 8.

suchten Sportsleute nur zu sehr widerspiegeln, wie es uns auf Grund unserer Untersuchungen scheint. Im übrigen können wir *Schmidts* diesbezügliche Angaben weitgehend bestätigen.

Einen Unterschied zwischen Morphologie und Physiologie der Bewegung zu machen, können wir uns im Gegensatze zu *Schmidt* nicht entschließen. Unter Morphologie einer Bewegung vermögen wir uns nichts vorzustellen. Daß nicht alle Gelenkbewegungen im Sinne einer Arbeitsbewegung aufzufassen sind, daß vielmehr „mitläufige, gekoppelte“ Bewegungen oft mit eingeschaltet sind, haben wir früher bereits, z. B. in der Bezeichnung „Strecksynergie“, zum Ausdruck zu bringen versucht.

Wir haben bei unseren Untersuchungen gleichzeitig die Arbeit beider Beine sowie beim Start auch die Armbewegungen registriert. Infolge Raummangels können wir nicht sämtliche Zeichnungen publizieren.

### *Ergebnisse.*

#### *1. Weitsprung.*

Bereits in unserer I. Mitteilung wiesen wir darauf hin, daß das Studium bewegungsphysiologischer Vorgänge unter ganz anderen Gesichtspunkten betrieben werden muß als etwa das Studium vegetativer Phänomene. So erhob sich auch diesmal gleich zu Beginn unserer Arbeit die Frage: Welche Bewegung sollen wir als „physiologisch“ bezeichnen? Verstehen wir doch sonst in der Medizin unter „physiologischen“ Funktionen solche, welche bei der Mehrzahl der Menschen zu beobachten sind. Auf die Bewegungsphysiologie übertragen, würde uns eine derartige Betrachtungsweise nicht immer weiterführen. Wohl gibt es bewußte motorische Vorgänge, wie z. B. das Gehen, welche bei den meisten Individuen fast gleichartig verlaufen, aber es stellen sich Schwierigkeiten ein, sobald wir kompliziertere Bewegungsabläufe betrachten. Als wir z. B. unsere Beobachtungen an Weitspringern, die sich über viele Jahre erstrecken, begannen, da stellten wir gleich fest, daß es bei untrainierten Menschen nicht angeht, von einer einheitlichen Form der Bewegungen zu sprechen. Die Unterschiede in der Motorik sind so mannigfaltig, charakteristische Bewegungen sind so wenig ausgeprägt, daß wir es nicht für angebracht hielten, solche Sportsleute zum Gegenstand eingehender Studien zu machen. Die meßbaren Leistungen von untrainierten Sportsleuten erweisen sich natürlich, verglichen mit denen trainierter oder gar besonders qualifizierter Springer, als recht bescheiden. Sprungweiten bis höchstens 4,50 m bei 17- bis 25-jährigen jungen Leuten, bis 3,20 m bei Mädchen zwischen 15 bis 20 Jahren. Gelegentlich, allerdings höchst selten kommt es vor, daß gänzlich untrainierte Menschen die Leistungen des Durchschnitts weit übertreffen, nicht nur hinsichtlich ihrer Bewegungstechnik, ihres muskulären Koordinationsvermögens, sondern auch die objektiv erzielte

Leistung hebt sich dann klar von denen der übrigen ab. So beobachteten wir in einem Falle einen besonders veranlagten Athleten, welcher nach ganz wenigen Trainingstagen mühelos 6,80 m weit sprang.

Nun konnten wir regelmäßig die Erfahrung machen, daß es um so eher möglich ist, von einem einheitlichen Bewegungsablauf zu sprechen, je bessere Leistungen zur Beobachtung gelangten. Bei den besten Springern der Welt vollends, die zu sehen wir wiederholt Gelegenheit hatten, können wir cum grano salis sogar von einer systematisch gleichbleibenden Bewegung reden. Auf die Unterschiede der „Technik“, wie der Sportlehrer sich auszudrücken pflegt, werden wir später noch eingehen.

Wenn wir nunmehr also bei Besprechung der Physiologie des Weitsprungs mit der Schilderung des Sprunges eines ganz hervorragenden Athleten (Abb. 1a, b, c) beginnen, so erweitern wir damit bewußt die Regel, die als physiologisch nur solche Leistungen bezeichnet, die dem Durchschnitt der Menschen möglich sind<sup>1</sup>.

Der Weitsprung besteht, wie *Karl v. Halt*<sup>2</sup> sich ausdrückt, „aus zwei Teilen, aus dem Anlauf und aus dem Sprung“. Der Anlauf ist mindestens ebenso wichtig wie der Sprung selbst. Es ist eine bekannte Tatsache, daß alle guten Weitspringer gute Sprinter sind. Der Anlauf beträgt 30—45 m, wird in maximal gesteigertem Tempo gelaufen und ist genau ausgemessen, damit der Springer im vollsten Lauf stets die Absprungmarke, einen in den Boden eingelassenen Balken, trifft. Der Absprung selbst besteht hauptsächlich in einer äußersten Streckung im Fuß-, Knie- und Hüftgelenk, unter Unterstützung durch die Armbewegungen. Von größter Wichtigkeit ist es, daß die Streckbewegung des Absprungsbeines auch wirklich direkt auf den Schwerpunkt wirkt. Das wird ohne Lageveränderung des Körpers nicht möglich sein. Denn normalerweise würde die Druckwirkung des Beines seitlich am Schwerpunkt vorbeigehen und den Körper in eine mehr oder weniger schleudernde Bewegung versetzen. Die guten Springer verlagern daher — unbewußt natürlich — ihren Oberkörper im Moment des Absprunges nach der Seite des abspringenden Beines. Siehe Filmabb. A 2.

<sup>1</sup> Die Filmbilder 2a—e stammen von einer Zeitlupenaufnahme des berühmten Negerstudenten Gourdin (U.S.A.). Es erscheint uns erwähnenswert, daß unter den besten Weitspringern der Welt die Neger prozentual weitaus am stärksten vertreten sind. Cator, Hubbard, Gourdin, Butler, Gordon, Tolan, um nur einige zu nennen, finden auf der ganzen Welt nur wenige Konkurrenten. Worin letzten Endes diese besondere Fähigkeit der Neger liegt, ist noch ungeklärt. Nach unseren subjektiven Beobachtungen ist es u. a. besonders der später noch näher zu besprechende „Absprung“, der sich quoad Intensität, Kraft und Schnelligkeit generell von dem der meisten übrigen Springer unterscheidet. Weiterhin sei erwähnt, daß auch unter den hervorragendsten andersfarbigen Weitspringern negroide Typen häufig sind.

<sup>2</sup> *K. v. Halt*, Die Leichtathletik. Stuttgart: Verlag Dieck.

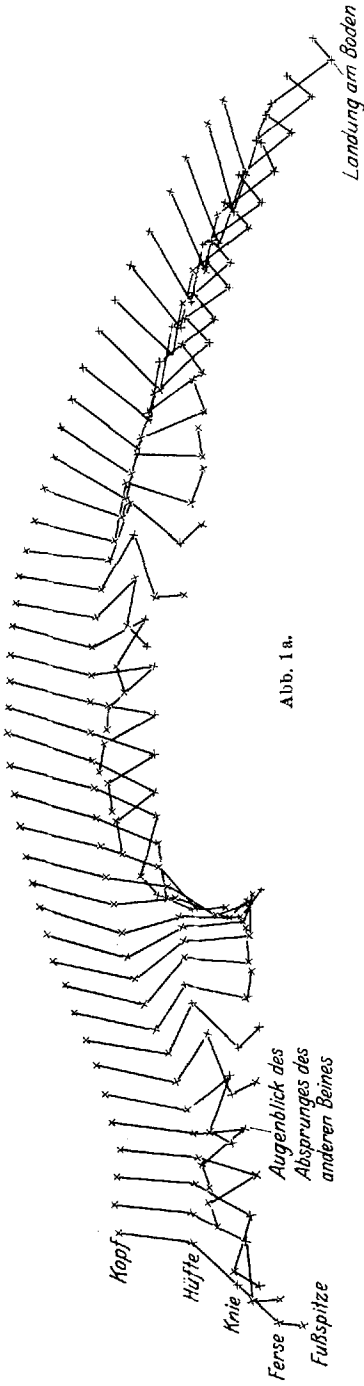


Abb. 1a.

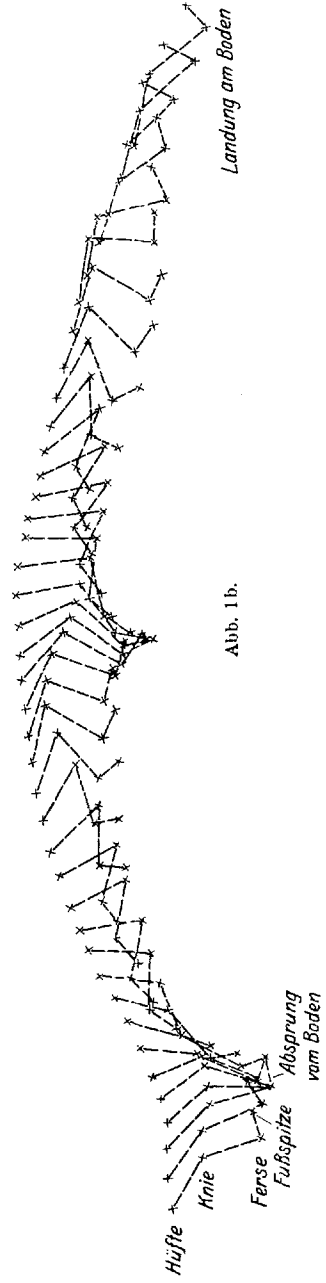


Abb. 1b.

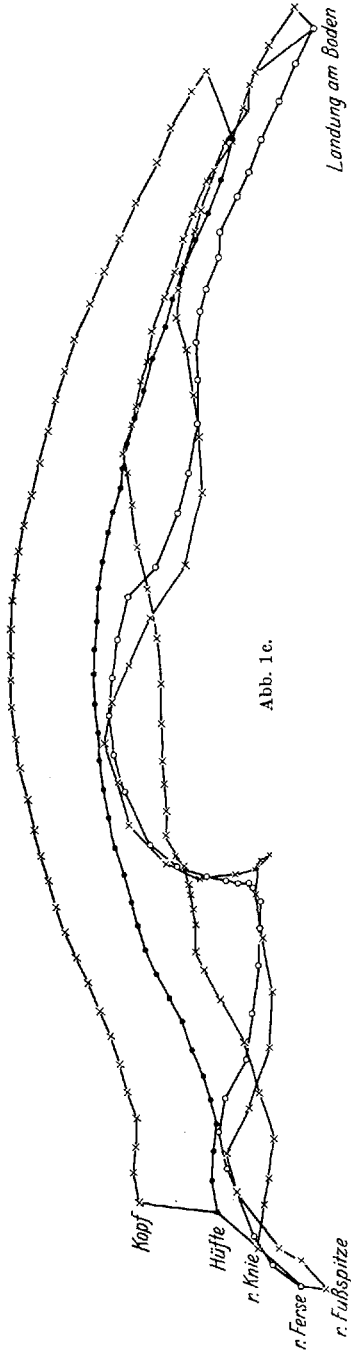


Abb. 1c.

Abb. 1a—c.

Zeichnung 1a. Aus ein Zeitlupenfilm eines der besten Weitspringer der Welt. Die einzelnen Sprungphasen. Oberkörper und linkes (Schwung-) Bein.  
 Zeichnung 1b. Aus einem Zeitlupenfilm eines der besten Weitspringer der Welt. Die einzelnen Sprungphasen. Rechtes (Sprung-) Bein.  
 Zeichnung 1c. Aus einem Zeitlupenfilm eines der besten Weitspringer der Welt. Die wichtigsten Bewegungskurven im Raum. Oberkörper und linkes (Schwung-) Bein.

Um in diese Lage zu gelangen, bedienen sich die Neger insbesondere eines Tricks. Während sie sonst beim Anlauf, wie beim gewöhnlichen



Abb. 2a.



Abb. 2b.

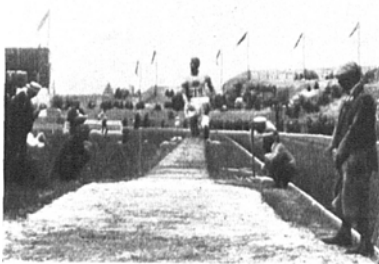


Abb. 2c.

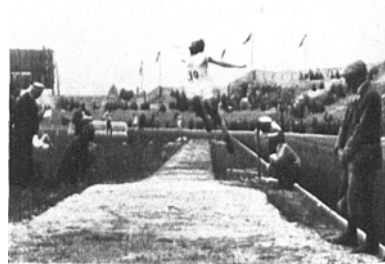


Abb. 2d.

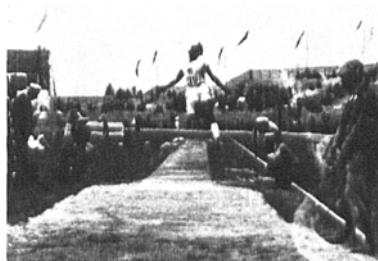


Abb. 2e.

Abb. 2a—e.

Filmbilder a, b, c, d, e. Aus einem Zeitlupenfilm eines der besten Weitspringer der Welt (vgl. Text).

Sprinten, mit den Füßen parallel zur Anlaufrichtung den Boden berühren, setzen sie beim letzten Schritt vor dem Absprung den Fuß in Außenrotationsstellung des ganzen Beines auf, so daß die Fußspitze

nach außen zeigt (Filmabb. 2a). Dadurch neigt sich, wie wiederholte Versuche mit hervorragenden Springern uns bewiesen haben, der Rumpf automatisch nach der Gegenseite, und der Leistungseffekt nimmt deutlich zu<sup>1</sup>.

Das abspringende Bein berührt den Boden zuerst mit der Ferse, (Abb. 1b), der Fuß rollt ab, gleichzeitig erfolgt eine energische Plantarflexion des Fußes, eine Extension im Hüft- und Kniegelenk. Das andere Bein wird kraftvoll nach vorn gerissen, im Kniegelenk stark flektiert. Sobald der Springer den Boden verlassen hat, vollführt er Bewegungen, die denen des Laufens ganz ähnlich sind. Er „strampelt“ durch die Luft (Filmabb. 2c und d, Abb. 1a und b). Doch nicht während des ganzen Sprunges. In der zweiten Hälfte bringt er beide Beine weit nach vorn, er legt den Oberkörper und die Arme stark vornüber und berührt schließlich mit beiden Fersen gleichzeitig den Boden.

Besonders dem zweiten Teil der Bewegung gebührt eine eingehende Interpretation. Es handelt sich dabei letzten Endes um die *Bewegung des Schwerpunktes*. Als grundlegend sei betont, daß die Bahn des Schwerpunktes unabänderlich in dem Moment bestimmt ist, in welchem der Springer den Boden verläßt. Nur eine von außen wirkende Kraft kann die Schwerpunktsbahn beeinflussen. Als eine solche kann unter Umständen eine mehr oder weniger ausgeprägte Luftbewegung sich geltend machen, was sich bei Rückenwind z. B. in einer objektiven Verbesserung der Sprungweite manifestieren kann. Aber: „durch innere Kräfte, d. i. Kräfte, die im bewegten Körper selbst wirken, also nicht von außen herkommen, kann diese Bewegung des Schwerpunktes nicht geändert werden<sup>2</sup>“. Was der Springer aber stets ändern kann, das ist die *Gruppierung seiner Körpermassen um den Schwerpunkt*. Dies ist sehr wichtig. Denn gemessen wird ja nicht die Strecke, die der Schwerpunkt überfliegt, sondern man mißt die Strecke zwischen dem Absprungbalken und der diesem am nächsten liegenden Stelle, an welcher der Springer den Boden berührt. Daher versucht der Springer in dem Moment, in welchem sein Schwerpunkt die größte Höhe erreicht hat, in dem Moment also, in welchem der Schwerpunkt beginnt, sich wieder dem Boden zu nähern, die Beine möglichst weit vor den Schwerpunkt zu bringen. Dieses Unterfangen ist nicht leicht, und nur wenige Springer konnten wir beobachten, die sich dieser Aufgabe fehlerfrei entledigten. In recht anschaulicher Weise stellen die Filmabb. 2c—e diesen Vor-

<sup>1</sup> Bei den letzten deutschen Hochschulmeisterschaften in Münster hatten wir Gelegenheit, die Wirkung dieses Bewegungstricks in einem geradezu klassischen Experiment zu prüfen: Der bekannte Weitspringer W. Meier sprang die ersten Sprünge des Wettkampfes zwischen 6,50—6,70 m. Wir machten ihn noch während des Wettkampfes auf den geschilderten Trick aufmerksam. Daraufhin sprang er mit dem nächsten Versuche 7,16 m (deutscher Hochschulrekord).

<sup>2</sup> Ernst Lecher, Lehrbuch der Physik. Teubner 1921.

gang dar. Der Übergang von der „strampelnden“ Laufbewegung in der Luft in die Landungsbewegung, wie wir den zweiten Teil des Sprunges kurz nennen wollen, ist äußerst schwer. Charakteristisch ist in dieser Phase das Zurückbleiben des Oberkörpers und das allmähliche Vorholen des hinteren Beines (Filmabb. 2 d und e). Es folgt nunmehr eine



Abb. 8.

Der Deutsche Hochschulmeister stud. med. Willi Meier. Mit souveräner Sicherheit hat der Springer beide Beine vor den Schwerpunkt gebracht und geht zur Landung über (vgl. Text).

Vorwärtsbewegung des Oberkörpers und der Arme, eine Bewegung, die für die Ausbalancierung der Körpermassen von hoher Bedeutung ist. So zeigt z. B. der Weltrekordmann Hubbard, den zu beobachten wir Gelegenheit hatten, der die Technik vollendet beherrscht, eine Souveränität in der Bewegungsgestaltung, welche als vollendet bezeichnet werden muß. Der folgende Moment ist wiederum bedeutsam. Gelingt



es nämlich dem Springer, beide Beine gleichzeitig weit vor den Schwerpunkt zu bringen, so ist damit eine große Sprungweite sowie eine sichere „Landing“ gewährleistet (Abb. 3). Den Endeffekt dieses Bewegungsspieles begreifen wir bei der Betrachtung der Abb. 1a, b und c. Die Füße berühren mit der Ferse weit vor dem Schwerpunkt den Boden.

Bezüglich der Bewegungskurven im Raum verweisen wir auf die Abb. 1c. Die parabelähnliche Kurve, die der Schwerpunkt, den wir an Hand der Hüftbewegungen verfolgen, beschreibt, verdient Beachtung. Was Knie- und Fußkurven anlangt, so erwähnen wir die Ähnlichkeit derselben im ersten Teil des Sprunges mit denen beim gewöhnlichen Lauf (vgl. die Abb. 1b in unserer 1. Mitteilung).

Interessant erscheinen uns im übrigen die Phasen bald nach Beendigung des Sprunges, das Aufrichten des Springers nach der Landung. Müßte man doch eigentlich annehmen, daß der Springer in seiner „Taschenmesserstellung“, die er bei der Landung am Boden einnimmt, in jener Stellung, in welcher die Unterstützungsfläche weit vor dem Schwerpunkt liegt, zurückfällt bzw. sich auf sein Gesäß setzt. Dieses Zurückfallen sucht er aber auf alle Fälle zu vermeiden, da, wie wir bereits erwähnten, die letzte Berührungsstelle des Bodens bei der im Sport üblichen Bewertung des Sprunges gemessen wird. Durch ein seitliches Abbiegen des Körpers am Boden umgeht der Springer die Gefahr.

Wer sehr viel gute Springer gesehen hat, wird bestätigen, daß letzten Endes ein jeder seine Eigenheiten im Bewegungsablauf aufweist. Ist doch die Art der Bewegung an und für sich ebenso charakteristisch für das Individuum wie z. B. Handschrift, Sprache oder Stoffwechsel, alles Lebensäußerungen im Rahmen der „Biologie der Person“, um die Formulierung von *Brugsch* und *F. H. Lewy* zu gebrauchen. Wenn man 2 gleiche Sprungphasen bei 2 verschiedenen hervorragenden Springern betrachtet, so fällt dieser individuelle Unterschied sofort ins Auge. Was jedoch fast unverändert bleibt, das ist das Prinzip der Technik, die Schwerpunktsbewegung und ganz besonders die Art der Landung.

Mit der soeben geschilderten Technik sind Sprünge bis zu 8 m Weite erreicht worden. Aber bereits die 7 m-Grenze wird nur von ganz wenigen Auserwählten bezwungen. So gibt es z. B. in Deutschland momentan etwa nur 6 Springer, die mit Sicherheit 7 m weit zu springen vermögen.

Wenn wir nunmehr einen Blick auf die Abb. 4a und b werfen, die von einer Filmaufnahme eines schlechten Sprunges herrühren, so fällt sofort der Gegensatz zu den bereits besprochenen Abbildungen auf. Wir veröffentlichen gerade diese Abbildungen, welche im Hinblick auf den Absprung und den ersten Teil des Sprunges keine ganz großen Abweichungen von den anderen zeigen. Der zweite Teil des Sprunges jedoch, die Umgruppierung der Körpermasse um den Schwerpunkt, kann hier nicht mehr durchgeführt werden. Der schwierigste Teil des

Sprunges, das Vorbringen des rückwärtigen Beines mit nachfolgendem Vorlegen des Oberkörpers, jene Bewegung, die in Abb. 5 dargestellt ist, fehlt. Statt dessen wird das hintere Bein nach vorn unten gestreckt und berührt auf diese Weise bald den Boden, unabhängig vom anderen Bein, welches in Hüft- und Kniegelenk gebeugt ist. Im Augenblick der Landung ist hier die Unterstützungsfläche des Körpers fast senkrecht

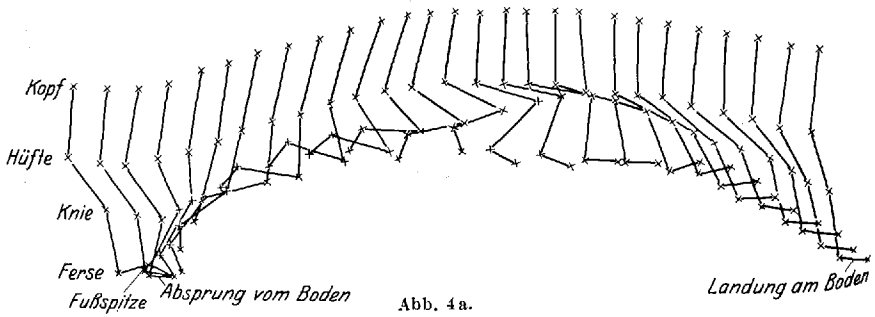


Abb. 4a.

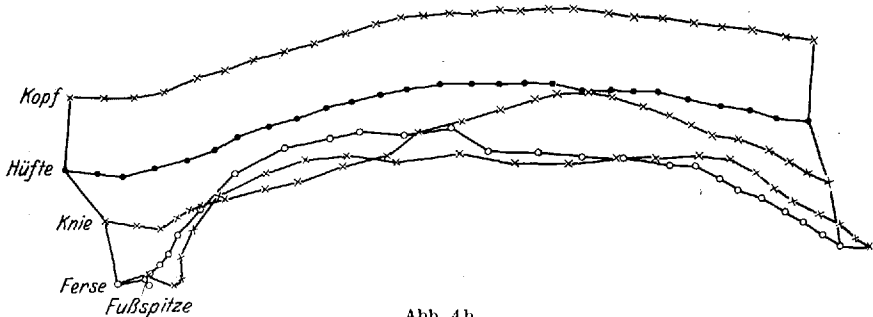


Abb. 4b.

Abb. 4a und 4b.

Zeichnung 4a. Aus einem Zeitlupenfilm eines schlechten Weitspringers. Die einzelnen Sprungphasen. Linkes (Absprung-) Bein. Zeichnung 4b. Die wichtigsten Bewegungskurven im Raum-Linkes (Absprung-) Bein.

unter dem Schwerpunkt gelegen, und ein Vergleich mit Abb. 1 a und b läßt deutlich erkennen, um wieviel kürzer daher die übersprungene Fläche ist.

Die Bewegungskurven im Raum (4c) bedürfen bei Vergleich mit den entsprechenden des anderen Sprunges keiner weiteren Erläuterung.

#### Der Start.

Beim Kurzstreckenlauf (100—400 m) ist der Start von der größten Wichtigkeit. Der Vorsprung, mit dem derartige Rennen gewonnen werden, beträgt häufig nur wenige Zentimeter, während die Differenz zwischen einem guten und einem schlechten Start Meter ausmachen

kann. Daß man seit jeher bestrebt war, die Starttechnik zu möglicher Vollkommenheit auszubauen, darf daher nicht überraschen. Heutzutage wird fast überall der sogenannte Tiefstart gepflegt, der erfahrungsgemäß der geeignetste ist und den wir daher auch zum Gegenstand unserer Untersuchungen gemacht haben.

Der Läufer gräbt sich 2 Startlöcher in den Boden, die so tief sein müssen, daß der ganze Fußballen seiner Länge nach an der hinteren

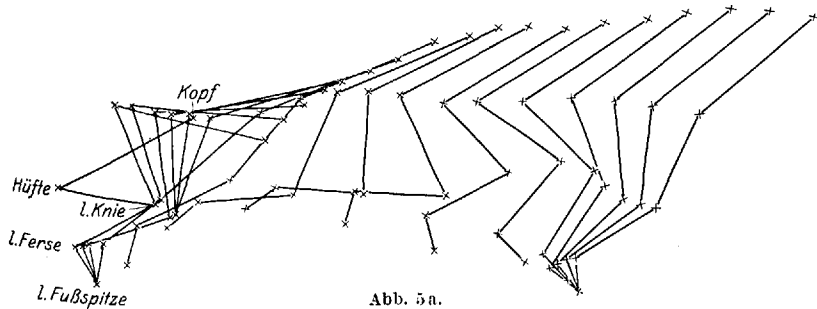


Abb. 5a.

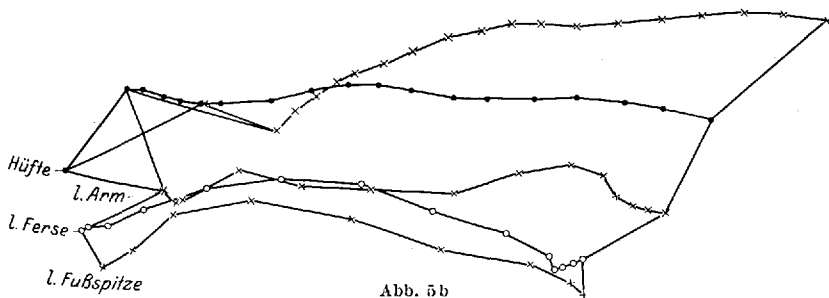


Abb. 5b

Abb. 5a und 5b.

Zeichnung 5a. Hervorragender Läufer beim Start. Nach einer Zeitlupenfilmaufnahme. Die einzelnen Bewegungsphasen. Linkes (vorderes) Bein. Zeichnung 5b. Hervorragender Läufer beim Start. Nach einer Zeitlupenfilmaufnahme. Die wichtigsten Bewegungskurven im Raum. Linkes (vorderes) Bein.

steilen Fläche Platz hat, das eine etwa 20–30 cm, das andere 65–75 cm hinter der Startlinie. Auf das Kommando „auf die Plätze“ nimmt der Läufer eine eigenartige Kauerstellung ein. Das rückwärtige Bein kniet am Boden, der Fuß steht sicher im hinteren Startloch. Der ganze Fußballen muß dabei „Fühlung nehmen“ mit der steilen Hinterwand der Bodenvertiefung, damit die nachfolgende Streckung des Beines nicht infolge fehlenden Widerstands wirkungslos verpufft. Das vordere Bein kniet nicht nieder, lediglich der Fuß steht fest im vorderen Startloch (s. Abb. 5a), direkt neben dem Knie des anderen Beines. Der Oberkörper ist vornübergeneigt, die gestreckten Arme berühren mit den Fingerspitzen den Boden, und zwar derart, daß die Daumen nach innen,

die übrigen Finger geschlossen nach außen zeigen. Beim Kommando „fertig“ streckt er beide Beine, besonders aber das hintere, im Kniegelenk, hebt auf diese Weise seinen Schwerpunkt und schiebt ihn nach vorn. Diese Bewegung ist die wichtigste. Aus den Abb. 5a und b geht hervor, daß der Schwerpunkt dabei *die* Höhenlage einnimmt, in der er sich auch weiterhin beim Laufen bewegt. An und für sich wäre das noch kein Vorteil des Tiefstarts, denn beim Ablauf aus dem Stand ist ja der Schwerpunkt auch in der gleichen Höhe. Aber es kommt dazu, daß beim Tiefstart die Streckkraft der Beine für die Vorwärtsbewegung weitgehend ausgenutzt werden kann. Der Schwerpunkt liegt nämlich in dieser Phase senkrecht über der Unterstützungsfläche des Körpers, das sind in diesem Falle die Hände. Der deutsche Reichstrainer Waitzer pflegt zu sagen: „In dieser Stellung muß ein sachter Stoß ins Gesäß genügen, den Läufer vornüber kippen zu lassen.“ Dieser „sachte“ Stoß kommt im Moment des Schusses, der das endgültige Zeichen zum Ablauf darstellt, durch die gewaltige Streckerarbeit der Beine zustande (Abb. 5a). Dabei überwiegt zunächst die Arbeit des rückwärtigen Beines, welches rasch gestreckt und anschließend nach vorn gebracht wird, um zum ersten Schritt anzusetzen. Das Bein wird, was hier schon hervorgehoben werden soll, bei den ersten Schritten mit gebeugtem Knie aufgesetzt, weiterhin ist hervorzuheben, daß die ersten Schritte, während der Oberkörper allmählich sich aufrichtet, ganz kurz sind. Es ist auf diese Weise am besten möglich, den Trägheitswiderstand der Körpermasse zu überwinden und eine große Anfangsgeschwindigkeit zu entwickeln. Aus diesem Grunde wird der Oberschenkel im Hüftgelenk nicht zu stark gebeugt und der Oberkörper nicht zu früh aufgerichtet. Aus all diesem ergibt sich, daß die Füße nicht, wie das beim „Schreitstil“ üblich ist, mit der Ferse, sondern mit der Fußspitze aufgesetzt werden. Man nennt in Sportkreisen diese Art zu laufen „Trittstil“, zum Unterschied von der schreitenden Laufweise. Wir gehen später darauf noch näher ein. Eine in unserem Besitz befindliche Filmserie zeigt 2 bekannte Läufer beim Start, die an und für sich etwa gleich schnell sind. Dadurch aber, daß der eine durch übertriebene Oberschenkelbeugung die ersten Schritte viel zu groß setzt, gewinnt der andere Läufer deutlich an Boden. Nach unseren Erfahrungen ist dies überhaupt einer der häufigsten Fehler, denen man sogar bei ganz hervorragenden Läufern nicht selten begegnet.

Die Bewegungen der Arme spielen beim Laufen nirgends eine derart überragende Rolle wie gerade beim Start. Schon die bereits erwähnte Tatsache, daß im Moment des Ablaufs fast die gesamte Körperlast auf den Armen ruht, ist von Bedeutung. Im folgenden treten die Arme deutlich in Aktion. Jede Beinbewegung wird von einer entsprechenden des contralateralen Armes begleitet. Wie ausgiebig diese Bewegungen,

die sich fast ausschließlich in den Schultergelenken abspielen, während die Bewegungen im Ellbogengelenk eine geringere Rolle spielen, ausgeführt werden, geht schon daraus hervor, daß die beiden Oberarme zeitweise einen Winkel von  $180^\circ$  bilden.

Die Bewegungskurven im Raum (Abb. 5b) zeigen, daß der Schwerpunkt als einziger Punkt des Körpers von Anfang an sich so bewegt, wie er es auch während des folgenden Laufes tut. Die Kopfkurve beginnt tiefer als die Schwerpunktkurve, kreuzt diese jedoch bald. Die Fußkurven sind gegenüber denen beim gewöhnlichen Lauf infolge der abnormen Schrittkürze zwar verändert, zeigen aber keine prinzipiellen Abweichungen.

#### *Trittstil und Schreitstil.*

Will man versuchen, den Lauf schematisch zu rubrizieren, so muß man zunächst zwischen Trittstil und Schreitstil unterscheiden. Aber es wird uns dabei genau so ergehen, wie das meistens der Fall ist, wenn man in der Physiologie Einteilungen vornimmt. Es gibt zwar auf der einen Seite ausgeprägte Bewegungsformen, die wir so bezeichnen dürfen, bei deren Definition uns auch keinerlei Schwierigkeiten entgegenreten. Es kommen aber andererseits vielfach Übergangsformen vor, wobei es mehr oder weniger der Willkür der Autoren überlassen bleibt, sie zu der einen oder der anderen Gruppe zu rechnen.

In unserer I. Arbeit haben wir nachzuweisen versucht, daß man bei guten Läufern nicht von einem besonderen Kurz-, Mittel- und Langstreckenstil sprechen darf, sondern daß es, vom Standpunkt des Bewegungsphysiologen aus gesehen, angeht, den Lauf einheitlich zu erfassen. Wenn wir nun heute in Erweiterung unserer damaligen Ausführungen 2 Stilarten unterscheiden wollen, so ändert das, wie später noch auszuführen sein wird, nichts an den geschilderten Tatsachen. Ein Kurzstreckenläufer z. B. läuft gleich nach dem Start anders als bei 50 m. Besteht doch auch zunächst die Aufgabe darin, dem Körper eine gewisse Anfangsbeschleunigung zu erteilen, eine Aufgabe, die deswegen so eminent wichtig ist, weil die Trägheitsgeschwindigkeit, die die Körpermasse bei 50 m hat, noch keine Rolle spielt, ja im Gegenteil sogar durch ihren Massenwiderstand hemmend wirkt. Daher die Frage: Auf welche Weise erreicht man am schnellsten eine hohe Geschwindigkeit? Ein Automobil fährt im ersten Gang an, d. h. die Arbeitsleistung, die mit jeder Kolbenbewegung verbunden ist, ist zuerst gering. Erst bei wachsender Geschwindigkeit werden die höheren Gänge eingeschaltet. Der Läufer tut im Prinzip nichts anderes. Da die muskulären Einzelaktionen nicht überlastet werden dürfen, läuft er mit ganz kurzen Schritten, im „ersten Gang“. Nun sprechen aber 2 Tatsachen dagegen, in diesem Stil etwa längere Strecken zu durchheilen. Zunächst muß festgestellt werden, daß auf solche Weise viel Kraft verbraucht wird. Weiterhin

aber ist kaum ein Läufer in der Lage, die Schrittfolge derart zu beschleunigen, daß die Geschwindigkeit des sich im Schwunge befindlichen Körpers noch nach 30—40 m weiter gesteigert wird. Vielmehr „schalten“ auch sie nach wenigen Metern des Laufes um, sie wechseln die Laufart, sie gehen in den Schreitstil über, wie wir ihn in unserer I. Mitteilung eingehend schilderten. Aus dem kurzen Treten wird ein möglichst weit ausgreifendes Schreiten, der Fuß berührt jetzt (bei den meisten) zuerst mit der Ferse den Boden, das Bein ist im Knie fast gestreckt. Obgleich der Schritt weit größer ist als zu Anfang, wird viel weniger Kraft dabei verbraucht, da die Trägheitsgeschwindigkeit der Körpermasse eine bedeutsame Unterstützung darstellt. Der Übergang vom Trittstil in den Schreitstil ist äußerst schwer und eigentlich kaum zu erlernen. Hochveranlagte Läufer „schalten instinktiv um“. Es ist erwähnenswert, daß auch unter den besten Läufern viele in diesem Moment „verkrampfen“, wie der Fachausdruck lautet, d. h. ihre muskuläre Koordinationsfähigkeit mehr oder weniger verlieren.

Es steht außer Frage, daß auch unter sehr guten Athleten durchaus nicht durchweg diese Art des Laufens angetroffen wird. *Coerper*<sup>1</sup> schreibt: „Die 100 m-Strecke wird bald mehr durch Kraft (der Deutsche Houben), bald mehr durch Geschicklichkeit, d. h. natürliche Beherrschung der Gliedmaßen (der Finne Nurmi) geleistet<sup>2</sup>. Das stimmt insofern, als es Läufer gibt, die versuchen, die ganze Strecke im Trittstil durchzuhalten. Ganz besonders bei durchschnittlich veranlagten Athleten finden wir solche Typen in Hülle und Fülle. So erklären sich auch die Resultate, die *R. W. Schulte*<sup>3</sup> bei seinen Geschwindigkeitsmessungen beim 100 m-Lauf gefunden hat, bei denen „nach spätestens 80 m, oft schon früher, wohl regelmäßig ein Nachlassen der Geschwindigkeit infolge Ermüdung eintritt“. Diese Erfahrungen, die aber „rekordphysiologisch“ (*R. W. Schulte*) wohl nicht als allgemeingültig aufzufassen sind, macht man gelegentlich, das sei hervorgehoben, auch bei sehr guten Läufern, besonders in Deutschland. Aber es kann nicht scharf genug betont werden, daß der Trittstil, längere Strecken hindurch angewendet, stets gegenüber dem Schreitstil einen Nachteil darstellt. Wer erlebt hat, mit welcher fabelhaften Leichtigkeit der Kanadier Williams die Sprintstrecken bei der Amsterdamer Olympiade gewann, wer Eldracher, wer Schlöbke hat laufen sehen, wer die amerikanischen 400-m-Läufer Barbutti, Spencer und Bowen beobachten konnte (um nur einige typische

<sup>1</sup> *Coerper*, Handbuch der Biologie der Person von Brugsch und F. H. Lewy 4.

<sup>2</sup> Nurmi ist u. W. noch niemals 100 m im Wettkampf gelaufen. Er bestreitet nur Mittel- bzw. Langstreckenläufe. Außerdem halten wir Nurmi in keiner Weise für einen „Geschicklichkeits“-, sondern für den Typ des „Kraftläufers“. *Jokl*, Start und Ziel. 1927, H. 12.

<sup>3</sup> *R. W. Schulte*, Eignungs- und Leistungsprüfungen im Sport. S. 198. Berlin: Hackebeil 1925.

Schreitstillläufer anzuführen), der wird von der Überlegenheit dieser Stilart gegenüber dem Trittstil restlos überzeugt sein. Der Schreitstil allein erlaubt am Ende der Strecke noch eine maximale Steigerung der Geschwindigkeit, denn er verbraucht nicht annähernd soviel Kraft, wie das beim Trittstil der Fall ist. Geschicklichkeit (*Coerper*) ist allerdings unerlässlich, wenn wir den Ausdruck richtig deuten und ihn mit Koordinationsfähigkeit identifizieren dürfen. Die besten Sprinter, die die Welt im Verlaufe der letzten Jahre aufzuweisen hatte, besaßen diese Eigenschaft in hervorragendem Maße: Paddock, Körnig, Williams, Eldracher. Gehört doch auch viel dazu, die Umschaltung vom Trittstil in den Schreitstil vorzunehmen und, was betont werden muß, im richtigen Moment vorzunehmen. Dem bekannten Negersprinter London (England) z. B. gelingt diese Umstellung zwar oft ausgezeichnet, aber nicht in jedem Rennen. Daher kommt es, daß er neben ganz großen Erfolgen (2. Platz bei den Weltmeisterschaften) nicht selten eklatante Niederlagen aufzuweisen hat.

Trittstil darf nur gelaufen werden, wenn es darauf ankommt, dem Körper in ganz kurzer Zeit eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu verleihen, wie das beispielsweise beim Start notwendig ist. Auch beim Stabwechseln im Staffellauf spielt das eine große Rolle. Nun gibt es Läufer — diese sind aber sehr selten —, welche einen hervorragenden Schreitstil laufen, ohne „schnell treten“ zu können, z. B. Schlöbke. Solche Läufer gelangen oft beim 100 m-Lauf gegenüber Gegnern, denen sie im Schreitstil ohne weiteres überlegen sind, zu Anfang dermaßen ins Hintertreffen, daß sie den Vorsprung nicht mehr aufzuholen vermögen. Es fehlt ihnen der „erste Gang“. Diese Sprintertypen erzielen ihre besten Leistungen in 200 m-Rennen, bei denen die Steigerungsmöglichkeiten infolge der Länge der Strecke größer sind, und in Staffeln, in denen sie „anlaufen“ können, ehe das eigentliche Rennen beginnt.

Herrn Professor *Wilhelm Trendelenburg* danke ich verbindlichst für die Bereitstellung der Hilfsmittel des Physiologischen Instituts der Universität Berlin zur Auswertung der Filmaufnahmen.