



Bewegungsanalyse

Die Biomechanische Bewegungsanalyse mit Hilfe des Computers



Code	adi-pub-01275
Title	Bewegungsanalyse
Subtitle	Die Biomechanische Bewegungsanalyse mit Hilfe des Computers
Name	Leistungssport
Author	Gideon Ariel
Published on	Wednesday, January 10, 1973
Subject	Biomechanics; Journal
URL	https://arielweb.com/articles/show/adi-pub-01275
Date	2013-01-16 15:40:52
Label	Approved
Privacy	Public

This PDF summary has been auto-generated from the original publication by arielweb-ai-bot v1.2.2023.0926 on 2023-09-28 03:44:19 without human intervention. In case of errors or omissions please contact our aibot directly at ai@macrosport.com.

Copyright Disclaimer

The content and materials provided in this document are protected by copyright laws. All rights are reserved by Ariel Dynamics Inc. Users are prohibited from copying, reproducing, distributing, or modifying any part of this content without prior written permission from Ariel Dynamics Inc. Unauthorized use or reproduction of any materials may result in legal action.

Disclaimer of Liability

While every effort has been made to ensure the accuracy of the information presented on this website/document, Ariel Dynamics Inc. makes no warranties or representations regarding the completeness, accuracy, or suitability of the information. The content is provided "as is" and without warranty of any kind, either expressed or implied. Ariel Dynamics Inc. shall not be liable for any errors or omissions in the content or for any actions taken in reliance thereon. Ariel Dynamics Inc. disclaims all responsibility for any loss, injury, claim, liability, or damage of any kind resulting from, arising out of, or in any way related to the use or reliance on the content provided herein.

Below find a reprint of the 9 relevant pages of the article "Bewegungsanalyse" in "Leistungssport":



Zur Diskussion gestellt:
 G. Ariel
 Die biomechanische Bewegungsanalyse mit Hilfe des Computers
 J. Hay
 Die Haytechnik: Das Nonplus-ultra im Hochsprung?



302



Abb. 1 Teilkräfte an einem schwingenden Unterarm

menschlichen Körper oder um ein beliebiges anderes Objekt handelt. Wenn der menschliche Körper nur ein Glied hätte, hätte es ein Trainer sehr einfach, denn dann würden nur drei Kräfte auf ihn einwirken. Da der menschliche Körper aber mehr als ein Glied hat und in manchen leichtathletischen Übungen bis zu sieben Glieder bei der Analyse berücksichtigt werden müssen, erschwert sich diese. Aufgrund der Naturgesetze wirken auf jedes der Glieder die drei vorgeschriebenen Kräfte ein. Hinzu kommen Kräfte, die ein Glied auf ein anderes ausübt. Wenn z. B. ein System aus zwei Gliedern besteht, wie z. B. der Unterarm und der Oberarm, dann haben wir neben der Schwerkraft, der Zentrifugal- und der Tangentialkraft, die auf jedes einzelne Glied einwirken, zusätzlich drei Kräfte, die auf den Einfluß des ersten Gliedes auf das zweite zurückzuführen sind. In einem Gliedersystem mit sieben Gliedern, wie z. B. beim Kugelstoßen, wirken insgesamt 84 Kräfte auf jeden Einzelteil der Bewegung ein. Wenn ein Trainer eine bestimmte Übung analysiert, versucht er normalerweise, die resultierende Kraft zu maximieren, indem er die Einzelkräfte maximiert. Die Eindrucksanalyse ist nicht sehr zuverlässig, da sie auf nicht meßbaren Daten beruht. Heute müssen sich Trainer noch fast ausschließlich auf persönliche Beobachtungen verlassen, wenn sie sportliche Techniken bewerten wollen und an ihrer Verbesserung arbeiten wollen. Frühere Erfahrung, sowie Versuch und Irrtum sind die wesentlichen Handwerkszeuge eines Trainers. Die Imitation von erfolgreichen Sportlern war sehr häufig die einzige zuverlässige Hilfsmittel. Viele Trainer benutzen mechanische Hilfsmittel wie Zeitlupenkameras und Video-Recorder, um sich bei der Arbeit zu helfen. Noch immer fehlt es an wirklichen wissenschaftlichen Daten, mit der der Sportler als Individuum und seine spezifische Leistung gemessen werden kann. Es

ist praktisch unmöglich, exakte Entscheidungen über Bewegung zu treffen nur aufgrund von subjektiver Beobachtung. Bewegungsexistenz kann aufgrund von Beobachtung allein nicht ermittelt werden.

Mit der von uns vorgestellten Technik können Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Kräfte und Kraftmomente sowie ihre prozentuale Wirkung auf jedes Körperglied und ihr Anteil an der Gesamtbewegung mittels des Computers bestimmt werden.

Die Interpretation der Kraftmomente

Im Anschluß an die Berechnung der verschiedenen Kräfte mittels des Computers werden die Kraftmomente errechnet. Diese zeigen die dominierende Muskelkraft und die Wirkung eines Gliedes auf das angrenzende Glied auf. Wenn die Muskelkraft ein Glied im Uhrzeigersinn bewegt, wird es versuchen, gleichzeitig das angrenzende Glied entgegen dem Uhrzeigersinn zu bewegen. Das bedeutet, daß in jeder leichtathletischen Übung ein Glied eine entgegengesetzte Wirkung auf das Nachbarglied hat, die kaum vom menschlichen Auge gesehen werden kann. Korrekturen dieser leistungshemmenden Auswirkungen können nur nach exakter Analyse vorgenommen werden. Es kommt vor, daß die Kraftmomente an einem Glied so stark sind, daß sie am angrenzenden Glied eine solche Wirkung in die entgegengesetzte Richtung hervorrufen, daß sie sich leistungshemmend auswirken. Das konnte z. B. im Weitsprung gefunden werden, wo die Hüftstreckung so groß war, daß die Knieerfektoren dominierend waren, obwohl die Beine gestreckt wurden. Wenn es gelingt, die Auswirkungen dieser Kräfte zu kontrollieren, kann es zu solchen idealen Sprüngen kommen, wie es Bob Beamon bei seinem Sprung bei den Olympischen Spielen in Mexiko City gelang. Das Verhältnis zwischen Maximalgeschwindigkeiten und Beschleunigungen ist bedeutend für die Analyse von Techniken. Diese Feinkoordination kann aufgrund des augenblicklichen Programms bestimmt werden. So fanden wir, daß bei den besten Würlern (Kugel, Hammer, Speer, Diskus) die Geschwindigkeit des letzten Gliedes ihr Maximum kurz vor dem Abwurf (nicht beim Abwurf) haben sollte, obwohl damit die Verlangsamung des Gliedes kurz vor dem Abwurf schon einsetzt, da es so nicht die Stabilisierung der Körpergelenke im Moment des Abwurfes hemmt. Ein guter Abwurf verlangt ein gut koordiniertes Gliedersystem und eine gute Feinkoordination von Beschleunigungen und Verlangsamungen aller Körperglieder. In einer entsprechenden Ak-

Gideon Ariel

Die biomechanische Bewegungsanalyse mit Hilfe des Computers

Dr. Gideon Ariel ist Dozent am Institut für Leibesübungen der University of Massachusetts in Amherst. Er vertrat Israel in den Olympischen Spielen 1960 und 1964 in Kugelstoßen und Diskuswerfen und hält noch immer die Landesrekorde in diesen Disziplinen. Er arbeitete als israelischer Nationaltrainer und als Assistent Leichtathletik Coach der Universität von Massachusetts. Dr. William Sattile ist Dozent am Department of Exercise Science der Universität von Massachusetts in Amherst. Eine kritische Stellungnahme zu diesem Beitrag wird in einer der nächsten Nummern erscheinen.

In der Leichtathletik wurde im Olympia-Trainingslager des Dartmouth College eine biomechanische Bewegungsanalyse mit Hilfe eines Computers an der Leistung einer Reihe von dort trainierten Technikern vorgenommen. Die Ergebnisse wurden von Trainern wie Sportlern einhellig begrüßt. Einige der Sportler konnten aufgrund der Computer-Analyse sofort ihre Leistung verbessern. Andere kehrten nach Hause zu ihren Universitäten zurück und hatten die notwendigen wissenschaftlichen Daten erhalten, um mit einem intelligenten Arbeitsansatz ihr persönliches Programm zur Leistungsoptimierung auszuarbeiten. Von den vielen anwesenden Sportlern, besonders Diskuswerfern, Hammerwerfern, Kugelstoßern und Speerwerfern fand z. B. Michael Hoffmann die Computer-Analyse so nützlich, daß er, weil er einen groben technischen Fehler sofort beheben konnte, über drei Meter weiter im Diskuswerfen kam. Diese biomechanische Bewegungsanalyse bietet einen neuen Ansatz in der Trainingslehre der Leichtathletik, der durch die gemeinsame Bemühung vieler Wissenschaftler und Techniker sowie den technologischen Fortschritt der letzten zehn Jahre möglich gemacht wurde. Mit einer Zeitlupenkamera kann jede beliebige sportmotorische Leistung aufgenommen werden und mit Hilfe von speziellen Netzgeräten übertragen werden. Das Programm des Computers löst die Information der Gesamtbewegung in die Bewegung der einzelnen Segmente auf. Als Daten werden der Körperschwerpunkt, die Geschwindigkeiten der Körpersegmente und ihre Beschleunigung, die Kraft an den Gelenken sowie die Kraftmomente

bestimmt. Mit einem entsprechenden Computerprogramm können die Daten sofort interpretiert werden, und es ist möglich, die Bedeutung einer Einzelbewegung für die Gesamtbewegung abzuschätzen. Andere Information wird über Maximalgeschwindigkeiten bei einzelnen Positionen, über Beschleunigungen, über die Größe der Muskelkraft an jedem Gelenk, die vertikalen und horizontalen Kräfte an allen Gelenken und an den Bodenkontaktpunkten, Bewegungskoordination zwischen den einzelnen Körperteilen, interindividuelle Unterschiede aufgrund anatomischer Gegebenheiten bestimmt. Die Kombination der Kraftmomente, das miteinander verbundene Bewegungsmuster, Information dieser Art sind für alle leichtathletischen Übungen von großem Interesse und können zur Leistungsoptimierung beitragen.

Die wissenschaftlichen Prinzipien der analytischen Technik

Die einzelnen Teile des menschlichen Körpers bilden ein gegliedertes System. Die Gesetze der Physik gelten für ein System mit Gliedern in Bewegung, egal ob es sich dabei um ein menschliches oder um ein maschinelles System handelt. Die einzelnen Teile des Gliedersystems des menschlichen Körpers sind der Fuß, der Unterschenkel, der Oberschenkel, der Rumpf, die Schultern, der Oberarm, der Unterarm und die Hand. Wenn ein solches Gliedersystem in Bewegung ist, wie das in jeder leichtathletischen Übung der Fall ist, wirken spezielle Kräfte auf jedes einzelne dieser Körperteile im Gliedersystem ein. Wenn wir z. B. die Kräfte analysieren, die auf einem schwingenden Unterarm einwirken, so ergeben sich die folgenden: (Abb. 1)
 1, die Schwerkraft,
 2, die Zentrifugalkraft aufgrund der Drehbewegung im Gelenk,
 3, die Tangentialkraft senkrecht zur Körperteilbewegung.
 Diese drei Kräfte würden immer auf Glieder in Bewegung einwirken, egal ob es sich um den

303

tionsfolge vom linken Fuß zur rechten Wurfhand, so daß Maximalgeschwindigkeit der rechten Hand erzielt wird. Um das zu erreichen, muß eine optimale Position der anatomischen Kraft in gleicher Weise eingesetzt werden wie der richtige Einsatz der Kräfte im Gliedersystem des Körpers. Diese Art von Information kann vom menschlichen Auge oder von der einfachen Analyse des Filmes nicht erfaßt werden. Die Anwendungsmöglichkeiten der biomechanischen Bewegungsanalysen mit Hilfe des Computers in der Technik der Leichtathletik hat langfristig eine sehr große Bedeutung. Diese Methode kann die gesamte Trainingswissenschaft revolutionieren. Elemente des Zweifels können beseitigt, die Ungewißheit von Versuch und Irrtum durch exakte wissenschaftliche Daten ersetzt werden, wodurch für alle, die nach Perfektion streben, ein wünschenswerter Wechsel erfolgt wäre.

Die biomechanische Bewegungsanalyse des Speerwurfs von Janis Lulis

Janis Lulis, der gegenwärtige Weltrekordler im Speerwurf, wurde für diese Analyse herangezogen. Um die Kraftmomente der einzelnen Glieder beim Wurf zu bestimmen, waren die folgenden Schritte notwendig:
 a) die Länge der einzelnen Körperglieder mußte bestimmt werden,
 b) das Gewicht der einzelnen Körperglieder mußte bestimmt werden,
 c) der zu untersuchende Bewegungsablauf mußte gefilmt werden,
 d) die Bewegungspuren der Gesamtbewegung mußten eingezeichnet werden,
 e) der Schwerpunkt und der Drehradius eines jeden Körpergliedes mußten bestimmt werden,
 f) über einen vorher festgelegten Abstand innerhalb der Gesamtbewegung mußten die momentane Geschwindigkeit, die Winkelbewegung und die Beschleunigung eines jeden Gliedes bestimmt werden,
 g) die Kräfte an den Gelenken und die Kraftmomente mußten bestimmt werden.
 Die Länge und das Gewicht der einzelnen Körperglieder wurden bestimmt nach der anatomischen Methode von Dempster (1). Der Mittelpunkt der einzelnen Gelenke, die Schwerpunkte, die Masse der einzelnen Körperteile wurden nach der Methode von Williams und Liesner (7) bestimmt. Für c) verwandten wir eine Lehrbildreihe von *Track and Field News*, die wir zu diesem Zweck erwarben. Bewegungsspuren wurden mit einem speziellen reflektierenden Verfahren Bild für Bild eingezeichnet. Bewegungsanpassungen aufgrund

von Bewegungen der Kamera wurden mit Spurenpapier im Verhältnis zu stationären Objekten im Foto vorgenommen. Der Control Data Computer 3600 der University of Massachusetts wurde zur Analyse der Wurflösungen mit einem Programm von Dr. Plagenhoef (5) gefüttert. Die Analyse bezieht sich auf die Wurfphase, die mit dem letzten Kreuzschritt einsetzt und zwar in dem Moment, wenn der linke Fuß Kontakt mit dem Boden aufnimmt, der somit als ein effektiver Hebel wirkt, gegen den sich die Kraft entwickeln kann. Die Schleppungs- und die Trägheitsmomente der entsprechenden Gelenke zwischen den einzelnen Körpergliedern wurden nach der Methode von Dempster (1) bestimmt.

Die Analyse der Kräfte

Wenn eine Kette von Gliedern in Bewegung ist, dreht sich das erste um einen festen Punkt, und die anderen Glieder drehen sich um das sich bewegende Ende des ersten Gliedes. In unserer Untersuchung war der feste Punkt der linke Fuß. Die Glieder sind der Unterschenkel, der Oberschenkel, der Rumpf, die Schultern, der Oberarm, der Unterarm und die Hand mit dem Speer. Die auf die Glieder einwirkenden Kräfte sind die folgenden:
 1, das Gewicht der Glieder,
 2, die Normalkraft $M \times r \times W^2$, wobei W die Winkelgeschwindigkeit des Gliedes ist,
 3, die Tangentialkraft $M \times r \times A$, wobei A die Winkelbeschleunigung des Gliedes ist,
 4, die Kräfte, die durch die Bewegung der anderen Glieder auftreten,
 5, die Tangentialkräfte, die aufgrund der anderen Glieder auftreten,
 6, die Corioliskraft.
 Wenn die Bewegung von fünf Gliedern analysiert werden soll, sind 38 Kräfte zu berechnen, die zur gleichen Zeit auf die Körperteile einwirken. Daraus kann man sehen, daß die Bewegung irgend eines Körperteiles gleichzeitig die Muskeln aller anderen Körperteile bewegt.
 Zunächst war es notwendig, die Rotationsgeschwindigkeit und die Beschleunigung jedes einzelnen Körpergliedes zu berechnen, bevor die gemeinsamen Kräfte und die Kraftmomente berechnet werden konnten. Wenn der Schwerpunkt sich bewegt, so ist dies das Ergebnis der kombinierten Winkelbewegung der angrenzenden Glieder. Daher hat jedes Glied des Körpers eine normale und eine tangentielle Komponente der Beschleunigung aufgrund ihrer Bewegung in Relation zu dem angrenzenden Teil und hat außerdem eine normale und tangentielle Beschleuni-

gung als das Ergebnis der kombinierten Wirkung aller anderen sich in Bewegung befindlichen Glieder. Außerdem besteht in jedem beweglichen Koordinatensystem von sich drehenden Gliedern eine sogenannte Coriolisbeschleunigung. Dies ist die Kraft, die entsteht, wenn ein Punkt sich um einen anderen drehenden Punkt dreht. Es wäre nicht praktikabel, alle diese Kräfte bei Hand zu analysieren. Im Falle des Speerwurfes waren sieben Glieder in Bewegung. Nur mit Hilfe des Computers ist es möglich, Kalkulationen über Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, horizontale und vertikale Kräfte, Kraftmomente und der Anteil eines jeden Gliedes an der Gesamtbewegung des Wurfes aufzustellen.

Resultat und Diskussion

Abb. 2 zeigt das freie Körperdiagramm von Lulis, was für die Analyse benutzt wurde. Dieses Diagramm hat 19 Positionen der Speerwurfaktion. Position 13 ist der Punkt, an dem der Abwurf ausgeführt wurde und die Hand den Speer des Werfers verließ. Aufgrund des Programms von Plogenhoef sind wir in der Lage, die Daten im Hinblick auf die folgenden Faktoren zu analysieren:

1. die Position der maximalen absoluten Beschleunigung und Bremsung eines jeden einzelnen Körpergliedes,
2. der Bereich der Muskelaktion und das Kraftmoment an jedem Glied,
3. der Anteil eines jeden Körpergliedes am Gesamtwurf.

Die Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeitskurve für sieben Glieder: Unterschenkel, Oberschenkel, Rumpf, Oberarm, Unterarm, Hand mit Speer wird in Abb. 3 dargestellt. Die ersten Glieder, Oberschenkel, Unterschenkel, Rumpf entwickeln keine große Geschwindigkeit und bedeuten die Basis für die oberen Glieder.

Die Schultergeschwindigkeit verringert sich in den Positionen 1 – 3. Von den Positionen 4 – 9 beschleunigt sich die Geschwindigkeit der Schulter, die sich dabei um ihre Achse mit einer Maximalgeschwindigkeit von 148 Grad pro Sekunde bei Position 9 dreht. Von Position 9 – 14 haben die Schultern die Minimalgeschwindigkeit 13 Grad pro Sekunde erreicht. Der bedeutende Faktor ist das Anhalten der Bewegung der Schultern beim Abwurf. Von den Positionen 7 – 10 sind die Schultern die schnellsten aller Glieder, die somit wie eine Feder wirken.

Der Oberarm bleibt hinter den Schultern zurück und erreicht eine Maximalgeschwindigkeit in Po-

sition 10 mit 132 Grad pro Sekunde. Beim Abwurf (Position 13) ist die Geschwindigkeit auf 77 Grad pro Sekunde heruntergegangen. Die Geschwindigkeit des Unterarmes verringert sich in den Bildern 1 – 3. Darauf erfolgt ein Anstieg der Geschwindigkeit von 30 Grad pro Sekunde auf 45 Grad pro Sekunde zwischen den Positionen 3 und 4. Von Position 4 an beginnt die Geschwindigkeit, sich von den 45 Grad pro Sekunde wesentlich zu senken, auf eine Minimalgeschwindigkeit bei Position 7 auf 3 Grad pro Sekunde. Diese Tatsache ist von großer Bedeutung, da die Schultern und der Oberarm zur selben Zeit ihre Geschwindigkeit wesentlich erhöhen. Die Tatsache, daß der Unterarm seine Geschwindigkeit in dem Moment verringert, wo Schultern und Oberarm ihre Geschwindigkeit vergrößern, zeigt Position 7 an. Sie nimmt zu und hat 136 Grad pro Sekunde beim Abwurf erreicht. Hier ist darauf hinzuweisen, daß die Maximalgeschwindigkeit von Schultern und Unterarm kurz vor dem Abwurf erreicht wird, während die Maximalgeschwindigkeit des Unterarmes gerade beim Abwurf erreicht ist.

Die Hand mit dem Speer hat denselben Weg wie der Unterarm in den Positionen 1 – 8. Von Position 8 an nimmt die Geschwindigkeit langsam zu bis auf 120 Grad pro Sekunde beim Abwurf. Die Maximalgeschwindigkeit ist bei Position 15 mit 136 Grad pro Sekunde nach dem Abwurf erreicht. Hier ist es wichtig, darauf hinzuweisen, daß die Hand mit dem Speer ihre Maximalgeschwindigkeit nicht beim Abwurf erreicht hat, sondern die Hand als einziges Glied ihre Maximalgeschwindigkeit kurz nach dem Abwurf erreicht. Der Verlauf der Geschwindigkeitskurve zeigt sehr deutlich die einzelnen Bestandteile eines Wurfes. Die Folge Schulter – Oberarm – Unterarm – Hand ist ein sehr wesentlicher Faktor eines erfolgreichen und gut ausgeführten Wurfes.

Beschleunigung

Die Beschleunigungskurven werden in Abb. 4 dargestellt. Positive Werte bedeuten dabei Beschleunigung, während negative Werte Bremsung bedeuten. Der Unterschenkel zeigt nur ein Minimum an Beschleunigung in Position 4 und hält diese bei bis zur Position 14 nach dem Abwurf. Der Oberschenkel wird zwischen den Positionen 1 und 4 gebremst und dann beschleunigt, wobei er sein Maximum in Position 9 mit 21 Grad/sek.² erreicht hat. Der Rumpf wird bis zur Position 6 hin gebremst und dann bis zu einem Maximum von 10 Grad/sek.² in Position 11 und 12 beschleunigt. Die Schulter, der Oberarm und die Hand mit dem Speer haben eine viel größere Beschleunigung

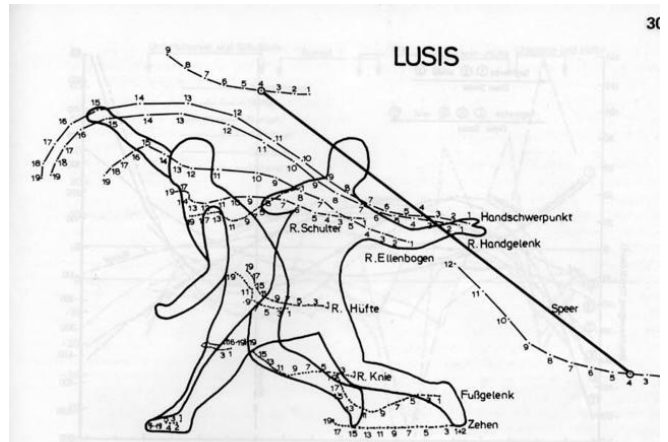


Abb. 2 Lulis freies Körperdiagramm

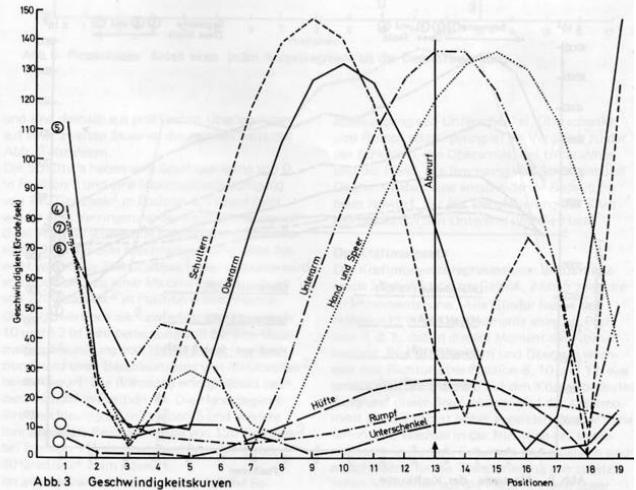


Abb. 3 Geschwindigkeitskurven

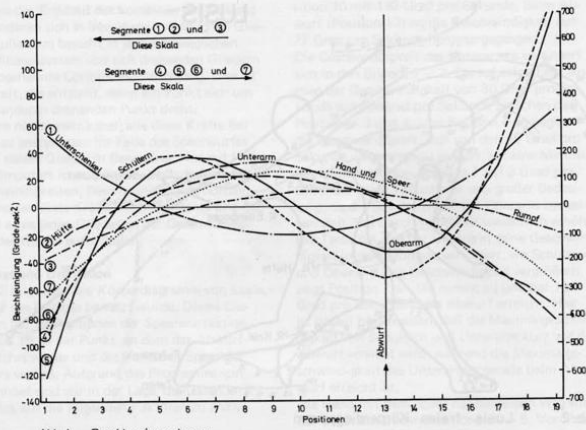


Abb. 4 Beschleunigungskurven

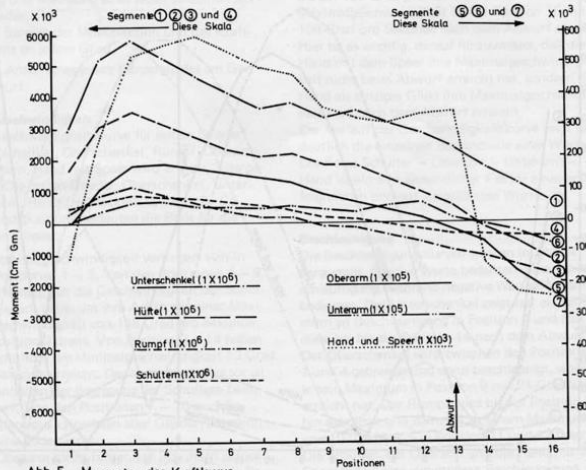


Abb. 5 Momente der Kraftkurve

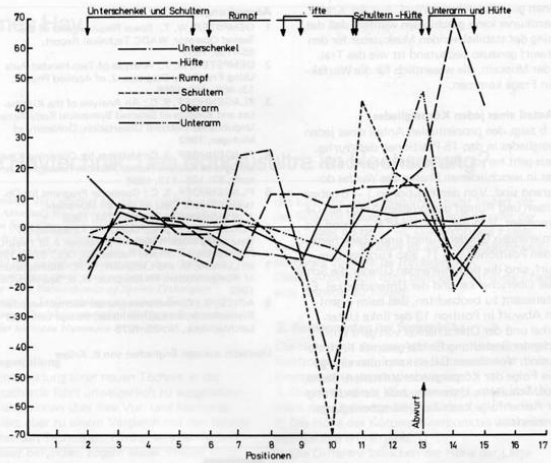


Abb. 6 Prozentualer Anteil eines jeden Körpersegmentes an der Gesamtbewegung

und sind deshalb aus praktischen Überlegungen auf einer zweiten Skala an der rechten Seite der Abb. 3 abzulesen.

Die Schultern haben eine Beschleunigung von 0 in Position 3 und eine Maximalbeschleunigung von 190 Grad/sek² in Position 6. Darauf folgt wieder eine Verringerung der Beschleunigung auf 0 bei Position 9 und eine Bremsung zwischen Position 9 bis auf eine Maximalbremsung beim Abwurf von minus 260 Grad/sek². Der Oberarm wird von Position 3 zu einer Maximalbeschleunigung von 270 Grad/sek² in Position 6 beschleunigt. Der Gradwert pro sek² zwischen den Positionen 10 und 13 ist sehr bedeutungsvoll für eine Maximalbeschleunigung von 160 Grad/sek² in Position 9 und einer Beschleunigung von 30 Grad/sek² beim Abwurf. Die Bremsung erfolgt direkt nach dem Abwurf in Position 14. Die Hand beginnt ihre Beschleunigung in Position 5 und erreicht ihre maximale Beschleunigung von 120 Grad/sek² bei Position 11 mit einer Beschleunigung von 80 Grad/sek² beim Abwurf. Im allgemeinen kann man sagen, daß die Be-

schleunigung von Unterschenkel, Oberschenkel und Rumpf relativ gering ist im Vergleich zu der der Schultern, des Oberarmes, des Unterarmes und der Hand. Die Bremsung von Schultern und Oberarm haben eine entscheidende Bedeutung beim Abwurf. Für die Transferierung des Kraftmomentes auf den Unterarm und die Hand.

Die Kraftmomente

Die Kraftmomente repräsentieren die dominierende Muskelaktion am Gelenk. Abb. 5 zeigt die Kraftmomentskurve. Alle Glieder haben den Höhepunkt ihres Kraftmomentes etwa bei Position 3, d. h. daß in diesem Moment der Abwurf beginnt. Rumpf, Schultern und Oberarm wechseln ihre Richtung bei Position 9, 10 und 12, was jeweils eine Bremsaktion auf den Körper bedeutet. Aufgrund dieser Bremsaktion wird das Kraftmoment auf die nächst höher liegenden Glieder transferiert. Die Wechsel in der Richtung der Kraftmomente in Rumpf, Schultern und Oberarm sind entscheidend für die Transferierung von zusätzlichen Momenten auf die Hand mit dem Speer

für einen gut ausgeführten Wurf. Aus der Kraftmomentkurve kann geschlossen werden, daß das Training der stabilisierenden Muskulatur für den Speerwurf genauso bedeutend ist wie das Training der Muskeln, die wesentlich für die Wurfaktion in Frage kommen.

Der Anteil eines jeden Körpergliedes

Abb. 5 zeigt den prozentualen Anteil eines jeden Körpergliedes in den 15 Positionen des Wurfes. Hieraus geht hervor, daß verschiedene Körperglieder in verschiedenen Phasen des Wurfes dominierend sind. Von den Positionen 1 – 6 haben Schultern und Rumpf den größten Anteil am Gesamtmoment. Von den Positionen 6 – 9 sind die dominierenden Glieder Rumpf und Oberschenkel. Von den Positionen 9 – 11, also kurz vor dem Abwurf, sind die dominierenden Glieder die Schulter, der Oberschenkel und der Unterschenkel. Es ist interessant zu beobachten, daß beim eigentlichen Abwurf in Position 13 der linke Unterschenkel und der Oberschenkel von ganz entscheidender Bedeutung für das gesamte Kraftmoment sind. Von diesen Daten kann man eine generelle Folge der Körperglieder aufstellen. Beine, Rumpf, Schultern, Unterarm. Jede Veränderung dieser Reihenfolge kann das Gesamtbewegungsbild verändern.

Schlußfolgerungen

1. Die richtige Koordination und Folge von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bremsung der aufeinanderfolgenden Körperteile erzeugt die biomechanischen Vorteile eines Speerwurfs.
2. Aufeinanderfolgende Kraftmomente sind von entscheidender Bedeutung für die Analyse des Gesamtwurfs.
3. Die schwereren Körperteile wie Unterschenkel, Oberschenkel, Rumpf sind vergleichsweise langsamer, tragen aber mehr zum Gesamtkraftmoment bei.
4. Die wesentliche Bewegungsmuskulatur ist genauso bedeutungsvoll wie die wesentliche Bremsmuskulatur. Die wesentliche Bewegungsmuskulatur setzt sich aus den Muskeln zusammen, die die Körperaktion verursachen, und die wesentliche Bremsmuskulatur sind die Muskeln, die die Aktion bremsen.
5. Zu verschiedenen Zeiten des Wurfs haben unterschiedliche Körperteile ein unterschiedlich großen Anteil auf den Speerwurf; Rumpf – Schultern – Unterschenkel – Oberschenkel – Unterarm.
6. Die Aktion des linken Beines beim Abwurf ist von wesentlicher Bedeutung für einen guten Wurf.

Anmerkungen

1. DEMPSTER, W. T.: Space Requirements of the Seated Operator. WADC Technical Report, 55-159, 1955
2. DEMPSTER, W. T.: Analysis of Two-Handed Pulls Using Free Body Diagrams. J. of Applied Physiol. 13: 469-480, 1958
3. PLAGENHOEF, S. C.: An Analysis of the Kinematics and Kinetics of Selected Symmetrical Body Action. Unpublished Doctoral Dissertation, University of Michigan, 1962
4. PLAGENHOEF, S. C.: Methods for Obtaining Kinetic Data to Analyze Human Motion. Research Quarterly, 37: 103-112, 1966
5. PLAGENHOEF, S. C.: Computer Programs for Obtaining Kinetic Data on Human Movement. J. of Biomechanics, 1: 221-234, 1968
6. PLAGENHOEF, S. C.: Gathering Kinesiological Data Using Modern Measuring Devices. J. of Health, Physical Education and Recreation, Oct.: 81-87, 1968
7. WILLIAMS, M. and LIESNER, H. R.: Biomechanics of Human Motion, Philadelphia: W. B. Saunders Co. 1962
8. ARIEL, G.: Computeranalyse der leichtathletischen Biomechanik, in: Leichtathletik, Beilage Lehre der Leichtathletik, Nr. 20, 1973

Übersetzt aus dem Englischen von B. Krüger

SPIRIDON

SPIRIDON

ist die große internationale Zeitschrift für den Langstreckenlauf.

Erscheint alle 2 Monate auf französisch und enthält Informationen, die für den Langstreckenläufer und Trainer unumgänglich sind.

Jahresabonnement
28 Schweizer Franken

SPIRIDON

Box 257, CH - Basel