

BELEGARBEIT

Biomechanische Beschreibung der Weitsprungtechnik und Einsatz des MIVIP-Cube-System zur Bewegungsanalyse

Ort, Datum: Torgelow, 22.2.2000

Student: Jürgen Schwerin

Semester: 7 (WS 1999/2000)

Studienrichtung: Magister Sportwissenschaft (Hauptfach),
Erziehungswissenschaft, Psychologie
(Nebenfächer)

Dozent: Prof. Dr. P.Hirtz, Dr.W.Bartels, Dr. L. Nieber

Hauptseminar: Bewegungs- und Trainingswissenschaften



R. Beamon, 8,90m-18.10.68, Mexiko-Stadt

Gliederung:

1.1. Mike Powell löscht die Jahrhundertmarke von Beamon aus

1.2. Der Weitsprung

2. Biomechanische Parameter für die Beschreibung des Weitsprungs

2.1. Mivip-Cube System und Verwendung

2.2.1. Anlaufphase

2.2.1.1. Biomechanische Forderungen

2.2.1.2. Empfohlene Gestaltung

2.2.1.3. Spitze

2.2.1.4. HS-Teilnehmer

2.2.2. Absprungphase

2.2.2.1. Biomechanische Forderungen

2.2.2.2. Empfohlene Gestaltung im Vergleich mit den HS-Teilnehmer

2.2.3. Flugphase

2.2.3.1. Biomechanische Forderungen

2.2.3.2. Empfohlen Gestaltung

2.2.3.3. Spitze

2.2.3.4. HS-Teilnehmer

2.2.4. Landephase

2.2.4.1. Biomechanische Forderungen

2.2.4.2. Empfohlene Gestaltung

2.2.4.3. HS-Teilnehmer

3.1. Anwendungsgebiete

3.2. Konsequenzen für das Training

3.2.1. Anlauf

3.2.2. Absprung

3.2.3. Flug

3.2.4. Landung

1.1. Mike Powell löscht die Jahrhundertmarke von Beamon aus

Wir schreiben das Jahr 1968. In Mexiko City finden die Olympischen Sommerspiele statt. Im Weitsprung, einer leichtathletischen Disziplin, sorgt ein Amerikaner namens Bob Beamon für den „Jahrhundertsprung“. Mit 8,90m markierte er nicht nur die Siegerweite, sondern auch einen neuen Fabelweltrekord. Erst nach 23 Jahren sollte es seinem Landsmann Mike Powell gelingen, diese Weite zu übertreffen. Während der Weltmeisterschaft in Tokio im Jahr 1991 sprang Mike Powell nach einem spannenden Duell mit dem erfolgreichsten Olympioniken der Neuzeit, Carl Lewis, 8,95m weit und ist seitdem Weltrekordler im Männerweitsprung. Der Welt- und Europarekord bei den Frauen wird von Galina Tschistjakowa (UDSSR) mit 7,52m gehalten. Aufgestellt hat sie die noch immer gültige Bestmarke 1988 in Leningrad. Europarekordinhaber ist Robert Emmijan, der 1987 in Zachkadzor 8,86m sprang. Die deutschen Rekorde wurden von Lutz Dombrowski (8,54m) 1980 in Moskau und von Heike Drechsler (7,48m) 1988 in Neubrandenburg aufgestellt. Auch die nationalen Schülerbestleistungen der Altersklasse 15 sind beachtenswert (7,28m bei den jungen und 6,28m bei den Mädchen).

Wie kommen nun solche- für den Laien kaum vorstellbare- Weiten zustande? Liegt es an den Bewegungen, die die Sportler in der Luft machen oder sind die Anlaufgeschwindigkeit, der Absprung oder die Landung die Hauptgründe dafür?

1.2. Der Weitsprung

Im Programm der antiken Olympischen Spiele wurde am zweiten Tag im Rahmen des Fünfkampfes (Pentathlon) ein „Weitsprung aus dem Stand in Form eines Fünfsprungs“ (14, 112) absolviert. Die Griechen sprangen im Altertum vom „Bater“ (7, 97) ab, einer Art Schwelle. Allerdings wurden auch „Sprunggewichte (Halbter) ... zwischen zweieinhalb und zehn Pfund“ (7, 97) zur Unterstützung genommen. Seit 1886 springen die Sportler nun vom Balken ab, und in den 114 Jahren wurde das 20-cm-Brett so manchem Favoriten zum Verhängnis, wie z.B. George Brown (USA), der im Jahre 1952 in Stockholm nach drei übergetretenen Sprüngen fassungslos aus der Grube getragen werden mußte. Auch bei den jüngsten Weltmeisterschaften in

Sevilla 1999 sorgte eine umstrittene Kampfrichterentscheidung in der Medaillenvergabe der Frauenkonkurrenz für Aufsehen.

Und wenn der Sprung noch so weit ist, ein übergetretener Versuch wird nicht gemessen, geht nicht in die Wertung. Übrigens ist der Weitsprung neben seiner Existenz als Einzeldisziplin immer noch ein Bestandteil der heutigen Mehrkämpfe, wie dem Zehn- bzw. Siebenkampf.

Ob in der Antike oder heute- immer war es das Ziel, möglichst weit zu springen. In den Abschnitten Anlauf, Absprung, Flug und Landung versucht der Springer dieses Vorhaben optimal vorzubereiten und umzusetzen.

Während SCHMOLINSKY (1980) den Weitsprung noch in zwei Hauptabschnitte („a) den Anlauf mit Absprung b) den Flug mit der abschließenden Landung“ (4, 230f) unterteilt, aber dennoch auf Anlauf, Absprung, Flug und Landung separat eingeht, sprechen viele Autoren der letzten dreißig Jahre, wie z.B. JONATH u.a. (1995), von der Gliederung in die vier einzelnen Phasen Anlauf, Absprung, Flug, Landung. Erst beim Techniktraining nutzen JONATH u.a. (1995) auch die Termini: „Schwerpunkt: Anlauf- Absprung-Komplex“ und „Schwerpunkt Flugphase /Lande Vorbereitung/ Landung“ (7, 160 f) zum Zwecke der Zweiteilung.

Schmolinski begründet seine Zweiteilung biomechanisch: „Die Flugkurve des KSP kann nach Verlassen des Bodens nicht mehr beeinflusst werden. Im Flug hat der Springer nur dafür zu sorgen, daß er das Gleichgewicht hält und die Landung optimal vorbereitet.“ (4, 230)

Bei der folgenden technischen und biomechanischen Beschreibung des Weitsprungs werden die vier Phasen separat behandelt. Auf die detailliertere Differenzierung soll ebenfalls eingegangen werden.

Sprungabschnitte	Sprungphasen
Anlauf	1. Beschleunigungsphase 2. Absprungvorbereitende Phase
Absprung	1. Phase der Absprungbeugung 2. Phase der Absprungstreckung
Flug	1. Symmetrische Flugbahnphase 2. Landeanflugphase
Landung	1. Phase der Landepositionierung 2. Phase der Landedurchführung

Abb.1 (10, 5)

Den diversen Phasen werden verschiedene Funktionen und Merkmale sowie biomechanische Forderungen zugeschrieben. Daraus ergeben sich

trainingspraktische Konsequenzen, die auch Berücksichtigung in dieser Arbeit finden sollen.

2. Biomechanische Parameter für die Beschreibung des Weitsprungs

Die Sprungweite setzt sich zusammen aus der Einheit von konditionellen, koordinativ- technischen und biomechanischen Einflußgrößen. Zu den konditionellen Faktoren zählen unter anderem die Mobilität und Stabilität von Hüfte und Rumpf, die reaktive Sprungkraft und die Grundschnelligkeit. Die Anlauferteilung, die Absprungvorbereitung, der Absprung, die Flug- und Landevorbereitung sowie die Landung werden den koordinativ- technischen Einflußgrößen zugeordnet. Die biomechanischen Faktoren sind die Körperschwerpunkts (KSP)- Abfluggeschwindigkeit, der KSP- Abflugwinkel und die KSP- Abflughöhe. (vgl. 9, 132) Letztere sollen in dieser Arbeit näher beleuchtet werden.

Beim Blick in diverse Fachliteratur fällt auf, dass von den Autoren nicht nur die drei eben aufgeführten Faktoren, die die Flugkurve des KSP ergeben und damit „ die maximale Sprungweite “ bestimmen (4 , 230), beleuchtet werden. So sind im Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik Verbandes- im biomechanischen Modell nach HAY (1978) zusätzlich die Sprungweite mit ihren Teilweiten (Absprungpositions-, Flug- und Landeweite) berücksichtigt, die KSP- Abfluggeschwindigkeit unbeachtet geblieben (Abb. vgl. 9, 128).

In einer anderen Abbildung sind Parameter wie Anlaufgeschwindigkeit, Aufsetzwinkel des Sprungbeines, Amortisationswinkel im Kniegelenk, Winkel der Kraftwirkung von der Druckkraft des Körpers auf den Balken, die Absprungdauer, der Absprungwinkel, die Flugweite, die horizontale Anlaufgeschwindigkeit, die Bewegungsumkehr im Absprung, das Stützende beim Absprung und die größtmögliche Flugweite aufgeführt. (Abb. vgl. 9, 133)

JONATH u.a.(1995), QUADE /SAHRE (1989), sowie WILLIMCZIK (1989) greifen auf ein sehr umfassendes Modell der biomechanischen Beschreibung vom Weitsprung zurück, das von BALLREICH /BRÜGGEMANN (1986) (**Anlage 3- 3, 28**).



Abb. 2 (BALLREICH /BRÜGGEMANN 1986, 28)

In ihm werden neben den Faktoren der anderen beiden Abbildungen auch noch die vertikale Abfluggeschwindigkeit, die Landehöhe, die Landeanflughöhe, die Höhendifferenz des KSP während des Landeanflugs, die Absprunggeschwindigkeit und die horizontale Geschwindigkeitsabnahme aufgeführt.

Abbildungen, die beispielsweise den Kraftvektor beim Absprung (3, 34) oder die Landung (3, 43) zum Gegenstand haben, finden sich bei BALLREICH / KUHLOW (1986) und werden von WILLIMCZIK (1989) mit herangezogen. Beim Landungs-Modell sind zusätzlich die Kniegelenkwinkel, der Hüft-, Sprung- sowie der Kniegelenkpunkt, anthropometrische Merkmale wie Ober- und Unterschenkellänge , aber auch der Landepositionswinkel als Einflußgrößen dargestellt.

Faktoren wie Luftwiderstand und Windgeschwindigkeit sollen hier mal außen vor gelassen werden, obwohl sie natürlich einen nicht zu unterschätzenden Einfluß u.a. auf die Anlaufgeschwindigkeit haben. Optimal waren die äußeren Bedingungen bei dem Jahrhundert sprung von Bob Beamon in Mexiko 1968: „Höhenlage (2200m) ..., die nach Abschätzungen einen Vorteil von 15 bis 20 cm ergeben, der

hauptsächlich aus dem verringerten Luftwiderstand für die Anlaufgeschwindigkeit resultiert (darüber hinaus wurde Rückenwind von 2,0 m/s gemessen“ (6, 79)

Im Rahmen eines Experiments im Hauptseminar Bewegungs- und Trainingswissenschaften wurde von den hier aufgeführten einige Parameter sowie zusätzliche Parameter gemessen und ausgewertet.

Um biomechanische Kenngrößen zu erfassen, sind verschiedene Verfahren möglich. Das Mivip-Cube-System ist ein solches, das wir nutzten, um die ausgewählten Faktoren zu bestimmen.

2.1. Mivip-Cube System und Verwendung

Das MIVIP-Cube-System ist ab 1995 am Institut für Sportwissenschaft in Greifswald im Einsatz. Es dient der Auswertung von Videobildern, wobei 25 Voll- beziehungsweise 50 Halbbilder pro Sekunde bearbeitet werden können. Im Gegensatz zum dreidimensionalen SIMI-Motion-System ist bei Mivip- Cube nur eine zweidimensionale Auswertung möglich. So können beispielsweise Strecken ausgemessen, Winkel zur Horizontalen und Vertikalen sowie die Schenkel ausgewählt werden. Die Geschwindigkeitsmessung- durch Auszählen der Halbbilder- wäre möglich, ist aber zu aufwendig. Besser geeignet ist dafür das SIMI-Motion-System. Weiterhin können die Körperschwerpunkt (KSP)- Koordinaten erfasst werden.

Um die Meßfehler gering zu halten, sollte ein Mittelwert aus drei Messungen gebildet werden. Den im Weitsprung bedeutenden Abflugwinkel kann durch die Formel berechnet werden: $AW = \arctan (B/C)$ B = vertikale Differenz der KSP-Koordinaten beim Absprung ;KSP Beginn Flug) C = horizontale Differenz (KSP-Absprung; KSP Beginn Flug)

Beim Experimentaufbau (s. Abb.) für das Messen von biomechanischen Größen im Weitsprung im Rahmen des Hauptseminars Bewegungs- und Trainingswissenschaften waren folgende Faktoren zu beachten: Zwei Kameras müssen mit dem Meßquader eingemessen und danach nicht mehr verändert (keine Zoom der Videokamera) werden.

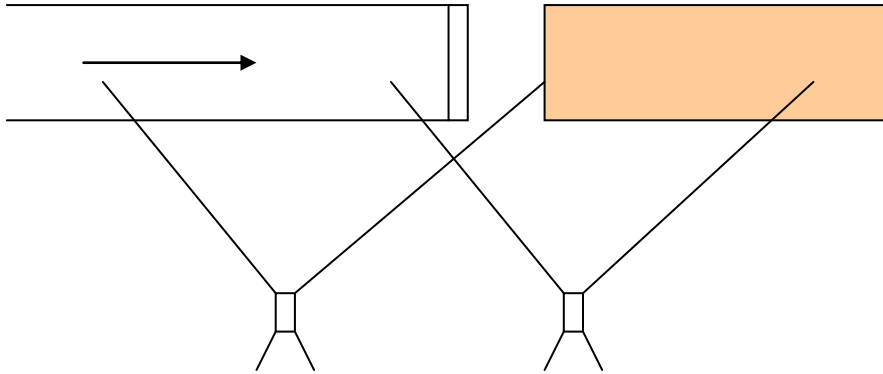


Abb. 3 (Experimentaufbau)

Nachteilig ist der große Bildausschnitt, der notwendig ist, um die relevanten Bewegungsabläufe zu erfassen. Dadurch ist der Weitspringer sehr klein, was einen Verlust der Meßgenauigkeit zur Folge hat. Beispielsweise sind die zu markierenden Punkte wie unter anderem das Hand- und Ellbogengelenk für die KSP-Berechnung nur zu vermuten- dadurch steigt der Meßfehler, trotz dreimaliger Messung und anschließender Mittelwertberechnung erheblich. Da die Anlaufgeschwindigkeit einen wesentlichen Einflußfaktor auf das Ergebnis darstellt, sollte möglichst eine Geschwindigkeitsmessung (z.B. sechs bis einen Meter vor dem Balken) integriert werden. Vergleichswerte gibt unter anderen GUNDLACH (1991) an. Über das Mivip-Cube-System ist dies aber zu aufwendig, daher wäre es besser die 1- oder 3-fache Lichtschranken Messung zu nutzen. Eine einfache Lichtschranke ist im Besitz des IfS. Der Nachteil der einfachen Lichtschranke ist die Auslösung schon durch irgendein Körperteil stattfindet. Bei der dreifachen wird erst gemessen, wenn alle drei Lichtschrankensignale aktiviert wurden.

2.2.1. Anlaufphase

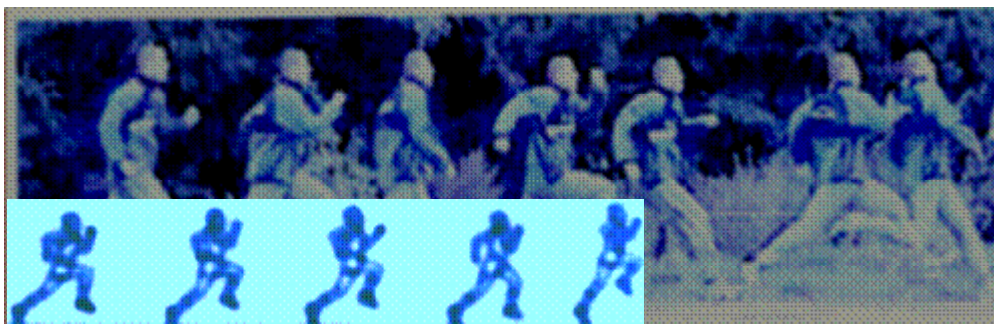




Abb. 4 (JACOBY/FRALEY 1997, 78)

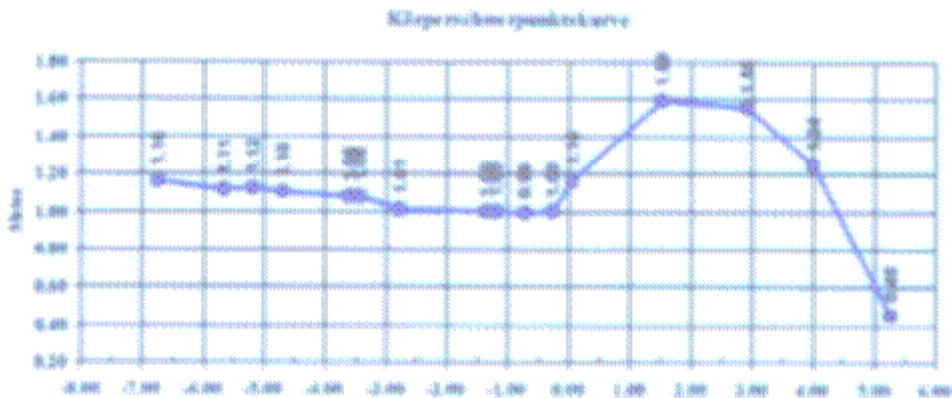


Abb. 0

Der 25 bis 50 Meter lange und Steigerungslauf ähnliche Abschnitt vor dem Absprung wird als Anlauf beschrieben. Der Anlauf kann ferner in zwei weitere Abschnitte differenziert werden. „Beschleunigungsphase“, die vom Anlaufbeginn bis Ende des viertletzten Schrittes dauert und die „Absprungvorbereitende Phase“ (3, 29 ff), die sich vom Ende des viertletzten Schrittes bis zur Balkenberührung erstreckt. Die Beschleunigungsphase dient der Maximierung der horizontalen Anlaufgeschwindigkeit. Die biomechanischen Einflußgrößen sind „1. die Länge der Beschleunigungsphase, 2. die Schrittlängen, 3. Schrittfrequenzen“ (3, 29).

In der absprungvorbereitenden Phase soll durch das Verlängern des vorletzten Schrittes eine Körperschwerpunkt (KSP)- Absenkung erreicht werden, die eine Verlängerung des KSP- Beschleunigungsweges zur Folge hat.

Diese Schrittgestaltung folgt dem Prinzip der „optimalen Gestaltung des Beschleunigungswegs“ . (2,76)

„Die Schrittlängen, die Schwerpunkthöhe der einzelnen Schritte und die Abnahme der Horizontalgeschwindigkeit (Anlaufgeschwindigkeit)“ (3, 31) stellen die Einflußgrößen dar.

2.2.1.1. Biomechanische Forderungen

1. Das Erreichen einer möglichst hohen (horizontalen) Anlaufgeschwindigkeit bei größtmöglicher Anlaufpräzision.
2. Optimale Länge der Beschleunigungsphase bzw. der Gesamtanlauflänge
3. Günstiges individuelles Verhältnis der Einflußgrößen Schrittlängen und Schrittfrequenz
4. Verlängerung des vertikalen Beschleunigungswegs kurz vor dem Absprungbalken (7, 106f)

2.2.1.2. Empfohlene Gestaltung (Abb. 4)

Der kurz-lang-kurz-Rhythmus kann einerseits durch das Messen der Schrittlängen aber auch durch das Erfassen der vertikalen Koordinate des KSP nachgewiesen werden.

„Dabei wird der vorletzte Schritt um ca. 8 % gegenüber dem drittletzten Schritt verlängert, was ungefähr 20 cm ausmacht.“ (2, 170).

Bauersfeld / Schröter (1998) empfehlen eine Zwanzig- Zentimeter-Verlängerung des besagten Schrittes.

„In Verbindung mit der vergrößerten Schrittlänge ergibt sich zum Aufsetzen des letzten Stützes hin ein Absenken von 5 bis 12 Zentimeter. Im letzten Stütz und in der letzten verkürzten Flugphase bleibt der Schwerpunkt im wesentlichen auf dieser abgesenkten Höhe (nur geringe Veränderungen im 2-cm-Bereich)“ (6 , 76)

Nach den Soll- Angaben folgt ein Vergleich mit den Werten von Spitzenspringern aus der ganzen Welt, den Hauptseminarteilnehmern sowie anderen Probanden.

Um die Werte der Studenten auch einordnen zu können, sind folgende Daten von Bedeutung: Axel Schnoor sprang etwa 4,60m weit und wollte wie auch Anne Markus (ca. 4,05m) und Sandra Frank (ca. 3,90m) den Schrittweitsprung demonstrieren. Susanne Ketzenberger kam mit ihrer „Hocktechnik“ auf 4,05 Meter. Den Schwebehangsprung zeigte Doreen Müller. Jürgen Schwerin (jeweils Abb. 0) nutzte den Laufsprung (Hitch-Kick-Technik), um 5,57m weit zu springen.

2.2.1.3. Spitze

Beim 8,28m-Sprung von Marc Boston (USA) war der vorletzte Schritt (2,53m) 13 Zentimeter länger als der letzte (2,40m). (8 , 82)

Sah STAWCZYK im Jahr 1963 noch „ 30 cm Differenz zwischen den Schritten als die obere Grenze “ (11, 67) an, so sind jetzt schon weitaus größere Differenzen anzutreffen.

Carl Lewis (USA) wies bei Messungen bis zu 65 cm Vergrößerungen des vorletzten Schrittes gegenüber dem letzten Schritt auf. Bei Sprüngen von Heike Drechsler wurden 35 bis 45cm- Verlängerungen festgestellt. (6 , 76)

Bei Konstantin Krause, dem derzeitigen besten deutschen Weitspringer wurden bei einem Wettkampf in Bad Langensalza folgende Schrittgestaltungen beobachtet:

Bei seinem 8,27m-Satz hatte er einen 2,44m-langen vorletzten Schritt und einen 2,10m- langen letzten Schritt. Bei seinem zweitbesten Versuch (8,26m) verhielten sich die letzten beiden Schritte mit 2,54m zu 2,28m. Auch bei den anderen Versuchen ist eine Verlängerung des vorletzten Schrittes erfasst worden. Trotz dieser Stabilität variiert die Schrittlänge und Schrittverlängerung in einem gewissen Maße.

Bob Beamon (USA) hatte bei seinem Weltrekordsprung in Mexiko vom 18.10.1968 beispielsweise folgendes Schrittlängenverhältnis: Der letzte Schritt war mit „2,60m“ (6, 79) sogar zwanzig Zentimeter länger als sein vorletzter Schritt. Wäre er also noch weiter gesprungen, wenn er die geforderte Schrittgestaltung realisiert hätte, da das übermäßige Stemmen eine stärkere Verringerung der Horizontalgeschwindigkeit zur Folge hat? DICKWACH /GUNDLACH (1991) werteten den „Jahrhundertsprung“ auch hinsichtlich seiner Schrittlängengestaltung aus, wobei das eingeschränkte Filmmaterial (nur abschätzbare Raumkoordinaten) Berücksichtigung fand. „Einen verlängerten letzten Anlaufschritt in Verbindung mit einem weitausschwingenden Aufsetzen des Sprungbeins“ (6 , 79) sowie die auffällig „hohe Führung von Knie und Fuß und das damit verbundene Aufsetzen von oben“ (6 , 79) werden „von Gundlach als zufallsbedingt aufgetretene Variante mit optimaler technischer Lösung eingeschätzt“ (6 , 86) Weiterhin heißt es zu der oben aufgeführten Vermutung:

„Detaillierte Einschätzungen zu einer eventuell stärker ausgeprägten Stemmphase durch das weite Vorstellen des Sprungbeines sind bei der geringen Kamerafrequenz und der aufgetretenen Kampfrichterdeckung im Absprung nicht möglich“.(6 , 86)
 „Hinsichtlich der Schrittgestaltung liegt sprungweitenunabhängig ein Trend zur Verlängerung des zweitletzten gegenüber dem drittletzten und letzten Schritt vor. (, 31) Diese Tendenz macht KOLLATH (1980) bei einer Zusammenstellung von verschiedenen Autoren deutlich. (**Abb. 5**)

Autor	durchschnittliche Weite	drittletzter Schritt	zweitletzter Schritt	letzter Schritt
Djatschkow	6,80 m	1,94 m	2,12 m	1,96 m
Belberow	6,95 m	2,05 m	2,35 m	2,00 m
Hay	7,86 m	2,20 m	2,45 m	2,12 m
Nigg	7,70 m	2,18 m	2,42 m	2,18 m
Carter	7,14 m	2,05 m	2,18 m	2,00 m

Tab. 2: Länge der letzten Anlaufschritte nach verschiedenen Autoren, bezogen auf die durchschnittliche Weite (nach BALLREICH/BRÜGGEMANN 1986)

Abb. 5 (KOLLATH 1980 in BALLREICH/BRÜGGEMANN 1986, 31)

NIXDORF/ BRÜGGEMANN (1982) unterschieden nach Nachwuchsspringern, Mehrkämpfern und Spezialisten hinsichtlich der Absenkung des KSP beim Anlauf in Prozent der individuellen KSP- Höhe.

Die KSP- Absenkung bei Spezialisten wird vom Ende des vorletzten Schrittes (7 %) über das Ende der Stützphase des letzten Schrittes (8%) bis zum Beginn des Absprungstütz (10%) höher. Bei Nachwuchsspringern und Mehrkämpfern ist der letzte Wert (N., M.: 7%) auch höher als der erste (N.,M.: 5%) , nur die Zwischenwerte sind nicht größer (N.: 5%, M.:4%) als die ersten Werte.

2.2.1.4. HS-Teilnehmer

Von sechs Studenten hatten nur Sandra (1,85m-1,99m-1,97m), Doreen (1,95m-2,11m-2,05m) und Jürgen Schwerin (1,61m-1,84m-1,71m) den geforderten kurz-lang-kurz-Rhythmus aufzuweisen. Die Differenz bei Jürgen Schwerin von 13 Zentimetern ist eine etwa 8 %-ige Verlängerung gegenüber dem letzten (13,68 cm) bzw. drittletzten (12,88 cm) Schritt und entspricht also der Forderung von Willimczik, allerdings nicht den Angaben anderer Autoren. Sicherlich sind die Werte für Spitzensportler aussagefähiger. Die Schrittverlängerung, die in Prozent angegeben ist, kann auch für Nichtspezialisten Anwendung finden.

Bei Axel war der letzte sowie bei Susanne und Anne der drittletzte Schritt am größten. Interessant ist hier vielleicht der Blick auf die Erkenntnisse der Dissertation von HIRTZ (1967). Er stellte nämlich fest: „ Im Gegensatz zu dem von Wissenschaftlern und Praktikern als richtig erkannten Anlaufrhythmus beim Weitsprung (Verkürzung des letzten Schrittes) verlängern die Schülerinnen und Schüler der Klassen 1 bis 9 im Durchschnitt die letzten Schritte vor dem Absprung. Eine Ausnahme stellen die Unterstufenschüler dar, bei denen der richtige Anlaufrhythmus wesentlich häufiger vorkommt als bei älteren Schülern.“ (11, 77) Die Vermutung liegt nahe, dass mit zunehmendem Alter die Verkürzung des letzten Schrittes bzw. der Kurz-lang-kurz-Rhythmus tendenziell seltener ausgeführt wird. Nur drei von sechs Sportstudenten weisen den geforderten Rhythmus aus. Die KSP- Absenkung wurde bei allen Studenten und Studentinnen gemessen- die Ergebnisse lagen allerdings nicht immer in dem geforderten Umfang. Bei Jürgen Schwerin war eine Differenz von sieben Zentimetern festzustellen (1,08m (drittletzter) zu 1,01m (vorletzter), die im Bereich der veranschlagten 5 bis 12 Zentimetern lagen.

2.2.2 Absprungphase

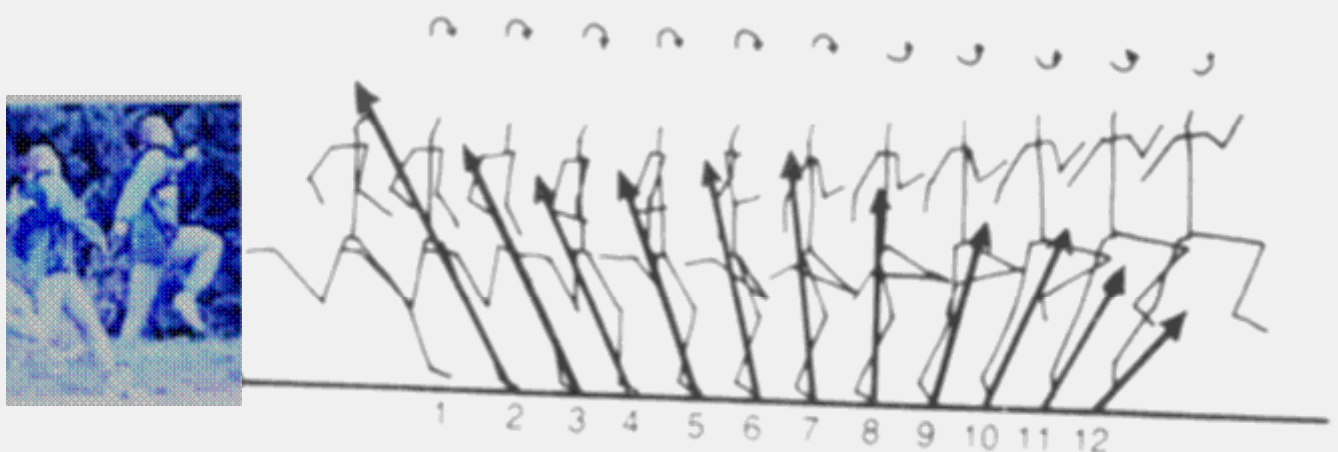


Abb. 3.9 Lage des Absprungkraftvektors beim Weitsprung

Vom Aufsetzen bis zum Abdruck des Sprungbeines dauert diese Phase. Durch die Bewegung des Sprungbeines wird in zwei Abschnitte unterschieden: Die „Absprungbeugung (Amortisation) und Absprungstreckung“ (3, 32) definieren den jeweiligen Part. In diesen Abschnitten ist das „Erzeugen einer möglichst hohen Vertikalkraft ohne den Verlust horizontaler Schnelligkeit“ (8, 83) Ausdruck einer effektiven Gestaltung. International wird in vier Absprungvarianten unterschieden: 1. Kick-Technik (für Hitch-Kick-Technik), 2. Doppelarm-Technik (für Hangsprung) 3. Sprintabsprung (populärste, bes. bei Hitch-Kick-Technik.) und 4. Power-Sprint- oder Bounding-Absprung (beste für Hitch-kick und Hang-Technik) (8, 85 f)

Beim Absprung besteht die letzte Möglichkeit der Beeinflussung der symmetrischen Flugbahnkurve, die den physikalischen Gesetzen des schiefen Wurfs unterliegt. „In der kurzen Bodenkontaktzeit (0,10 bis 0,13 Sek.) beeinflusst der Springer durch den vertikalen Kraftstoß des 4- bis 6-fachen Körpergewichts die vertikale Abfluggeschwindigkeit.

Durch den einbeinigen Absprung wirken translatorische und rotatorische Kräfte, die zu seitlichen Impuls bzw. Rotation um die Breitenachse führen.“ (7, 104) Die Flugbewegungen dienen daher der Gleichgewichtserhaltung und Landevorbereitung, beeinflussen aber nicht mehr die KSP-Flugbahn!

Der Absprung kann „sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung in einen Bremsabschnitt und in einen Beschleunigungsabschnitt untergliedert werden.“ (3, 33f) Die Absprungdauer und – kraft sowie das im Uhrzeigersinn gerichtete Drehmoment gehören zu den biomechanischen Einflußgrößen. (Abb. 5)

„Die Bewertung, ob die horizontale oder die vertikale Abfluggeschwindigkeit mehr Einfluß auf die weite hat, ist uneinheitlich, allerdings läßt sich bei Sprüngen bis 7 m die vertikale Abfluggeschwindigkeit besser steigern als bei Sprüngen über 7 m. „ (7, 104)

2.2.2.1. Biomechanische Forderungen

1. möglichst geringe Reduzierung der Horizontalgeschwindigkeit in der Amortisationsphase
2. Erreichen einer möglichst hohen Abfluggeschwindigkeit beim Abdruck vom Balken
3. Erreichen eines optimalen Abflugwinkels (7, 106f)

Die Ausnutzung der Anlaufgeschwindigkeit für den Absprung und das Erzeugen der vertikalen Komponente des Absprungimpulses gehören zu den Funktionen in diesem Abschnitt.

2.2.2.2. Empfohlene Gestaltung(Abb. 6)

Da zu den erfassten biomechanischen Soll- Daten keine Werte von Spitzenathleten vorlagen, folgt aus Gründen der Übersichtlichkeit der Vergleich zu meinen Werten sofort.

Der Kniewinkel im Schwungbein soll beim Absprung nach GUNDLACH (1991, 78) 60° bis 25° betragen. Bei Jürgen ist der Kniewinkel des Schwungbeines mit $49,1^\circ$. Die Abflughöhe soll nach WILLIMCZIK (1989) 1,20m betragen. Diese Komponente ist aber stark konstitutionell beeinflusst. Auch die Abflughöhe des KSP (1,16m) weicht nur etwas ab.

Der Hüftwinkel des Schwungbeines sollte etwa 170° (vgl. BAUERSFELD/ SCHRÖTER (1998)) betragen. Der Mittelwert von J. lautet $173,5^\circ$ und befindet sich im Toleranzbereich.

Der Winkel des Sprungbeinunterschenkels zur Horizontalen soll etwa 120° (vgl. BAUERSFELD/ SCHRÖTER (1998)) groß sein. Mit $19,6^\circ$ ($100,4^\circ$) ist die Abweichung bei J. schon deutlich. Die Folge ist ein zu starker vertikaler Impuls (Stemmen), d.h. eine Reduzierung der Horizontalgeschwindigkeit und negative Beeinflussung der KSP- Flugkurve. Die Trainingspraktischen Hinweise „zu 1.“ müßten in Zukunft mehr Berücksichtigung finden.

Der Winkel zwischen dem Oberkörper und der Horizontalen soll 90° (vgl. BAUERSFELD/ SCHRÖTER (1998)) und GUNDLACH/ DICKWACH 1991) sein- die $87,3^\circ$ stellen eine zulässige Abweichung von $2,7^\circ$ dar.

Bei HIRTZ (1967) wird dieser Winkel auch als Absprungwinkel bezeichnet: „Der , Absprungwinkel´ soll Auskunft über die Rumpfhaltung während des Absprungs geben. ... Der Winkel gibt den Grad der Neigung des Oberkörpers zur Horizontalen an“ (11, 79) Bei den Schülerinnen ($86,8^\circ$) und den Schülern ($88,1^\circ$) der 1. bis 9. Klassen wiesen die Mittelwerte nur geringe unwesentliche Unterschiede zu den damals 17 weltbesten Springern ($87,5^\circ$) und zehn weltbesten Springerinnen ($85,8^\circ$) auf. (11, 83 + 96)

Gering ($2,5^\circ$) fällt auch die Abweichung beim Kniewinkel des Sprungbeines 175° ((Bauersfeld /Schröter 1998) aus.

Das Schwungbein soll bis zur „waagerechten Position“ $=90^\circ$ (6 , 78) gebracht werden. Auch hier ist eine Verschiebung um $3,5^\circ$ bei J. nach oben vertretbar.

Die Amortisationsphase, die einen „Winkel von $145-150^\circ$ im Kniegelenk“ (5 , 228) haben soll, wurde im HS nicht gemessen

Der „gebeugte Schwungbeineinsatz bis zur Waagerechten (90°)“ (5 , 228) ist nicht gemessen worden , aber sichtbar erfüllt. (**Abb. 0**) „Der Armeinsatz bis in Augenhöhe“ (5 , 228) ist bei J. nur bis Kinnhöhe erfolgt. (**Abb. 0**)

2.2.3. Flugphase

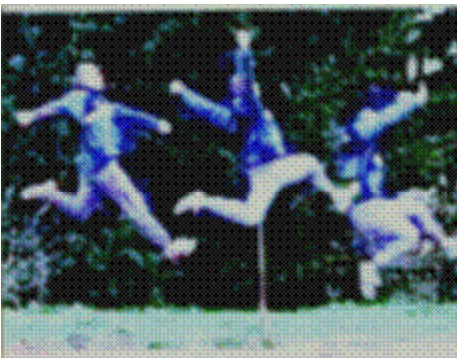


Abb. 0

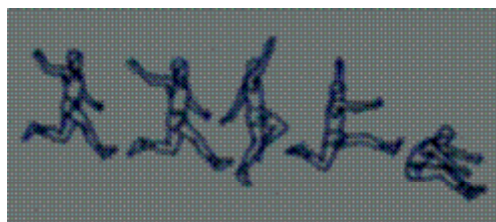


Abb. 7 (JACOBY/FRALEY 1997, 91)

Bei der Flugphase sind verschiedene Varianten zu unterscheiden. Der Schrittweitsprung wird im Grundlagentraining und in der Schule gelehrt. Die

Laufsprungtechnik ist die derzeit dominierende Variante im Spitzensport. Aber auch im Aufbautraining wird sie von den meisten Jugendlichen ausgeübt. Der Hangsprung wird zwar seltener gesehen, aber dennoch- bis hoch zur Spitze ausgeführt. Die Laufsprungtechnik ist durch das Ausüben von zwei- bzw. dreieinhalb Schritten im Flug gekennzeichnet.

Die Flugphase wird wie die anderen Phasen zweigeteilt, in den symmetrischen Flugbahnabschnitt

Und den Landeanflugabschnitt.

Der Teil vom Abflugzeitpunkt (Lösen des Sprungfußes vom Brett) bis zum Passieren der KSP- Abflughöhe stellt den ersten Teil dar. Die Maximierung der symmetrischen Flugbahnweite ist das Ziel. Bedeutende Einflüsse haben der Betrag der Abfluggeschwindigkeit und der Abflugwinkel oder die horizontale und vertikale Abfluggeschwindigkeit.

Der Landeanflugabschnitt beginnt mit dem Flugbahnpunkt, an dem der KSP unter seine Abflughöhe fällt und endet mit dem ersten Bodenkontakt der Fersen nach dem Flug. Hier steht die Optimierung der Landeanflugweite im Mittelpunkt. Acht biomechanische Größen nehmen hier Einfluß:

1. Betrag der Abfluggeschwindigkeit
2. Abflugwinkel
3. Landeanflughöhe
4. Landehöhe
5. Massenträgheitsmoment des Springers um seine durch den KSP verlaufende Breitenachse im Abflugzeitpunkt (Anfangsträgheitsmoment)
6. Anfangsdrehimpuls
7. Änderung des Massenträgheitsmomentes des Springers um seine durch den KSP verlaufende Breitenachse während des Fluges infolge der Bewegungen von Armen, Beinen und Rumpf
8. Vertikale Verschiebung der Körperteilschwerpunkte von Beinen, Rumpf und Armen während des Fluges (3, 38f)

„Senkt z.B. ein Springer vor der Landung die hochgehobenen Arme nach unten, verschiebt sich der Schwerpunkt der Arme um ca. 0.5 m nach unten, und damit wird der Restkörper um ca. 6 cm angehoben. Durch die verringerte Landehöhe erhöht sich die Landeanflugweite um ca. 0,13m. (3, 40) Der Impulserhaltungssatz „verlangt“ für das Arme-senken ausgleichend ein Anheben der Beine- Prinzip der Gegenwirkung.

2.2.3.1. Biomechanische Forderungen

1. Vermeiden zu starker Vorwärtsrotation
2. Langes Beibehalten der Absprungposition nach dem Absprung
3. Ausgleich von zu starker Vorwärtsrotation
4. Erreichen einer optimalen Landeflughaltung mit möglichst großem Landegewinn (7, 106f)

2.2.3.2. Empfohlene Gestaltung (Abb. 7)

Der Abflugwinkel, der wie oben beschrieben durch die vertikalen und horizontalen Koordinaten der KSP berechnet wird, ist in der Literatur mit unterschiedlichen Toleranzbereichen angegeben. Nur bei der oberen Grenze sind sich die Autoren mit 24° einig.

BAUERSFELD/ SCHRÖTER (1998) beschreiben den unteren Grenzwert mit 17°, GUNDLACH /DICKWACH (1991) mit 21° und SCHMOLINSKY (1980) mit 19°.

Der Winkel zwischen Oberkörper und der Horizontalen sollte 90° bis maximal 95° (vgl. BAUERSFELD/ SCHRÖTER (1998)) betragen.

Eine „leichte Oberkörperrücklage (etwa 5°), im zweiten Teil des Fluges das Vorhochbringen der Beine bis zur Waagerechten (90°) mit ausgleichendem

Abbeugen des Rumpfes (Kopf in Kniehöhe und die Arme nach unten-hinten“ (5, 229) werden verlangt.

2.2.3.3. Spitze

Bei GUNDLACH /DICKWACH (1991) sind verschiedene Abflugwinkel der Spitzenathleten angegeben: Bob Beamon (USA) hatte bei seinem 8,89m- Sprung einen Abflugwinkel von 24° , der sicherlich im Stemmen durch die Verlängerung des letzten Schrittes begründet ist.

Der amtierende Europarekordler (8,86m) Robert Emmijan (UDSSR) hatte sogar $24,9^\circ$ bei einem seiner Sprünge aufzuweisen.

Bei Carl Lewis (USA) wurden einmal $17,7^\circ$ gemessen. JACOBY/FRALEY (1997) gaben wiederum einen anderen Sprung vom erfolgreichsten Olympioniken der Neuzeit (neun Goldmedaillen) mit $16,5^\circ$ an.

Der maximale KSP-Höhe bei Bob Beamon´s Jahrhundert sprung betrug 1,97m im Vergleich „zu den übrigen Teilnehmern mit werten von 1,80m bis 1,90m...“ (6 ,79)

2.2.3.4. HS-Teilnehmer

Bei den Probanden aus dem Hauptseminar wanken die Abflugwinkel zwischen $11,15^\circ$ (Axel Schnoor) und $16,7^\circ$ (Susanne Ketzenberger). J.´s Abflugwinkel beträgt $16,5^\circ$ und ist nicht zu niedrig, wie es vielleicht den Anschein haben mag, denn: „ bei Sprüngen über 7 m scheint das Optimum bei ca. 20° zu liegen.“ (3, 32)

Die Oberkörperrücklage bei J. ist mit bis zu 117° entschieden zu stark.

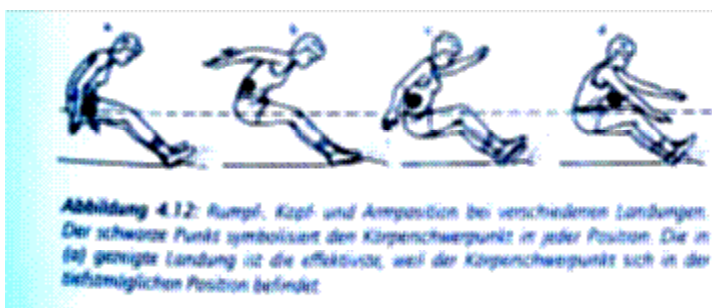
HIRTZ (1967) stellte bei seiner Studie heraus, dass dieser von ihm als „Flugwinkel“ (11, 79) bezeichnete „bei den Jungen der Klassen 1 bis 9 durchschnittlich 72° , bei den Mädchen 73° “ (11,97) beträgt. „Die Schüler haben in dieser Phase bereits mit dem ‚ Zusammenklappen ´ begonnen. Die weltbesten Weitspringerinnen und Weitspringer schließen in dieser Phase gerade die Rumpfstreckung ab und leiten die Landebewegungen ein. In fast allen Fällen ist ihr Oberkörper zu diesem Zeitpunkt stark zurückgeneigt.“ (11, 97)

Das Vorhochbringen der Beine bis zur Waagerechten wird im zweiten Teil der Flugphase verlangt. Als „Landewinkel, der Auskunft über das Anheben der Beine unmittelbar vor der Landung geben soll“ bezeichnete HIRTZ (1967) „...den Winkel zwischen Oberschenkel und der Vertikalen“ (11,79). Bei den Schülern (72°) und Schülerinnen (68°) wurden durchschnittlich unzureichendes Anheben der Beine beobachtet, obwohl „der Einfluß des ‚Landewinkels‘ auf die Weitsprungleistung ... groß“ (11, 105) ist.

Dieser Landewinkel könnte mit dem Winkel des Oberschenkels zur Horizontalen verglichen werden. Allerdings müßten 90 ° subtrahiert werden, um einen Vergleich mit dem Landewinkel zu erhalten. Bei J. würde dieser Winkel dann 62,4° betragen und müßte schwächer als die Mittelwerte der Schüler eingeschätzt werden.

Auch das Schwungbein ist nicht bis zur Waagerechten hochgeführt, sondern weist eine Abweichung von 28,4 ° auf. Das geforderte Abbeugen im Rumpf wird unzureichend ausgeführt. Ursache ist unter anderem das fehlende nach „hinten-unten-führen“ der Arme. Demzufolge kann der Kopf auch nicht in Kniehöhe gebracht werden. Die Landung wird also mangelhaft vorbereitet und der Landegewinn reduziert.

Die maximale KSP-Höhe wurde bei Axel mit 1,28m, bei Susanne mit 1,20m, bei Anne mit 1,16m, bei Sandra mit 1,04m, bei Doreen mit 1,36m und bei Jürgen mit 1,59m gemessen.



2.2.4. Landephase

Abb. 8 (JACOBY/FRALEY 1997, 91)

Ein weites Vorsetzen der Füße auf gleicher Höhe und weiches Nachgeben in den Kniegelenken sind Merkmale der gesamten Landung.

Hier sind zwei Landungsvarianten zu beobachten. Bei der einen Möglichkeit schiebt sich der Springer nach vorne über die Landesteile. Bei der anderen ist das Aufsetzen mit dem Gesäß kurz nach der Landestelle – oft verbunden mit einem seitwärts-drehen des Oberkörpers charakteristisch.

Auch die Landung differenziert sich wieder in zwei Abschnitte, der Landepositionierung und der Landedurchführung. Erstere definiert sich durch den ersten Bodenkontakt bei der Landung und wird von der Landehöhe, Beinlänge, dem Landepositionswinkel und dem Kniegelenkwinkel beeinflusst.

Die Phase der Landedurchführung beginnt mit dem ersten Bodenkontakt und endet mit der Absicherung des hinteren Landepositionseindrucks. Ziel ist die Absicherung der Landepositionsweite.

Die

1. „zeitlich veränderliche Bodenreaktionskraft während der Landedurchführung
2. die Dauer der Wirkung dieser,
3. das zeitlich veränderliche Massenträgheitsmoment des Springers um eine durch den Auflagepunkt der Fersen verlaufende Querachse
4. der zeitlich veränderliche Abstand des KSP von der Wirkungslinie der Bodenreaktionskraft und der
5. Landedrehimpuls“ (3, 44)

sind die biomechanischen Einflußgrößen.

2.2.4.1. Biomechanische Forderungen

1. Verhindern eines Zurückfallens nach Fersen- bzw. Hüftkontakt am Boden (7, 106f)

2.2.4.2. Empfohlene Gestaltung (Abb. 8)

„Nach dem 3. Newtonschen Gesetz können als Gegenwirkung die Beine stärker angehoben werden.“ (, 105)

Eine möglichst hohe Landepositionsweite wird erreicht, „je kleiner der Landepositionswinkel (Winkel Unterschenkel zur Horizontalen), je kleiner die Landehöhe und je größer die Beinlänge und der Kniegelenkwinkel ist“. (2 ,177)

Gegenüber diesen Angaben führt DICKWACH (1991, 79) aus: „Die im Moment der Landung gebeugten Knie verringern den Landeradius und damit die Schwerpunkthöhe. Bei einem gegenwärtig genutzten Kniewinkelbereich von 150 bis 170 Grad sollten Werte unter 150 Grad angestrebt werden.“ BALLREICH (1986, 44) unterstreicht diese Position: Um eine große erreichte Landepositionsweite erfolgreich abzusichern, ist „eine schnelle Änderung des Massenträgheitsmomentes“ nötig, „ indem der Springer beim ersten Bodenkontakt seine Beine im Knie- und Hüftgelenk intensiv beugt, wodurch das Becken erst „nach“ der Landesteile den Boden berührt.“ Ein dritter Autor grenzt den Kniewinkel sogar ein. „Der optimale Winkel zwischen Ober- und Unterschenkel bei der Bodenberührung beträgt etwa 145 – 160°.“ (16, 70) Allerdings ist ein Winkel von 90 ° als unzweckmäßig zu beschreiben, da die Folge „ein verstärktes Drehmoment nach vorne“ (16, 70) ist. Demnach sollte die Aufforderung von Dickwach, „Werte unter 150 Grad“ anzustreben durch eine untere Grenze bereichert werden, wie z.B. die eben aufgezeigten 145°.

Eine möglichst große Differenz zwischen Landeanflughöhe und Landehöhe sowie eine große Landeweite wird durch die „Klappmesserhaltung“ erzielt.

2.2.4.3. HS-Teilnehmer

Der Winkel zwischen dem Oberkörper und der Horizontalen liegt zwischen guten 39,1° (Sandra) und ungünstigen 75,3 ° bei Susanne. Mit 59,7° ist der Winkel bei J. noch zu groß , was durch die Fehler in der Flugphase (fehlendes nach unten-hinten-führen der Arme) begründet ist.

Bei J. beträgt der Kniewinkel $149,1^\circ$ und bewegt sich also in dem geforderten Bereich. Die Beinlänge ist konstitutionell gegeben, also nicht beeinflussbar. Der Landepositionswinkel ist mit $130,8^\circ$ noch zu groß. Die Landehöhe von J. wurde mit 45 Zentimetern gemessen.

Die Differenz zwischen J.'s Landeanflughöhe (1,16m) und der Landehöhe (0,45m) ist mit 71 Zentimetern noch zu optimieren.

Die Landeweite von 2,47m ergab sich aus der Landeanflugweite (1,10m) und der Landepositionsweite (1,37m).

3. Anwendungsgebiete der biomechanischen Analyse im Weitsprung

Die biomechanische Analyse im Weitsprung ist doch sehr umfangreich und somit muß gefragt werden, für wen sie realisierbar und von großer Bedeutung ist? Bei großen Wettkämpfen ab den Jugendklassen (z.B. Deutsche Meisterschaften) finden biomechanische Messungen statt und sind meines Erachtens auch dann erst zweckmäßig. Die Trainingseffizienz kann kontrolliert werden. Im Aufbau- und Hochleistungstraining soll durch biomechanische Messungen geprüft werden, ob wirklich schon alle Parameter optimal ausgenutzt wurden. Für die Schule und das Grundlagentraining muß das Hauptaugenmerk auf die Entwicklung des sportmotorischen Könnens gelegt werden. Allerdings kann der Einsatz einer Videokamera nicht nur den Unterricht / Trainingseinheit auflockern, sondern wird auch wertvolle Hilfe für Übenden und Lehrenden geben. Denn ob das Schwungbein beim Absprung bis zur Waagerechten geführt wird oder nicht, kann man auch mit dem bloßen Auge erkennen und im Training darauf Einfluß nehmen.

3.1. Konsequenzen für das Training

Die biomechanischen Forderungen bilden die Basis für die trainingspraktischen Hinweise. Erweitert wurden sie durch meine praktischen Erfahrungen als Trainer und Aktiver.

3.1.1. Anlauf

- Zu 1. - gezieltes Sprinttraining zur Verbesserung der Beschleunigungsfähigkeit (Übungen des „Sprint- ABC“)
- Steigerungs-, Frequenz- und Druckläufe mit sehr hoher Knieführung
 - Zeit- und Weitenkontrolle der letzten fünf Anlaufschritte
- zu 2. Variieren des Anlaufrhythmus: Anlaufkontrollläufe mit Zwischenmarkenkontrolle durch den Trainer
- zu 3. - Rhythmussprünge, „Sprung-ABC“, Wechsel von Lauf- und Sprungfolgen, z.B. Laufsprünge- Steigerungslauf, Kniehebelauf-Sprint, Hürdenlauf etc.
- zu 4. Rhythmische Schrittgestaltung „kurz-lang-kurz“, auch durch akustische Hilfen und Hürdenlauf (7, 106f)

Außerdem wären Weitsprünge bzw. vorbereitende Sprungformen von erhöhter Absprungstelle von Vorteil, da der Mensch vor einem „Abgrund“ automatisch und unbewußt die bestmögliche Schrittgestaltung nutzt, um so weit wie möglich zu springen.

Weiterhin ist in der Praxis z.B. durch das Überlaufen einer quer gelegten Turnmatte im vorletzten Schritt der kurz-lang-kurz Rhythmus vorzubereiten.

3.1.2. Absprung

- Zu 1. Steigerungsläufe mit betontem „Überlaufen“ des Balkens, kein Stemmen, aktives Balkenfassen und Hopslerlauf mit greifendem Fußaufsatz
- Zu 2. Absprungimitationen aus mittlerem und kurzen Anlauf (Steigesprünge, Laufsprünge) mit betonter Körperstreckung und aktivem Armeinsatz, Hopslerlauf mit „Achselzucken“, reaktives Beinkrafttraining, plyometrische Sprünge, Sprünge von vertieftem Niveau
- Zu 3. Sprungübungen mit Höhen- bzw. Richtungsreglern (7, 106f)

Absprung von einem Kastenoberteil sollen die Absprunggestalt mit Augenmerk auf den Armeinsatz und Schwungbeineinsatz vervollkommen.

3.1.3. Flug

- Zu 1. -Anlaufkontrollläufe mit betont aufrechter Körperhaltung, natürlicher Kopfhaltung und hoher Knieführung
 - Kräftigung zur Stärkung der Bauch- und Hüftmuskulatur
- Zu 2. Sprungübungen mit aktivem Schwungbeineinsatz und Landung in Schrittstellung in der Grube („Telemark- Landung“)
- Zu 3. Ruhige, aber aktive Armführung während der Flugphase, betontes Vorbringen der Hüfte („Hüfte zieht den Springer“)
- Zu 4. Weites „Vorgreifen“ der Füße zur Fersenlandung und verbesserte Armführung nach hinten- unten (7, 106f)

Das Imitieren der Flugbewegungen am Barren (Stütz) oder an den Ringen (Hang) wären weitere Trainingsmittel.

Durch das Abspringen von einem Federsprungbrett bleibt dem Springer mehr Zeit, um die Flugbewegungen zu koordinieren.

3.1.4. Landung

Aktives Vorbringen beider Arme und schnelles Vorschieben des Beckens (Landung seitlich auf den Schultern) (7, 106f)

Ob vom Federsprungbrett oder von einer erhöhten Absprungstelle- bei beiden Erleichterungen soll der Übende auf dem Gesäß landen, um die Beine möglichst weit nach vorne zu bringen.

4. Literaturverzeichnis:

- 1) • Hochmuth: Biomechanik sportlicher Bewegungen. Sportverlag Berlin 1981.
- 2) • Willimczik, K.: Biomechanik der Sportarten. Rowohlt-Verlag. Reinbek. 1989.
- 3) • Ballreich, R. / Kuhlow, A.: Beiträge zur Biomechanik der Sportarten. Band 1
- 4) • Schmolinski, G. : Leichtathletik. Sportverlag Berlin 1980
- 5) • Bauersfeld, K.-H. / Schröter, G.: Grundlagen der Leichtathletik. Sportverlag. Berlin 1998., 228f
- 6) • Dickwach, H., Gundlach, H. (Hrsg.) : Leichtathletik Sprung. Sportverlag Berlin. 1991.
- 7) • Jonath, U. u.a.: Leichtathletik 2. Rowohlt-Verlag. Reinbek. 1995.
- 8) • Jacoby, E. / Fraley, B.: Das große Buch der Sprünge. Meyer & Meyer-Verlag. Aachen 1997.
- 9) • DLV (Hrsg.): Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Sprung. 2. Auflage. Meyer & Meyer-Verlag. Aachen .1993.
- 10) • http://sport.freepage.de/cgi-bin/feets/freepage_ext/41030x030A/rewrite/lks.../weitlehr.htm
- 11) • Hirtz, P.: Untersuchungen zum Abhängigkeitsgefüge des leichtathletischen Weitsprung bei Schulkindern und zur Weitsprungausbildung im Sportunterricht der Unterstufe. Diss. A. E-M-A- Universität Greifswald. 1967.
- 12) • Stawczyk, Z. Der Anlauf beim Weitsprung . Leichtathletik Warschau (1963) Unveröffentlichte Übersetzung

- 13) Nixdorf, E./Brüggemann, G. P.: Zur Absprungvorbereitung beim Weitsprung. In Lehre der Leichtathletik 33 (1982)
- 14) Bedürftig, Friedemann (Hrsg.): Wissen Kompakt. Naumann & Göbel Verlagsgesellschaft mbH. Köln 1991.
- 15) Kollath, E.: Zur Kinetik des Weitsprungs. Dissertation DSHS Köln. 1980.
- 16) Schröter, G. (Hrsg): Leichtathletik: Der Weg zur exzellenten Technik. Sport und Gesundheitsverlag GmbH. Berlin 1992.