

Zeitschrift: Jugend und Sport : Fachzeitschrift für Leibesübungen der Eidgenössischen Turn- und Sportschule Magglingen

Herausgeber: Eidgenössische Turn- und Sportschule Magglingen

Band: 30 (1973)

Heft: 2

Artikel: Messungen im Weitsprung an Weltklassempringern

Autor: Nigg, Benno M.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-994815>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Messungen im Weitsprung an Weltklassespringern

Benno M. Nigg, dipl. Phys. ETH

1. Einleitung

Bei allen sportlichen Wettkämpfen stellt sich immer wieder die Frage nach den leistungsrelevanten Grössen. Diese Problemstellung ist umso akzentuierter, je besser die Leistung messbar ist. Gerade in der Leichtathletik, wo jedes Resultat in Metern oder Sekunden angegeben wird, drängen sich solche Untersuchungen auf.

Es ist allerdings nicht bekannt, welches zum Beispiel diese leistungsrelevanten Grössen im Weitsprung sind. Wohl sind schon einige Untersuchungen über Zusammenhänge solcher Grössen veröffentlicht worden, doch fehlen – soweit wir wissen – Messungen an Weltklassespringern. Und gerade Messungen an solchen Athleten können uns Aufschluss über die oben erwähnten Zusammenhänge geben.

So soll denn diese Untersuchung von Weitsprüngen von Weltklasseathleten einen Beitrag zur Klärung dieses Problemkreises liefern, der für Trainer, Coaches und Athleten Hinweise bezüglich Anlauf- und Sprunggestaltung enthalten kann.

2. Definitionen – Begriffe

Die in der Arbeit verwendeten Begriffe sollen hier festgelegt und teilweise erläutert werden. Dies erscheint uns notwendig, da in der Literatur ^{1, 3, 4, 5} über den Weitsprung keine einheitlichen Begriffe verwendet werden und somit Verwechslungen oder Missverständnisse nicht ausgeschlossen sind.

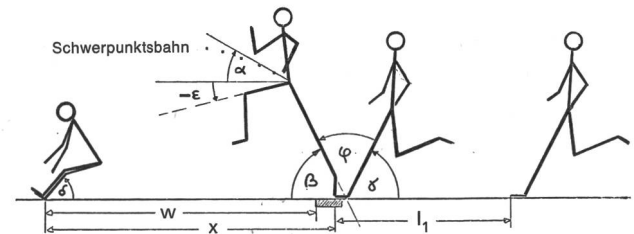


Fig. 1: Kinegramm zur Erläuterung der in der Arbeit verwendeten Begriffe.

Symbol	Name	Definition und Erläuterung
α	Abflugwinkel	Winkel zwischen der Tangente an die Bahn des Körperschwerpunktes und der Horizontalen zur Zeit t''
t''	Abstosszeit	Zeitpunkt des Bodenverlassens
β	Abstosswinkel	Winkel zwischen dem Unterschenkel des Sprungbeines und der Horizontalen zur Zeit t''
v	Anlaufgeschwindigkeit	mittlere horizontale Anlaufgeschwindigkeit gemessen als Mittelwert aus den drei letzten Schritten
γ	Auftreffwinkel	Winkel zwischen dem Unterschenkel des Sprungbeines und der Horizontalen zur Zeit t'
t'	Auftreffzeit	Zeitpunkt der Bodenberührung des Sprungbeines
ϵ	Kniewinkel	Winkel zwischen dem Oberschenkel des Schwungbeines und der Horizontalen zur Zeit t''
T_k	Kontaktzeit	Zeitdauer, während der der Fuss des Sprungbeines den Boden berührt. Es gilt dabei: $T_k = t'' - t'$
δ	Landewinkel	Winkel zwischen den Unterschenkeln und der Horizontalen im Moment der ersten Bodenberührung.
t_i	Schrittdauer	Schrittdauer des i-tletzten Schrittes also $t_2 =$ zweitletzter Schritt
l_i	Schrittlänge	Länge des i-tletzten Schrittes
w	Sprungweite	Sprungresultat, das für den Wettkampf angegeben wurde
x	eff. Sprungweite	effektive Sprungweite
ϑ	Umsetzwinkel	$180^\circ - \beta - \gamma$

Alle Winkel wurden als positiv definite Grössen festgelegt.

3. Messmethode

3.1 Film

Die Filmaufnahmen wurden mit einer 16-mm-Kamera (LOCAM Mod. 51 Brennweite 16 mm, Blende 4) gemacht. Es wurde mit einer Bildfrequenz von 200 B/s gearbeitet. Die Kamera wurde gemäss Fig. 2 aufgestellt.

Die Filmauswertung wurde mit Hilfe eines Filmanalysers (Hitachi NAC Film motion analyser Mod. 16-S) ausgeführt.

3.2 Elektronische Messeinrichtung

Mit Hilfe der Filmanalyse bei der erwähnten Bildfrequenz können zeitliche Grössen auf zirka zwei Bilder, das heisst auf eine Hundertstelssekunde genau bestimmt werden. Für Zeitintervalle verdoppelt sich der mögliche Fehler auf zwei Hundertstelssekunden.

Bei Messgrössen – wie zum Beispiel der Kontaktzeit – die in der Grössenordnung von zehn Hundertstelssekunden liegen, wäre somit mit einem relativen Fehler von 20 Prozent zu

rechnen. Diese Tatsache veranlasste, uns nach einer neuen Messmethode für die Kontaktzeit zu suchen. Nach verschiedenen Vorversuchen und Vergleichsmessungen mit Beschleunigungsgebern und einer Kraftmessplatte entschieden wir uns für eine akustische Kontaktzeitmessung.

Der Moment des Auftreffens t' ist wohldefiniert. Er wird auch dann registriert, wenn der Fuss (bis 10 cm) hinter dem Balken auftrifft. Der Moment des Abstosses t'' ist derjenige Pik der Kurve, nach welchem ein gedämpftes Ausschwingen des Brettes beginnt.

Dieses Signal wurde vorverstärkt und dann telemetrisch zur Bodenstation, die sich bei der Kamera befand, gesendet und dort registriert.

Durch diese Messanordnung wurde erreicht, dass die Messgenauigkeit der Kontaktzeitmessung um einen Faktor 10 verbessert wurde, ohne dass dabei der Wettkampfablauf beeinflusst wurde.

Fig. 2

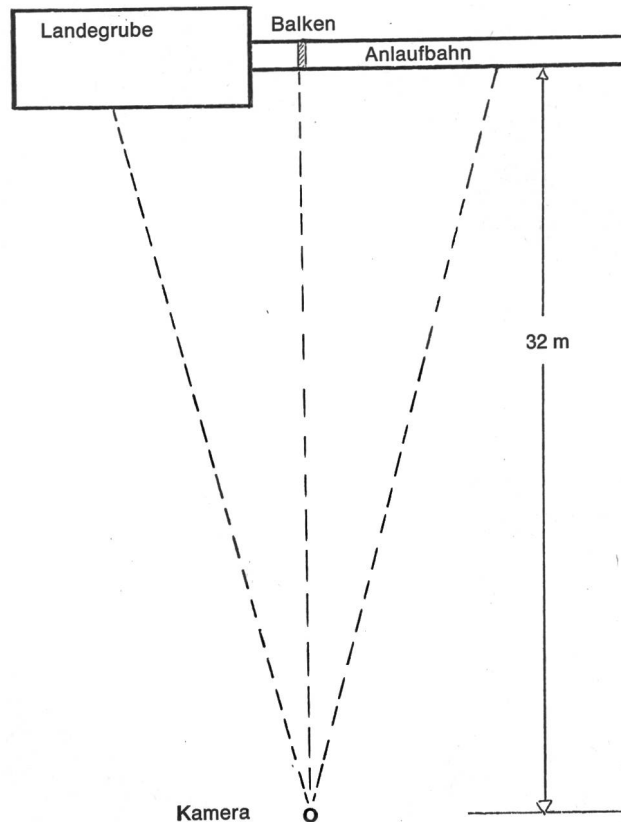
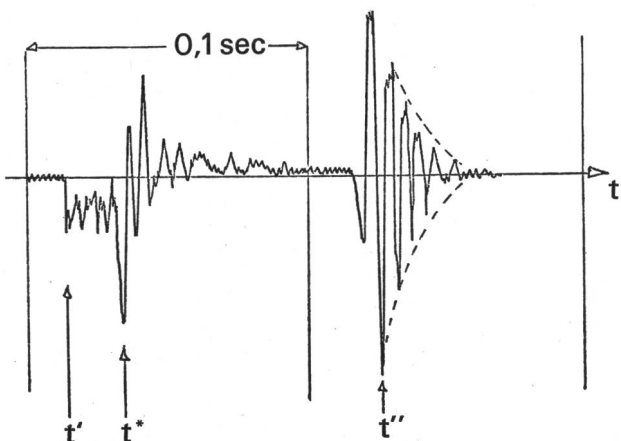


Fig. 3: Zeitlicher Verlauf der akustischen Amplitude, aufgenommen durch ein Mikrophon, das unter dem Balken angebracht war.

t' = Zeitpunkt des Auftreffens der Ferse

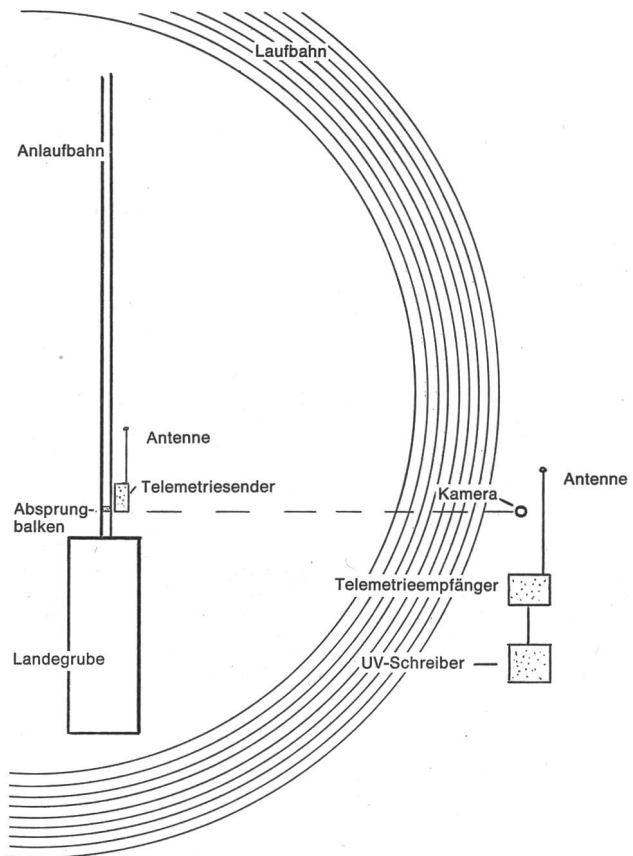
t^* = Zeitpunkt des Auftreffens des Fussballens

Das Auftreffen der Ferse ist vor dem Balken. Darum ist die akustische Amplitude kleiner als beim Auftreffen des Fussballens auf den Balken



3.3 Blockdiagramm

Fig. 4



4. Versuchspersonen

Die Messungen wurden anlässlich des Leichtathletikländerkampfes Schweiz gegen die Bundesrepublik Deutschland vom 12. August 1972 auf dem Letzigrundstadion in Zürich durchgeführt.

Tabelle 1 gibt eine Zusammenstellung der Wettkämpfer und ihrer Bestleistungen 1972 vor diesem Wettkampf sowie des Durchschnittes ihrer sechs besten Wettkampfergebnisse 1972 vor diesem Wettkampf.

Name	Land	Bestleistung 1972 vor dem Wettkampf	Durchschnitt der sechs besten Wettkampfergebnisse 1972 vor dem Wettkampf
Baumgartner	BRD	8,16 m	8,01 m
Schwarz	BRD	8,04 m	7,80 m
Bernhard	Schweiz	7,87 m	7,66 m
Rebmann	Schweiz	7,82 m	7,57 m
Gloerfeld	BRD	7,73 m	
Frutig	Schweiz	7,72 m	7,27 m

Tabelle 1: Zusammenstellung der Wettkämpfer und ihrer Bestleistungen 1972 vor diesem Wettkampf sowie des Durchschnittes ihrer sechs besten Wettkampfergebnisse 1972 vor diesem Wettkampf.

5. Äussere Bedingungen

Es regnete bis kurz vor dem Wettkampf. Die nasse Anlaufbahn (Tartan) und der relativ glitschige Balken hemmten einige Springer, vor allem Rebmann und Gloerfeld, so dass vor allem bei diesen zwei Athleten viele missglückte Versuche registriert werden mussten, die nicht ausgewertet werden konnten. Die Windeinflüsse konnten unberücksichtigt bleiben.

6. Fehler der Messgrößen

Die bei den Resultaten zu berücksichtigenden Fehler sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Messgröße		Messmethode	absoluter Fehler	relativer Fehler
Kontaktzeit	Tk	elektronisch	0,002 sec	2%
Winkel		Film	4 Grad	
Schrittlänge	li	Film	10 cm	5%
eff. Sprungweite x		Film	4 cm	0,5%
Geschwindigkeit v		Film	0,4 m/s	4%
1 ₁ + 1 ₂ + 1 ₃	1 ₁₂₃	Film	10 cm	1,5%

Tabelle 2: Zusammenstellung der relativen und absoluten Fehler der verschiedenen Messgrößen.

7. Resultate

Die wichtigsten Resultate sind in Tabelle 3 zusammengestellt. In dieser Tabelle sind einige der Felder nicht ausgefüllt. Das rührt daher, dass bei einem Teil der Filmaufnahmen die Sicht durch andere Athleten verdeckt war oder dass bei einem Teil der Sprünge der Film gewechselt werden musste. In den nachfolgenden Diagrammen haben wir für die verschiedenen Athleten folgende Zeichen gewählt:

Baumgartner	Δ	— • — • — • — •
Schwarz	○	—————
Bernhard	●	-----
Rebmann	X	=====
Gloerfeld	□	-----
Frutig	+	-----

Tabelle 3: Zusammenstellung der wichtigsten Messresultate

Name	w	x	T _k	v	β	γ	δ	ε	ϑ	1 ₂ : 1 ₁	1 ₂ : 1 ₃	1 ₁ + 1 ₂ + 1 ₃
	(m)	(m)	($\frac{1}{100}$ sec)	(m/s)	(Grad)	(Grad)	(Grad)	(Grad)	(Grad)			(m)
Schwarz	7.98	7.98		10.7	66	72	47	— 5	42	1.17	1.11	6.72
Schwarz	7.94	7.95	8.0	10.3	61	76	45	— 2	43	1.25	1.13	6.44
Schwarz	7.88		9.4									
Baumgartner	7.87	7.89	12.7	10.0	56	60	46	+ 2	64	0.93	1.06	7.00
Gloerfeld	7.86	7.92	11.2	10.0	60	61	44	— 4	59	1.07	1.01	6.79
Baumgartner	7.84	7.84	12.3	10.5	61	66	41	— 2	53	0.94	1.10	6.52
Baumgartner	7.81		12.2									
Schwarz	7.81	7.91	10.4	10.5	64	65	44	— 5.5	51	1.18	1.11	6.57
Baumgartner	7.75	7.80	11.5	10.2	65	64	47	+ 3.5	51	0.99	1.12	6.86
Bernhard	7.57		13.2									
Bernhard	7.56		12.7									
Frutig	7.53	7.69	14.3	9.8	64	69	39	+ 10	47	0.97	1.11	7.53
Rebmann	7.53		13.1				39				0.97	
Bernhard	7.49	7.56	11.4	9.2	72	74	42	+ 1	34	1.38	1.37	7.70
Frutig	7.46	7.48	13.4	9.6	61	70	39	+ 6	49	1.04	1.06	7.37
Bernhard	7.39	7.60	11.5	9.5	61	70	45	+ 6	49	1.36	1.24	7.04
Gloerfeld	7.38		12.3									
Frutig	7.34		13.0									
Rebmann	7.29	7.37	13.3	9.4	62	70	50	+ 8	48	1.27	1.05	7.67
Bernhard	7.24	7.34	12.3	9.4	62	72	50	+ 5	46	1.32	1.21	6.88
Rebmann	7.23		10.7									
Frutig	7.18	7.42		8.6	60	69	40	+ 8	51	1.01	1.11	6.95

8. Diskussion

8.1 Zusammenhang zwischen der Anlaufgeschwindigkeit und der Sprungweite

Der Zusammenhang zwischen der horizontalen Anlaufgeschwindigkeit und der Sprungweite ist in Fig. 5 aufgezeichnet. Die graphische Darstellung zeigt einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Anlaufgeschwindigkeit und Sprungweite. Ähnliche Messungen von anderen Autoren bei schwächeren Springern wiesen ebenfalls auf diese positive lineare Korrelation hin².

Dieser Zusammenhang weist eindeutig den Weg beim Training der zukünftigen Weitspringer. Unbedingte Voraussetzung für ein Weltklasseresultat sind Sprintqualitäten, die Zeiten über 100 m in der Grössenordnung von 10,4 bis 10,6 Sekunden ermöglichen.

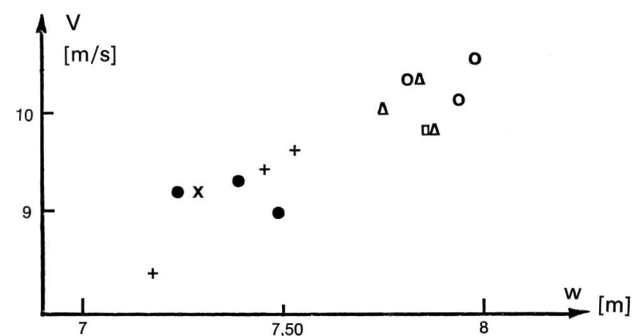


Fig. 5: Zusammenhang zwischen Anlaufgeschwindigkeit und Sprungweite

8.2 Die Kontaktzeit

Es sind uns keine Messungen von Kontaktzeiten bei Wettkampfsprüngen in dieser Genauigkeit bekannt. Es lohnt sich darum, diese Zeiten absolut und im Vergleich mit anderen Grössen genauer anzusehen.

Alle gemessenen Kontaktzeiten bewegen sich mit einer Ausnahme zwischen 0,107 bis 0,143 Sekunden. Die Kontaktzeiten von Schwarz liegen zwischen 0,080 bis 0,104 Sekunden, Werte, die wir noch in keiner Publikation angetroffen haben.

Der Vergleich der elektronischen Resultate der Kontaktzeitmessung mit den entsprechenden Resultaten aus der Filmanalyse gab eine Übereinstimmung innerhalb der Fehlergrenzen.

Es interessiert nun, welche Grössen die Kontaktzeit beeinflussen und ob die Sprungweite von der Kontaktzeit abhängig ist. Die Abhängigkeit der Sprungweite von der Kontaktzeit ist in Fig. 6 aufgezeichnet. Es ist ersichtlich, dass keine Korrelation zwischen diesen beiden Grössen besteht.

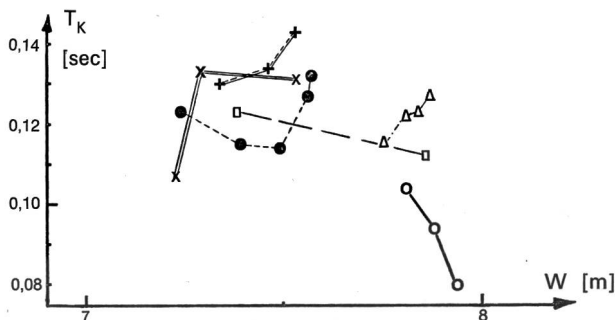


Fig. 6: Zusammenhang zwischen der Kontaktzeit und der Sprungweite

Auch zwischen der Kontaktzeit und der Anlaufgeschwindigkeit scheint kein Zusammenhang zu bestehen (Fig. 7).

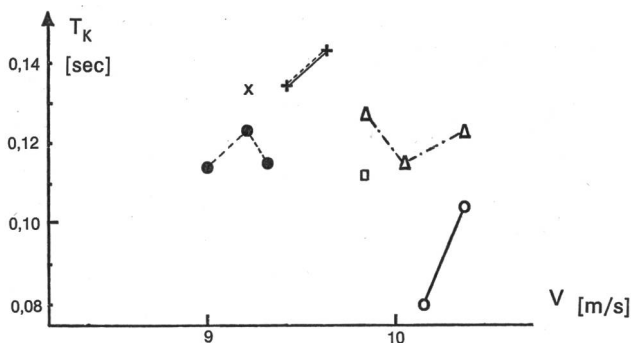


Fig. 7: Zusammenhang zwischen Kontaktzeit und Anlaufgeschwindigkeit

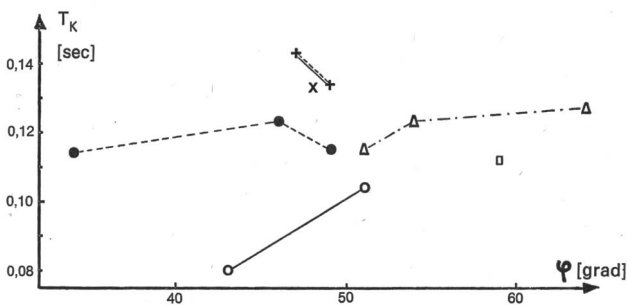


Fig. 8: Zusammenhang zwischen Kontaktzeit und Umsetzwinkel

In Fig. 9 ist der Zusammenhang zwischen dem Kniewinkel und der Kontaktzeit aufgezeichnet. Hier zeichnet sich eine positive Korrelation ab, das heisst je höher das Knie gehoben wird, desto grösser ist die Kontaktzeit. Ob jedoch ε eine Funktion von T_K , oder T_K eine Funktion von ε ist, ist damit noch nicht ausgesagt. Es scheint uns, dass Ursache das Hochheissen des Knies und Wirkung die grössere Kontaktzeit ist.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass weder die Kontaktzeit noch der Kniewinkel mit der Sprungweite korrelieren.

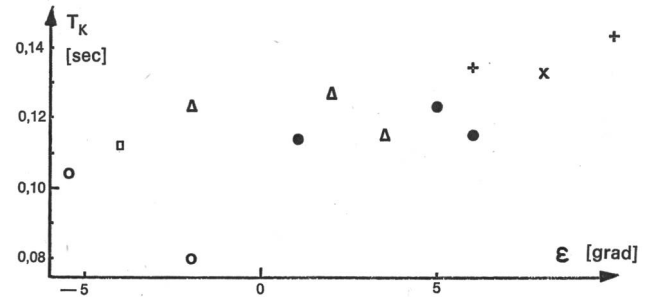


Fig. 9: Zusammenhang zwischen Kniewinkel und Kontaktzeit

8.3 Der zweitletzte Schritt

Im allgemeinen wird in der Literatur angegeben, dass der vorletzte Schritt meist 5 bis 10 Prozent grösser als der letzte Schritt sei^{1, 5}. Dieser Unterschied rühre von einer Verlängerung des zweitletzten Schrittes gegenüber dem drittletzten her. Die Resultate unserer Messungen sind in Fig. 10 aufgezeichnet.

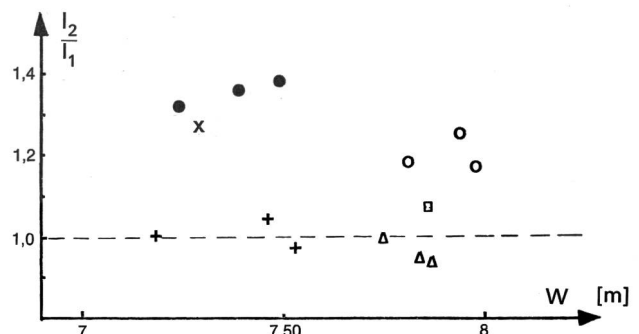


Fig. 10: Zusammenhang zwischen dem Schlussstrittquotienten und der Sprungweite

Es fällt dabei auf, dass bei den Athleten Frutig und Baumgartner nicht von einem längeren vorletzten Schritt gesprochen werden kann. Vor allem bei Baumgartner – dem Olympiazweiten von München – war immer der letzte Schritt grösser als der vorletzte. Auch die Bemerkung von Belberow, dass die letzten Schritte in ihrer Länge nicht mehr als 20 cm voneinander abweichen dürfen, erscheint aufgrund dieser Messungen kaum haltbar, differieren doch zum Beispiel bei Schwarz (persönliche Bestleistung 8,35 m) die drei ausgewerteten Sprünge in den beiden letzten Schritten im Mittel um 40 cm.

Es scheint, dass die Theorie über die Längenverhältnisse der drei letzten Schritte noch einmal neu überdacht werden muss.

8.4 Die Genauigkeit des Anlaufes

Das gute Gelingen eines Sprunges hängt stark davon ab, dass der Springer bei höchster Geschwindigkeit und in bester Sprungbereitschaft den Absprungbalken genau mit dem Fuss trifft⁸. Ein Mass für einen regelmässigen Anlauf ist die Streuung der Länge der drei letzten Schritte l_{123} . Diese Länge der drei letzten Schritte l_{123} ist in Funktion der Sprungweite w in Fig. 11 aufgezeichnet.

Es fallen dabei folgende Fakten auf:

- Die Streuung der Länge dieser drei letzten Schritte ist bei den guten Springern im Rahmen dieses Versuches bedeutend kleiner als bei den schlechteren Springern. (Wobei schlecht in diesem Zusammenhang nur vergleichsweise zu verstehen ist.) Dieser Zusammenhang ist in Fig. 12 dargestellt.
- Bei allen Athleten, bei welchen mehrere Versuche ausgewertet werden konnten, ist der beste Versuch der mit dem relativ längsten Schlussschrittzyklus 123 (siehe Fig. 11).
- Es ist erstaunlich, dass bei solch guten Sprungresultaten die Variation dieser Grösse 123 so gross ist.

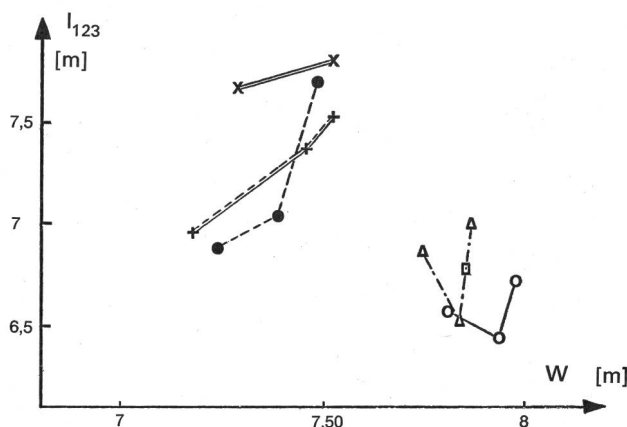


Fig. 11: Zusammenhang zwischen der Länge der drei letzten Schritte und der Sprungweite

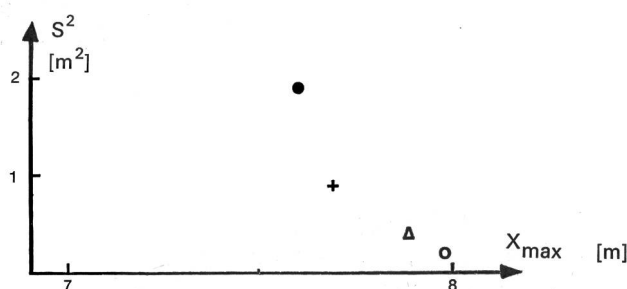


Fig. 12: Zusammenhang zwischen der Streuung der Längen der drei letzten Anlaufschritte und der effektiven Sprungweite

9. Zusammenfassung

Es wurden Messungen an Weltklasseathleten im Weitsprung mit Filmaufnahmen und einer neuen äusserst genauen Kontaktzeitmessmethode beschrieben.

Aufgrund unserer Messungen kommen wir zum Schluss, dass bei diesen Spitzenathleten eindeutige Zusammenhänge zwischen der *Anlaufgeschwindigkeit* und der *Sprungweite* und zwischen der *Anlaufgenauigkeit* und der *Sprungweite* bestehen.

Es konnte ferner ein Zusammenhang zwischen der *Kontaktzeit* und dem *Einsatz des Schwungbeines* festgestellt werden.

Zusammenhänge zwischen Kontaktzeit und allen untersuchten Winkeln mit dem Sprungbein konnten keine gefunden werden.

10. Literatur

- ¹ Ballreich R.: Weitsprunganalyse, Verlag Bartels und Wernitz, Berlin 1970.
- ² Gundlach H.: Weitsprungleistung und Sprintvermögen, in «Theorie und Praxis der Körperkultur», 15 (1966) 10.
- ³ Hochmuth G.: Biomechanik sportlicher Bewegungen, Frankfurt 1967.
- ⁴ Linder E.: Sprung und Wurf, Schorndorf 1967.
- ⁵ Nett T.: Die Technik beim Hürdenlauf und Sprung, Verlag Bartels und Wernitz, Berlin 1961.
- ⁶ Nett T.: Weitsprung der Weltbesten, Verlag Bartels und Wernitz, Berlin 1969.
- ⁷ Planck G.: Die räumliche Gestaltung der letzten Anlaufschritte im Weitsprung, in «Der Leichtathlet», 1968 Nr. 9, Beilage der Leichtathletiktrainer.
- ⁸ Schmolinsky G.: Leichtathletik, Sportverlag, Berlin 1971.
- ⁹ Schneider G.: Wie gross sind Abflugwinkel und Abfluggeschwindigkeit beim Weitsprung, in «Der Leichtathlet», 1960 Nr. 14, Beilage der Leichtathletiktrainer.

Mesures des sauts de quelques spécialistes de niveau mondial en saut en longueur (résumé)

Par des procédés cinématographiques et par une nouvelle méthode, très précise, de mesure du temps de contact, nous avons pu mesurer les performances de quelques athlètes de classe mondiale en saut en longueur.

Ces mesures nous ont amenés à la conclusion que, pour ces athlètes de pointe du moins, il existait une relation certaine entre la *vitesse d'élan* et la *longueur du saut* d'une part, et entre la *précision de l'élan* et la *longueur du saut*, d'autre part. Une autre relation, *reliant le temps de contact à l'engagement de la jambe d'appel*, fut encore mise en évidence.

Parmi les angles mesurés de la jambe d'appel, nous n'avons pu observer aucune relation entre un de ces angles et le temps de contact.