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

Herausgeber: Eidgenössische Turn- und Sportschule Magglingen

Band: 32 (1975)

Heft: 1

Artikel: Filmanalyse des Stabspringens

Autor: Kunz, H. / Waser, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-994211

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: 23.05.2025

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

Aus dem Laboratorium für Biomechanik der ETH Zürich (Leitung: Prof. Dr. J. Wartenweiler)

Filmanalyse des Stabspringens

H. Kunz und J. Waser

1. Problemstellung

Anlässlich der schweizerischen Zehnkampfmeisterschaften 1973 in Zug wurde der Stabhochsprung-Wettkampf gefilmt.
In dieser Arbeit sollten die durch die Filmanalyse gewonnenen Daten der Zehnkämpfer untereinander und mit den Daten von Bob Seagrens Weltrekordsprung (5,63 m, nach Cinematographie von G. Ariel) verglichen werden, mit dem Ziel, einige leistungsbestimmende Faktoren und Anhaltspunkte für das Training zu erhalten.
Einzelne in dieser Arbeit behandelte Probleme sind schon von andern Autoren untersucht worden. Die Untersuchungen von *RV. Ganslen*[1], *G. Ariel*[2] und *P. Keller*[3] halfen mit, die Mechanik des Stabspringens besser zu verstehen und regten zu neuen interessanten Untersuchungen an.

2. Methode

2.1. Symbole und Begriffe

Die in der Arbeit verwendeten Symbole sind aus Fig. 1 ersichtlich und in Tabelle 1 erklärt.

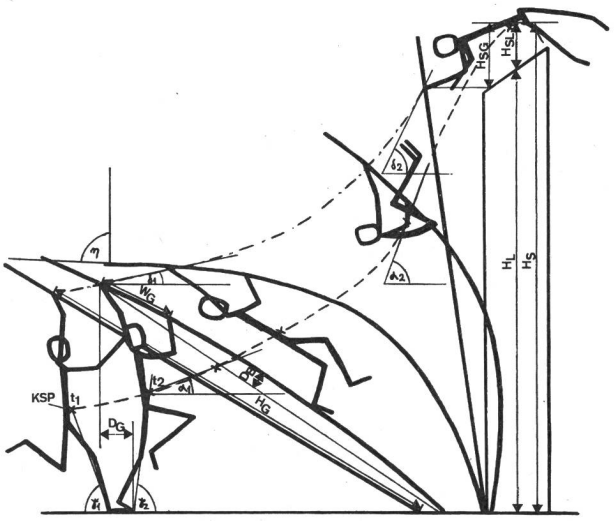

Fig. 1: Bewegungsablauf und Symbole.

2.2. Messanordnung

Die Filmaufnahmen wurden mit einer 16-mm-Kamera gemacht (Bolex 45 ± 2 Bilder/sec). Die Position der Kamera ist aus Fig. 2 ersichtlich. Der Bildausschnitt wurde so gewählt, dass die letzten 3 Schritte des Anlaufes und der ganze Sprung gefilmt wurden.
Der Film wurde mit Hilfe eines Computer-Filmanalysers[3] ausgewertet. Da es meistens unmöglich gewesen wäre, die Ursachen der Fehlversuche herauszufinden, wurden für diese Studie nur die gültigen Versuche von 3,80 m an aufwärts berücksichtigt.
Alle aus dem Film erhaltenen Längenwerte konnten auf mindestens 10 cm genau, alle Winkelwerte auf 2 Grad genau bestimmt werden.

Symbol	Begriff	Erläuterung
KSP	Körperschwerpunkt	
H_L	Lattenhöhe	
H_S	Scheitelhöhe	grösste KSP-Höhe
H_G	Griffhöhe	Distanz Mitte der oberen Hand – unteres Stabende
W_G	Griffweite	Distanz Mitte der oberen Hand – Mitte der unteren Hand
ΔH_{SL}	Lattenüberhöhung	Distanz Scheitelhöhe – Lattenhöhe
ΔH_{SG}	Griffüberhöhung	Distanz Scheitelhöhe – Griffhöhe + 20 cm
D_G	Absprungdistanz	Distanz Fussspitze – Projektion der oberen Hand beim Absprung
D_B	Vorbiegung	grösste Distanz Stab – Stabsehne beim Absprung
γ_1	Auftreffwinkel	Winkel zw. der Horizontalen und der Verbindung Ferse – KSP zum Zeitpunkt t_1
γ_2	Abstosswinkel	Winkel zw. der Verbindung Fussspitze – KSP und der Horizontalen zum Zeitpunkt t_2
α_1	Abflugwinkel KSP	Winkel zw. der KSP-Bahn nach dem Absprung (4 Bilder) und der Horizontalen
α_2	steilster KSP-Bahnwinkel	Winkel zw. der steilsten Tangente an die KSP-Bahn und der Horizontalen
δ_1	Abflugwinkel Hand	Winkel zw. der Hand-Bahn nach dem Absprung (4 Bilder) und der Horizontalen
δ_2	steilster Hand-Bahnwinkel	Winkel zw. der steilsten Tangente an die Hand-Bahn und der Horizontalen
η	Stabbiegewinkel	grösster Winkel zw. der Tangente an den Stab (Griffhöhe) und der Vertikalen
t_1	Auftreff-Zeitpunkt	Zeitpunkt der Bodenberührung
t_2	Abstoss-Zeitpunkt	Zeitpunkt des Bodenverlassens

Tabelle 1: Symbole, Begriffe und Erläuterungen

Genaue Geschwindigkeitsmessungen waren nicht möglich und wurden deshalb weggelassen.
Testpersonen waren 5 der besten Schweizer und ein amerikanischer Zehnkämpfer. Die Resultate der 11 gültigen Versuche wurden mit den Daten von Bob Seagrens Weltrekordsprung[2] verglichen.
Die Testpersonen und einige persönliche Daten sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

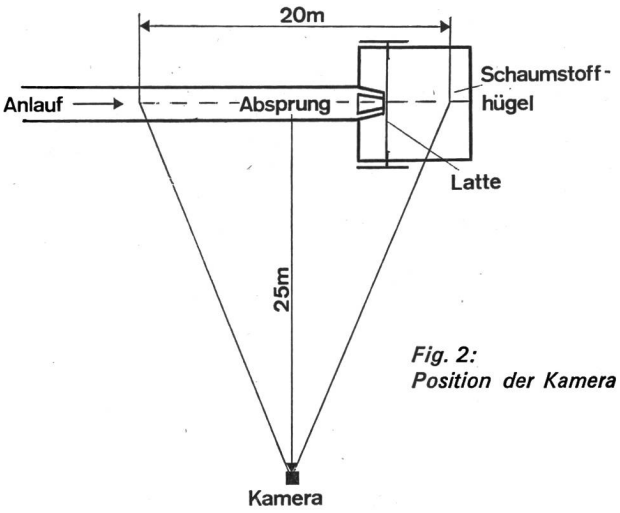

Fig. 2:
Position der Kamera

Name	Symbol	Grösse	Gewicht	Sprunghöhe	
Bob Seagren	⊠	1,83 m	76 kp	5,63 m	WR
Philipp Andres	●	1,81 m	70 kp	4,50 m	
Heinz Born	○	1,83 m	82 kp	4,40 m	
Heinz Schenker	■	1,83 m	93 kp	4,20 m	Zehnkampf-
Peter Eggenberg	□	1,84 m	82 kp	4,10 m	Meisterschaft
John Warkentin	▲	1,90 m	86 kp	3,90 m	
Urs Trautmann	△	1,86 m	90 kp	3,80 m	

Tabelle 2: Testpersonen und einige persönliche Daten

3. Diskussion der Resultate

Die wichtigsten Voraussetzungen für gute Stabhochsprungleistungen sind:

- hohe Absprunggeschwindigkeit
- grosse Griffhöhe
- gute Technik

Die *Absprunggeschwindigkeit* wurde nicht ermittelt, da der Fehler in der Geschwindigkeit aufgrund der ungenauen Bildfrequenz zu gross gewesen wäre. Eine hohe Absprunggeschwindigkeit ist nur mit einer hohen *Anlaufgeschwindigkeit* möglich. *P. Keller*[3] stellte in seiner Diplomarbeit fest, dass zwischen der Anlaufgeschwindigkeit und der Scheitelhöhe ein linearer Zusammenhang besteht. Sehr gute Stabhochsprungleistungen sind nur mit einer grossen Anlaufgeschwindigkeit möglich.
Der Einfluss der *Griffhöhe* auf die Scheitelhöhe ist unverkennbar. Wie Fig. 3 zeigt, erreichen die Athleten, die den Stab hoch halten, auch grössere Scheitelhöhen als die Athleten mit kleiner Griffhöhe. Um den Stab hoch halten zu können, ist eine hohe Absprunggeschwindigkeit, ein optimaler Stab und ein technisch guter Einstich erforderlich.

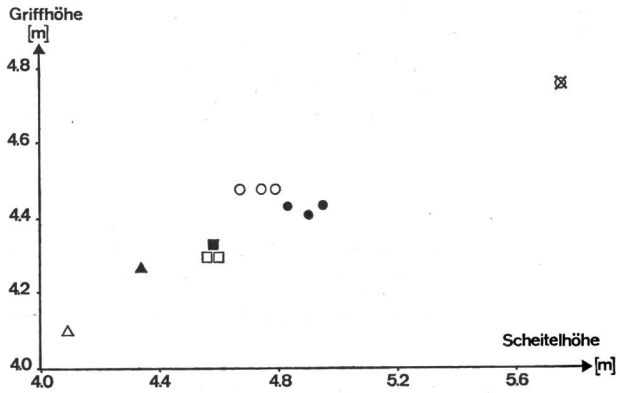

Fig. 3: Der Einfluss der Griffhöhe H_G auf die Scheitelhöhe H_S

Seagren erfüllt diese Bedingungen am besten, denn seine Griffhöhe am Stab ist rund 30 cm höher als die Griffhöhe der besten Schweizer Zehnkämpfer.
Mit einer *guten Technik* sind bessere Stabsprungleistungen möglich. Die Technik kann man dann als gut bezeichnen, wenn die Differenz zwischen der Scheitelhöhe und der Griffhöhe, die sogenannte *Griffüberhöhung* gross ist.
Fig. 4 zeigt deutlich, dass die Springer mit grosser Griffüberhöhung auch grössere Scheitelhöhen erreichen.

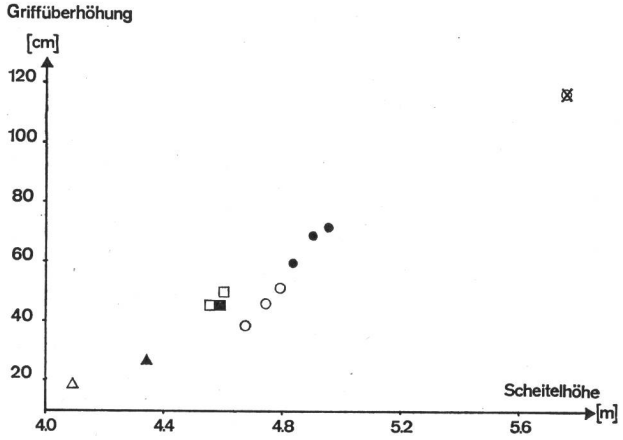

Fig. 4: Der Einfluss der Griffüberhöhung H_{SG} auf die Scheitelhöhe H_S

Die Griffüberhöhung wird beeinflusst durch die *Stabbiegung.* Dieser Einfluss wird aus Fig. 5 ersichtlich. Die Springer, die den Stab stark durchbiegen, erreichen grössere Griffüberhöhungswerte. Die Werte von Seagren bei seinem Weltrekordsprung liegen mit 104 Grad für die Stabbiegung und 117 cm für die Griffüberhöhung deutlich über den Werten, die in dieser Arbeit für die Zehnkämpfer ermittelt wurden.

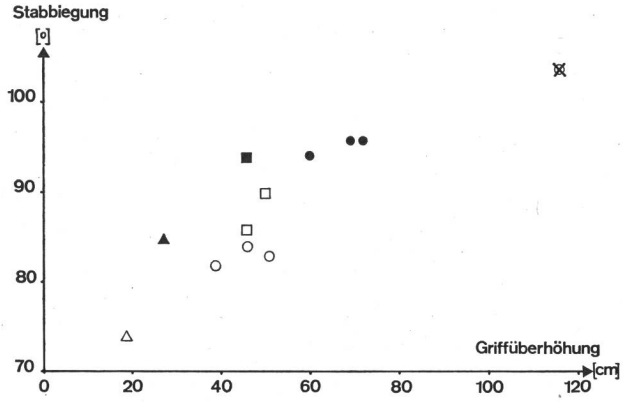

Fig. 5: Der Einfluss der Stabbiegung η auf die Griffüberhöhung H_{SG}

Die Stabbiegung ist demnach ein wichtiger Faktor für eine gute Stabsprungtechnik.

Möglichkeiten zum Erreichen einer grossen Stabbiegung

- Mit weichen Stäben kann man eine grössere Stabbiegung erreichen. Diese Tatsache darf aber nicht zum Schlusse verleiten mit möglichst weichen Stäben zu springen, denn weiche Stäbe können nicht so hoch gehalten werden (Bruchgefahr) und haben eine wesentlich kleinere Katapultwirkung. Der Stab muss den Voraussetzungen des Springers entsprechend optimal sein.
- Wie Fig. 6 zeigt, nimmt die Stabbiegung mit stärkerer *Vorbiegung* beim Absprung zu.

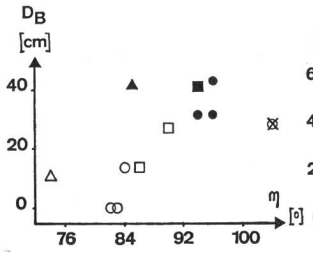

Fig. 6: Der Zusammenhang zwischen der Vorbiegung beim Absprung D_B und der Stabbiegung η

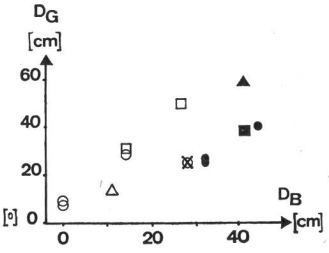

Fig. 7: Die Auswirkungen der Absprungdistanz D_G auf die Vorbiegung beim Absprung D_B

Die Vorbiegung beim Absprung ist abhängig von der *Absprungdistanz.* Athleten, die die obere Griffhand stärker unterlaufen, erreichen eine grössere Vorbiegung beim Absprung. Die Werte von Seagrens Weltrekordsprung weisen darauf hin, dass die Absprungdistanz und die Vorbiegung nicht extrem sein dürfen, da sich solche Extremwerte auf andere leistungsbestimmende Parameter (zum Beispiel Absprunggeschwindigkeit) negativ auswirken würden.

- Auch der *Abstosswinkel* hat einen Einfluss auf die Stabbiegung. Je kleiner dieser Winkel ist, das heisst, je mehr der Athlet nach vorne abspringt, umso grösser ist die Stabbiegung (Fig. 8).

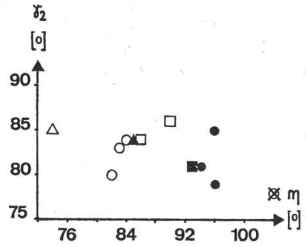

Fig. 8: Der Einfluss des Abstosswinkels γ_2 auf die Stabbiegung

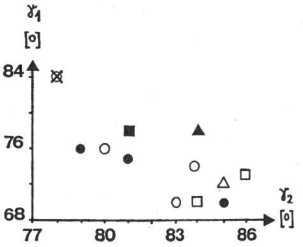

Fig. 9: Der Zusammenhang zwischen dem Auftreffwinkel γ_1 und dem Abstosswinkel γ_2

Der Abstosswinkel γ_2 steht in engem Zusammenhang mit dem *Auftreffwinkel* γ_1. Der Abstosswinkel wird mit zunehmendem Auftreffwinkel kleiner. Die Werte von Seagren's

Weltrekordsprung weisen darauf hin, dass es beim Absprung keine eigentliche Stemmphase gibt. Der Sprungfuss setzt unter dem Körperschwerpunkt auf, der Absprung erfolgt nach vorne (Hineinlaufen in den Stab) (Fig. 9).

Auswirkungen der Stabbiegung:

- Aus Fig. 10 wird ersichtlich, dass die Stabbiegung einen Einfluss auf den *steilsten Handbahnwinkel* hat. Dieser wird mit zunehmender Stabbiegung grösser.

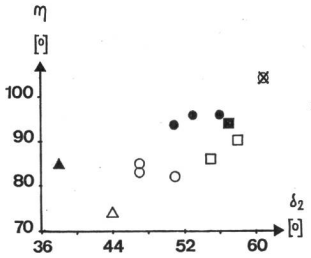

Fig. 10: Die Auswirkung der Stabbiegung η auf den steilsten Handbahnwinkel δ_2

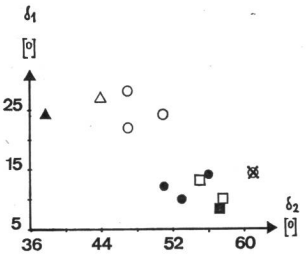

Fig. 11: Der Zusammenhang zwischen dem Abflugwinkel δ_1 und dem steilsten Bahnwinkel der Hand δ_2

- Logischerweise besteht auch ein enger Zusammenhang zwischen dem *Abflugwinkel der Hand* und dem steilsten Handbahnwinkel. Je mehr der Springer nach vorne in den Stab hineinspringt und demnach einen kleinen Abflugwinkel der Hand hat, umso grösser wird der steilste Handbahnwinkel (Fig. 11).
- Einen ähnlichen Einfluss hat die Stabbiegung auf den *steilsten Schwerpunktbahnwinkel* (Fig. 12). Je mehr der Stab gebogen wird, umso steiler treibt es den Körper anschliessend in die Höhe.

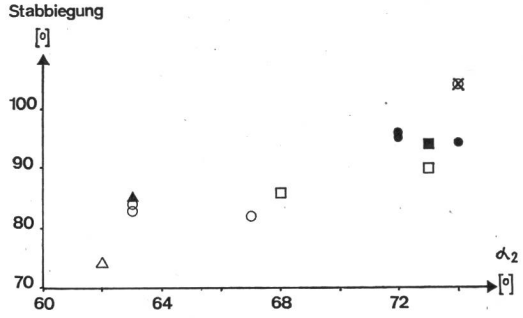

Fig. 12: Der Einfluss der Stabbiegung η auf den steilsten KSP-Bahnwinkel α_2

Dabei spielt auch das «Einrollen» eine wichtige Rolle. Der Schwerpunkt sollte soweit nach hinten gebracht werden, dass er möglichst nahe an die Wirkungslinie der Streckkraft des Stabes zu liegen kommt. Ansonst entsteht ein Drehmoment, wobei die Beine viel zu schnell um die Latte abwärts gedreht werden (Fig. 13).

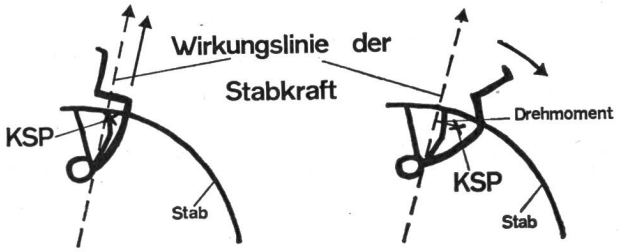

Fig. 13: Kräftespiel bei der Streckung des Stabes

Aus Fig. 5 war ersichtlich, dass die Griffüberhöhung mit zunehmender Stabbiegung grösser wird. Fig. 12 zeigte, dass sich die Stabbiegung direkt proportional zum steilsten Schwerpunktbahnwinkel verhält. Dementsprechend muss auch ein Zusammenhang zwischen dem steilsten Schwerpunktbahnwinkel und der Griffüberhöhung bestehen. Fig. 14 zeigt, dass die Springer mit einem steilen Schwerpunktbahnwinkel bessere Griffüberhöhungswerte erreichen.

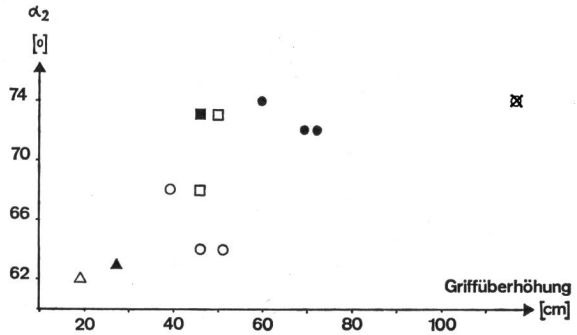

Fig. 14: Der Zusammenhang zwischen dem steilsten Schwerpunktbahnwinkel α_2 und der Griffüberhöhung

Je steiler die Schwerpunktbahn beim Sprung ist, umso wichtiger ist, dass man die Scheitelhöhe am richtigen Ort erreicht (über der Latte).
Eine grosse horizontale Differenz zwischen der Scheitelhöhe und der Latte wirkt sich auf die *Lattenüberhöhung* schlecht aus.
Aus der Resultatzusammenstellung (Anhang) wird ersichtlich, dass die Schweizer Zehnkämpfer im Gegensatz zu Seagren sehr grosse Lattenüberhöhungswerte aufweisen. Bei ihnen scheint es nicht möglich zu sein, mit weniger als 30 cm Lattenüberhöhung die Höhe zu bewältigen. Gründe dafür sind:

- Die Technik der Lattenüberquerung ist mangelhaft.
- Der Anlauf ist unregelmässig (stark variierende Absprungdistanz).
- Die Sprungständer sind oft schlecht eingestellt. (Die Scheitelhöhe ist nicht über der Latte.)
- Der Springer hat Hemmungen auf grossen Höhen.

Ein Vergleich der *Bahnkurven* (Hand, KSP, Schwungbeinknie) der Zehnkämpfer mit den entsprechenden Bahnkurven von Seagren deckt auf einen Blick grosse Unterschiede in der Technik auf.

Bei den meisten Zehnkämpfern verläuft die Bahnkurve der Hand links der beiden andern Kurven. Das heisst: Die Zehnkämpfer können die Streckkraft des Stabes nicht richtig ausnützen. Ein Teil dieser Kraft bewirkt ein Drehmoment im Körper, wodurch die Beine zu schnell um die Latte gedreht werden. Bei Seagren schneidet die Bahnkurve der Hand die beiden andern Kurven. Der Körperschwerpunkt liegt nahe der Wirkungslinie der Stabkraft und wird dadurch in die Höhe getrieben. Damit dies möglich ist, müssen die Beine beim Einrollen weit nach hinten gebracht werden und während der Stabstreckung steil nach oben gestreckt werden. Das Resultat davon ist, dass sich die Schwerpunktbahn und die Schwungbeinkniebahn nach dem Einrollen nicht mehr schneiden.

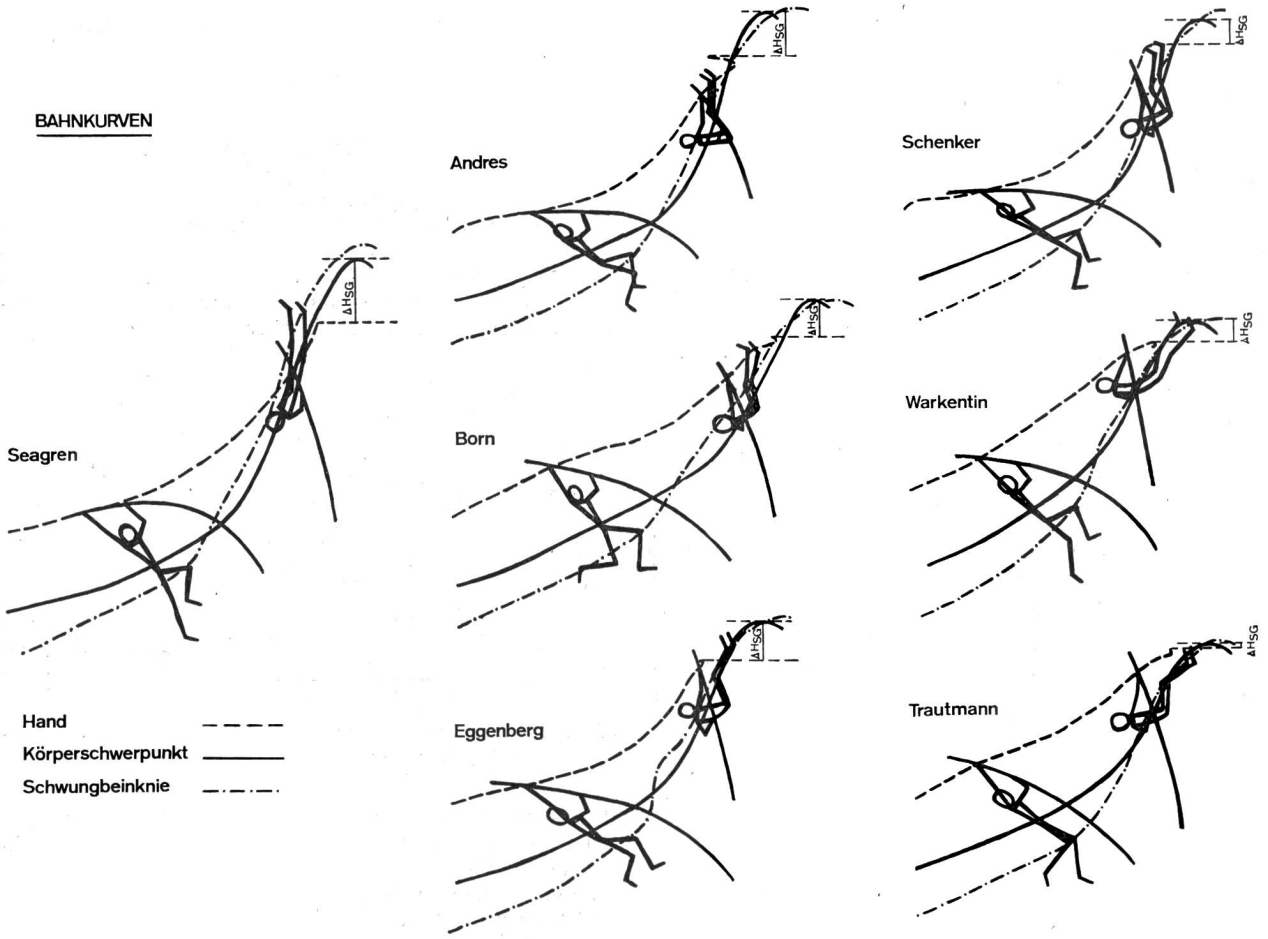

Fig. 15: Bahnkurven der Zehnkämpfer und von Seagren

Zusammenfassung

Ein Vergleich der Resultate aus der Filmanalyse der schweizerischen Zehnkampfmeisterschaften mit den Daten von Seagrens Weltrekordsprung ergab folgende Erkenntnisse:

- Um gute Stabhochsprungleistungen erzielen zu können, sind eine grosse Griffhöhe und eine gute Technik erforderlich. Die Griffhöhe ist abhängig von der Anlaufgeschwindigkeit, der Sprungkraft und der Einstichtechnik. Die Technik ist gut, wenn die Griffüberhöhung gross ist.
- Eine grosse Griffüberhöhung kann erreicht werden durch eine grosse Stabbiegung.
- Eine grosse Stabbiegung kann erreicht werden durch:
  - Vorbiegung beim Absprung
  - Grosse Absprungdistanz (unterlaufen)
  - Kleine Abstosswinkel (in den Stab hineinspringen)
  - Grosser Stemmwinkel (kleine Stemmwirkung)
- Die Auswirkungen einer grossen Stabbiegung sind:
  - Der Winkel der Handbahn nach dem Absprung wird klein.
  - Der steilste Bahnwinkel der Hand wird gross.
  - Der steilste Bahnwinkel des Körperschwerpunktes wird gross und wirkt sich positiv auf die Griffüberhöhung aus.

Folgerungen für das Training

Das Training muss einerseits auf die Verbesserung der physischen Voraussetzungen und anderseits auf die Verbesserung der Technik ausgerichtet sein.

- Physische Voraussetzungen:
  Die Anlaufgeschwindigkeit und die Kraft müssen verbessert werden, so dass der Springer einen härteren Stab höher fassen kann.
- Technik:
  Der Stabspringer muss darauf tendieren, die Stabbiegung zu vergrössern, indem er nach vorne in den Stab hinienspringt. Dabei muss der untere Arm Widerstand leisten. In der Einrollphase muss der Körperschwerpunkt möglichst nahe an die Wirkungslinie der Stabkraft gebracht werden (Kopf in den Nacken).
  Der Stab muss den Voraussetzungen des Springers angepasst sein. Er muss so hart sein, dass eine optimale Stabbiegung möglich ist (90 bis 110 Grad).

4. Literaturverzeichnis

[1] Ganslen R.V.: Die Mechanik des Stabhochsprungs, Deutsch – Übersetzung der 6. Auflage 1965, Vertrieb: Andreas Brügger, Zürich.

[2] Ariel G.: The contribution of the pole to the vault, United Track Coaches Assotiation, Vol. 72, Nr. 4.

[3] Keller P.: Biomechanische Untersuchungen im Stabhochsprung, Diplomarbeit, Turnen und Sport, Februar 1974.

[4] Schmollinsky G.: Leichtathletik, Sportverlag Berlin 1971.

[5] Nett T.: Die Technik beim Hürdenlauf und Sprung, Verlag Bartels und Wernitz, 1961.

Resultatzusammenstellung

Name	Symbol	H_L	H_S	H_G	W_G	D_G	γ_1	γ_2	D_B	η	δ_1	δ_2	α_2	$\triangle H_{SG}$	D_{SL}
	Einh.	m	m	m	cm	cm	Grad	Grad	cm	Grad	Grad	Grad	Grad	cm	cm
Seagren		5,63	5,75	4,78	50	25	84	78	28	104	14	61	74	117	–
Andres		4,50	4,95	4,43	71	27	76	79	32	96	10	53	72	72	11
Andres		4,40	4,83	4,43	71	25	75	81	32	94	12	51	74	60	9
Andres		4,20	4,90	4,41	71	41	70	85	43	96	14	56	72	69	20
Born		4,40	4,79	4,48	64	9	70	83	0	83	28	47	63	51	9
Born		4,30	4,74	4,48	61	27	74	84	14	84	22	47	63	46	18
Born		4,10	4,67	4,48	61	7	76	80	0	82	24	51	67	39	2
Schenker		4,20	4,59	4,33	64	39	78	81	41	94	8	57	73	46	2
Eggenberg		4,10	4,56	4,30	75	32	70	84	14	86	13	55	68	46	7
Eggenberg		4,00	4,60	4.30	73	50	73	86	27	90	10	58	73	50	11
Warkentin		3,90	4,34	4,27	57	59	78	84	41	85	24	38	63	27	13
Trautmann		3,80	4,09	4,10	52	14	72	85	11	74	27	44	62	19	2

Analyse de film du saut à la perche (résumé)

Une comparaison des résultats provenant de l'analyse du film des championnats suisses de décathlon avec les documents concernant le saut de record du monde de Seagren nous apporte les enseignements suivants:

- Pour obtenir de bons résultats au saut à la perche, une hauteur de prise maximale ainsi qu'une bonne technique sont indispensables.
  La hauteur de prise est dépendante de la vitesse de l'élan, de la force de saut et de la technique de «piquer». La technique est bonne si la hauteur de prise est grande.
- Une grande hauteur de prise peut être obtenue par une forte fléxion de la perche.
- Une grande flexion peut être obtenue par:
  - flexion préalable lors du saut
  - grande distance d'appel (passer sous la perche)
  - petit angle de poussée (se lancer dans la perche)
  - grand angle d'inclinaison de la perche par rapport à l'horizontale
- Les effets d'une importante flexion de la perche sont:
  - l'angle de la trajectoire des mains après le saut devient petit
  - L'angle le plus obtus de la trajectoire de la main devient grand
  - l'angle le plus obtus de la trajectoire du centre de gravité du corps devient grand et a une action positive sur l'élévation de prise.

Conséquences pour l'entraînement

L'entraînement doit être dirigé de façon à améliorer d'une part les données physiques de l'athlète, d'autre part l'amélioration de sa technique.

- Données physiques:
  Il faut améliorer la vitesse d'élan et la force, de sorte que le sauteur puisse utiliser une perche plus dure et en la tenant plus haut.
- Technique:
  Le sauteur doit essayer d'agrandir la flexion de la perche en se lançant littéralement «dans» la perche. Dans ce cas, le bras inférieur doit exercer une résistance. Dans la phase de roulement, le centre de gravité du corps doit être amené le plus près possible de la ligne de force de la perche (tête dans les épaules).
  La perche doit être adaptée aux caractéristiques de l'athlète. Elle doit être assez dure pour permettre une flexion optimale (90 à 110 degrés).