

Edward Harnes

## Verwendung biomechanischer Meßdaten in der Trainingspraxis von Speerwerferinnen

Überarbeitetes Referat vom TiA-Kongreß, 7. bis 9. Juni 1990 Köln

**Zusammenfassung:** Biomechanische Forschungsergebnisse zum Speerwurf der Frauen (nationale und internationale Spitzenklasse) werden vorgestellt und im Hinblick auf ihre Anwendung in der Trainingspraxis untersucht. Folgende biomechanische Parameter werden diskutiert: 1. Abwurfgeschwindigkeit; 2. Abwurfwinkel, Anstellwinkel und Angriffswinkel; 3. Länge des Impulsschritts und Stemm-schritts und deren Verhältnis; 4. Anlaufgeschwindigkeit; 5. Beschleunigungsweg. Übungen zur Verbesserung des Angriffswinkels und zur Erhaltung der Anlaufgeschwindigkeit werden vorgestellt.

Ziel dieses Beitrags ist es, biomechanische Forschungsergebnisse aus dem Speerwurf (Frauen) in der Bundesrepublik seit 1985 aus der Sicht eines Trainers vorzustellen und deren Anwendungsmöglichkeiten in der praktischen Trainingsarbeit aufzuzeigen.

Anhand von ausgewähltem Zahlenmaterial aus zum größten Teil bisher unveröffentlichten Untersuchungen nationaler und internationaler Spitzenwerferinnen von BALLREICH/MENZEL (Sportwissenschaftliches Institut der Universität Frankfurt, mit dem ich in den Jahren 1985 bis 1988 als Bundestrainer für Speerwurf der Frauen sehr gut zusammenarbeitete) werde ich hier über das „wie und warum“ in der Interpretation von biomechanischen Zahlen sprechen. Die Wissenschaftler kann ich beruhigen und versichern, daß es mir bewußt ist, daß wir uns mit den bisher gesammelten Zahlen noch in der Grundlagen-Forschungsphase befinden und so im wissenschaftlichen Sinne noch wenig „beweisen“ können.

Nach meiner Meinung kann man folgende Prioritätenliste über die für den Trainer wichtigsten (biomechanischen) Zahlen aufstellen:

1. Abwurfgeschwindigkeit
2. Abwurfwinkel, Anstellwinkel und Angriffswinkel
3. Länge des Impulsschritts und Stemm-schritts und ihr Verhältnis
4. Anlaufgeschwindigkeit
5. Beschleunigungsweg.

### Formen der Beurteilung und didaktische Aufarbeitung (Präsentation)

Das Hauptproblem für den Trainer, wenn er sich mit Zahlen einer biomechanischen Untersuchung befaßt, ist die Bewertung der verschiedenen Zahlen: „Was ist gut und was ist schlecht?“ ist die simple Frage des Trainers, die der Wissenschaftler nicht so einfach beantworten kann.

Wenn ich nur fünf Werte aus über 100 verschiedenen Geschwindigkeiten und Winkeln aus-

wähle, ist der Grund dafür einfach mein Blickwinkel als Trainer: „Wie kann ich diese komplexen Vorgänge dem Athleten in einer einfachen Sprache erklären?“

Ein Beispiel eines der wichtigsten Parameter, der aber leider dem Athleten sehr schwer in einer einfachen Form erklärt werden kann, ist:

### Übertragung von Teilimpulsen in einer kinematischen Kette!

Mit den Worten eines Trainers (KOLTAI, S. 280) sprechen wir hierbei über folgende technische Komponenten:

„Die Muskeln um Taille und Hüfte sowie die tiefen Rückenmuskeln bremsen die Vorwärtsbewegung der Hüfte und des Oberkörpers (Taille), und der Schwung aus diesen Körperteilen wird nach oben durch den rechten Arm übertragen, um das Wurfgerät zu beschleunigen.“

Aus biomechanischer Sicht beschreibt MENZEL diese wichtigsten 0,12 bis 0,15 Sekunden des Wurfes wie folgt:

„Die Abwurfbewegung beginnt mit dem Aufsetzen des Stemmbeins (erster Fuß-Boden-

Kontakt) und endet mit dem Zeitpunkt des letzten Speer-Hand-Kontaktes (Abwurfzeitpunkt). Die Geschwindigkeit-Zeit-Verläufe von wurfarmseitiger Hüfte, Schulter und Ellbogen weisen einen typischen Verlauf auf, indem zunächst die Hüfte, dann die Schulter und schließlich der Ellbogen ihre Maximalgeschwindigkeit erreichen und anschließend abgebremst werden. Auf der Grundlage dieser Geschwindigkeit-Zeit-Verläufe wird die Stemmphase in drei Teilphasen Ph1, Ph2 und Ph3 gegliedert, die durch die Zeitpunkte (des Erreichens) der Maximalgeschwindigkeiten von Schulter und Ellbogen sowie Abwurfphasenbeginn und -ende bestimmt werden.“ (MENZEL, Seite 49, vergleiche *Abbildung 1*)

Aber nur ein „dummer“ Trainer spricht über eine Geschwindigkeitsreduktion in Schulter und Ellbogen. Es besteht nämlich die Gefahr, daß der Trainer die natürliche „Peitsche“ des Athleten zerstören (zerpflücken) könnte; man denke nur an die Geschichte vom Tausendfüßler, der über die Koordination seiner Beinbewegungen nachzudenken beginnt...

Das ist der Grund, warum ich als Trainer versuche, die biomechanischen Daten zu einigen Hauptpunkten für den Athleten zusammenzufassen.

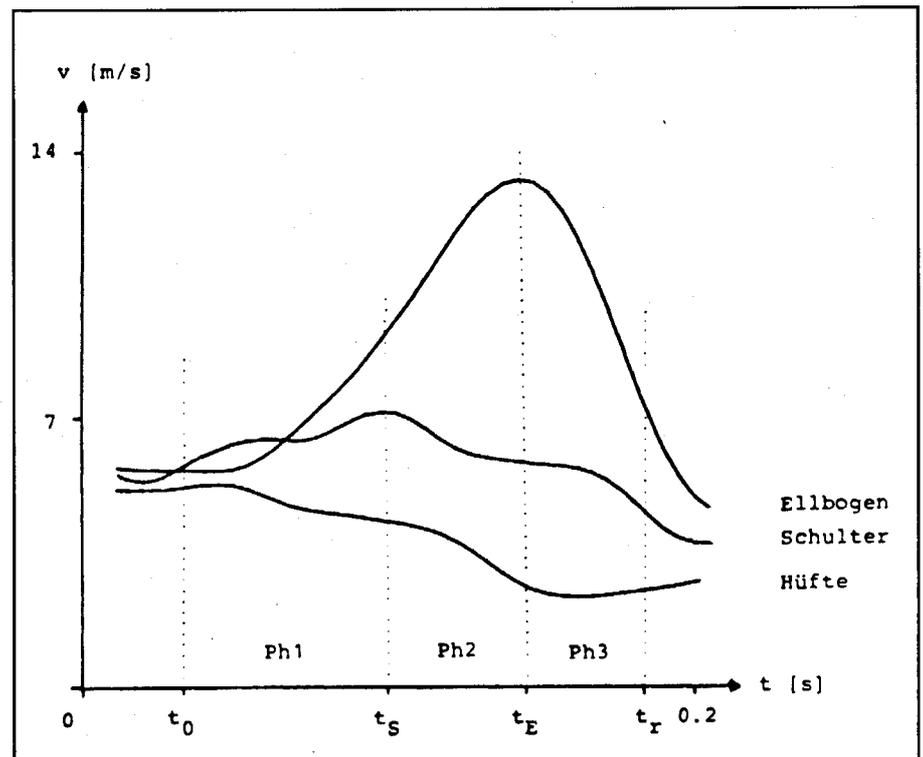


Abbildung 1: Teilgeschwindigkeiten (MENZEL, Seite 49; Legende:  $t_0$  - Beginn der Stemmphase,  $t_r$  - Abwurfzeitpunkt,  $t_S$  - Zeitpunkt der maximalen Schultergeschwindigkeit,  $t_E$  - Zeitpunkt der maximalen Ellbogengeschwindigkeit, Ph1 - Teilphase 1, Ph2 - Teilphase 2, Ph3 - Teilphase 3)

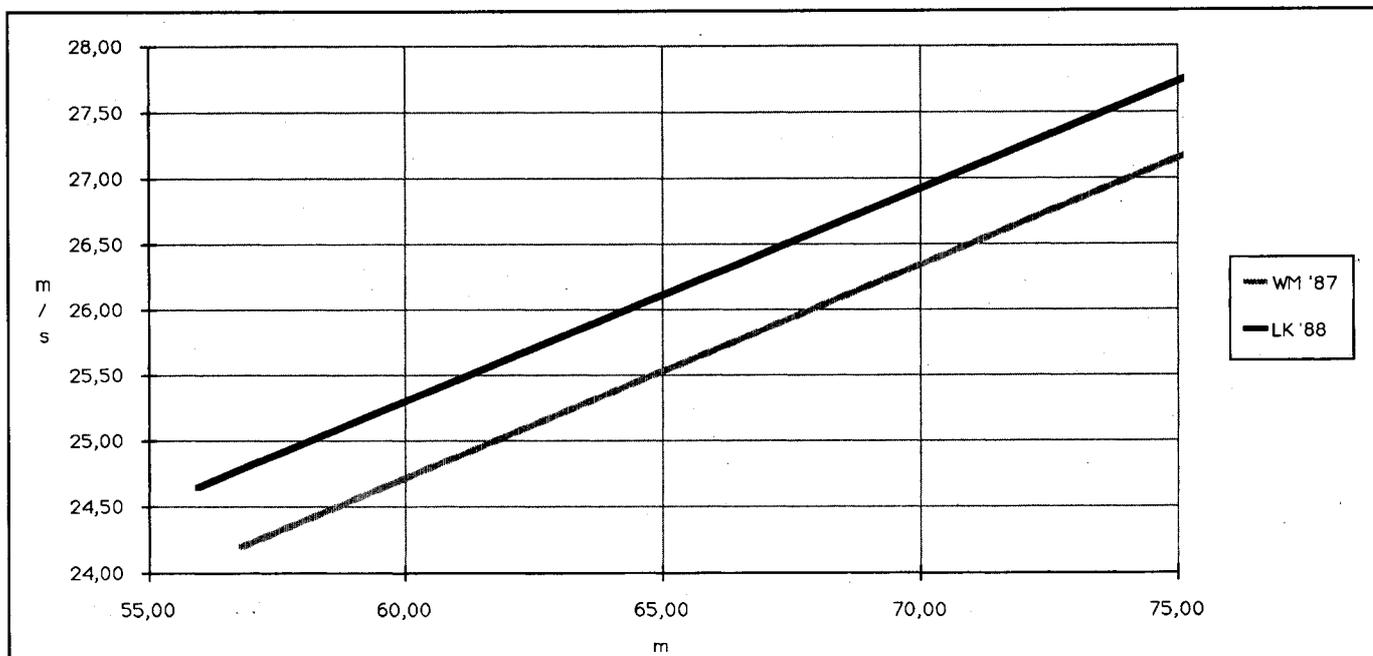


Abbildung 2: Regressionsgeraden von zwei verschiedenen Wettkämpfen (Länderkampf Bundesrepublik Deutschland - DDR Düsseldorf 1988 und Weltmeisterschaften Rom 1987)

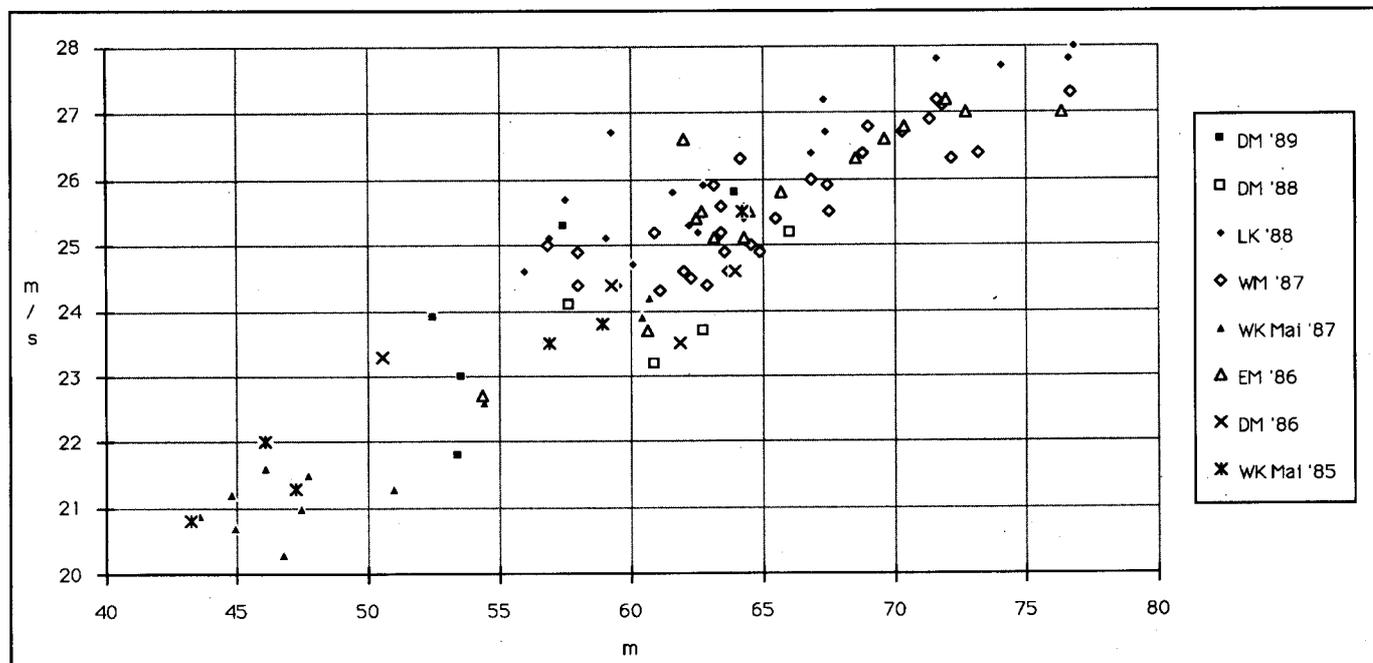


Abbildung 3: Darstellung aller erfaßten Würfe (Weite / Geschwindigkeit)

## 1. Abwurfgeschwindigkeit

Alle Wissenschaftler sind sich darüber einig, daß man eine möglichst hohe Abwurfgeschwindigkeit anstreben sollte, aber wenn der Trainer fragt, wie hoch denn die Abwurfgeschwindigkeit einer Speerwerferin sein muß, damit sie 61 m wirft, möchte kein Wissenschaftler ihm eine genaue Zahl nennen. Der Grund hierfür läßt sich anhand eines Vergleichs zwischen zwei verschiedenen Wettkämpfen leicht veranschaulichen (siehe *Abbildung 2*).

In *Abbildung 2* sehen wir, daß die Speerwerferinnen aufgrund der ungünstigen Winde in Düsseldorf etwa 3 m kürzer mit einer Abwurfgeschwindigkeit von 24 m/sec geworfen haben als in Rom.

Um einen Eindruck zu geben, um welche Streuung es sich bei diesen Messungen der Abwurfgeschwindigkeit und der Weiten handelt, habe ich (obwohl wissenschaftlich unüblich) die gesamten Messungen der letzten Jahre von

BALLREICH und Mitarbeitern in *Abbildung 3* zusammengestellt.

Auch in dieser *Abbildung* erkennt man, daß Weiten um 60 m sowohl mit einer Abwurfgeschwindigkeit von 23 m/sec als auch mit einer von 25 m/sec erzielt wurde. Mit einer Abwurfgeschwindigkeit von 23 m/sec wurden Weiten zwischen 46 und 60 m geworfen.

**Wie kann denn ein Trainer eine derart breit streuende Information für das Training nutzen?**

- Als Unterstützung seiner Prognose/Diagnose:

Welche Trainingsformen sollte eine junge Athletin, die 52,44 m mit einer Abwurfgeschwindigkeit von 23,9 m/sec wirft, in den nächsten Monaten besonders betonen.

Selbst ohne das Mädchen gesehen zu haben, kann ich ihr ein verstärktes Techniktraining empfehlen, bei dem sie sich auf das „Treffen“

des Speeres durch die Längsachse konzentrieren sollte. Und ich prognostiziere eine mögliche Weite von über 60 m binnen eines Jahres, wenn sie ihr konditionelles Niveau hält und hart an ihrer Technik mit dem Speer arbeitet.

**Wie kann ich das prognostizieren?**

Ich suche nur meine Datenbank nach Weiten ab, die mit Abwurfgeschwindigkeiten zwischen 23 und 24 m/sec erreicht wurden, und finde z.B.:

ALIZADEH, DM 1988

Abwurfgeschwindigkeit: 23,2 m/sec  
Leistung: 60,90 m

Wenn man dann andere Zahlen von ALIZADEH mit denen der jungen Werferin vergleicht, wird deutlich, was ich mit „Speer treffen durch die Spitze“ meine (siehe *Tabelle 1*).

Hier erkennt man, daß man mit einer Abwurfgeschwindigkeit allein keine Prognosen abge-

ALIZADEH Junges Mädchen		
Angriffswinkel	0°	11°
Abwurfwinkel	35°	27°
Anstellwinkel	35°	38°

Tabelle 1: Vergleich der Angriffswinkel einer guten und einer schlechten Werferin

ben kann: dazu benötigt man eine Datenbank. Und unsere Datenbank im Speerwurf braucht noch mehr Meßdaten!

Messungen der Abwurfgeschwindigkeit können auch dem Trainer helfen, trotz schlechter Wettkampfbedingungen seine bisherige Trainingsarbeit zu bewerten.

- Beurteilung des Trainingszustandes/Trainingssteuerung

Sie befinden sich als Trainer am Anfang der Saison und hatten bei den ersten Wettkämpfen ihres Schützlings sehr viel Pech, wie z.B. Regen, schlechte Windverhältnisse usw.; unter diesen Umständen verraten die Wettkampfleistungen nicht, ob Sie in ihrer Trainingsarbeit auf dem richtigen Weg sind. Dann kommen die Mitarbeiter vom biomechanischen Service des Olympiastützpunktes und messen die Abwurfgeschwindigkeit, und Sie entdecken, daß ihr Athlet seit letztem Jahr seine Abwurfgeschwindigkeit um 1,5 m/sec verbessert hat, was eine Leistungssteigerung um 3 bis 5 m möglich machen sollte.

Wir hatten einen ähnlichen Fall während des Länderkampfes zwischen der Bundesrepublik und der DDR 1988 in Düsseldorf:

Bei sehr schlechten Windverhältnissen im Stadion warf Petra FELKE zweimal über 76 Meter! (19. Juni) Bei dem darauffolgenden Grand-Prix-Wettkampf in Ost-Berlin (29. Juni) habe ich FELKES Trainer Karl HELLMANN von der hohen Abwurfgeschwindigkeit von 28,0 m/sec erzählt. Diese Zahl habe ich mit den anderen Meßwerten von BALLREICH und Mitarbeitern verglichen, speziell die Messungen bei den Europameisterschaften Stuttgart 1986, wo WHITBREAD (GBR) mit einer Abwurfgeschwindigkeit von 27,0 m/sec über 76 m erzielte. Aufgrund dieses Vergleiches war ich damals der Ansicht, daß FELKE in der derzeitigen Verfassung in der Lage wäre, 80 m bei besseren Windverhältnissen zu werfen, insbesondere, wenn sie einen ähnlichen Angriffswinkel wie WHITBREAD erreichen würde. Und als ich HELLMANN meine zweite Prognose abgegeben hatte: „RENK hätte nach den Messungen in Düsseldorf auch das Potential für 70 m“, hat er nur gelacht und gefragt, ob ich die Ergebnisse der DDR-Meisterschaften vom letzten Wochenende (25. Juni) kennen würde: RENK 71,00 m!

## 2. Abwurfwinkel, Anstellwinkel und Angriffswinkel

Der amerikanische Weltrekordwerfer Al CANTELLO hat schon alles gesagt, was zu diesem Bereich anzumerken ist:

„If you're just one degree off, you've blown it. But when you hit it right, it's like steak and potatoes. It's like going to heaven in a wheelbarrow.“ (Wenn Du nur ein Grad abweichst, hast Du es versiebt. Aber wenn Du ihn richtig triffst, ist alles in Butter. Es ist, als ob man über den Wolken schwebt.)

Stimmt die Leistung nicht mit der Abwurfgeschwindigkeit überein, sollte man zuerst den Angriffswinkel überprüfen (Tabelle 2).

Name	Leistung (m)	Abwurfgeschwindigkeit (°)	Angriffswinkel (°)
WHITBREAD (GBR)	76,64	27,3	1
	73,16	26,4	0
	72,14	26,3	-1
	71,34	26,9	0
	69,02	26,8	1
FELKE (GDR)	71,76	27,1	5
	71,56	27,2	5
	70,30	26,7	7

Tabelle 2: Vergleich der Angriffswinkel, WHITBREAD — FELKE, Weltmeisterschaften Rom 1987

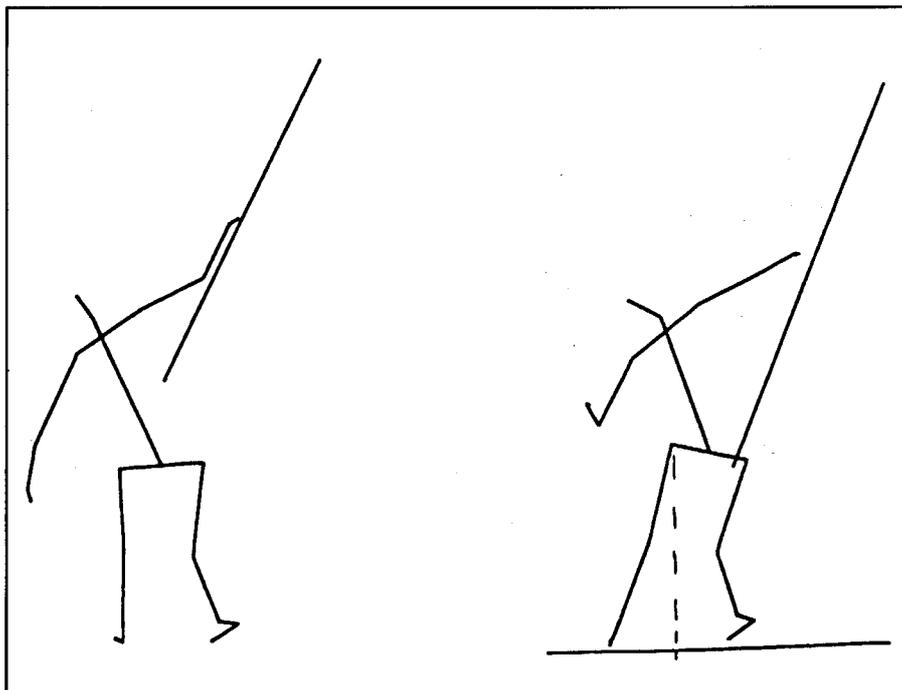


Abbildung 4: links PETERS (FRG) und rechts FELKE (GDR) aus rückwärtiger Ansicht

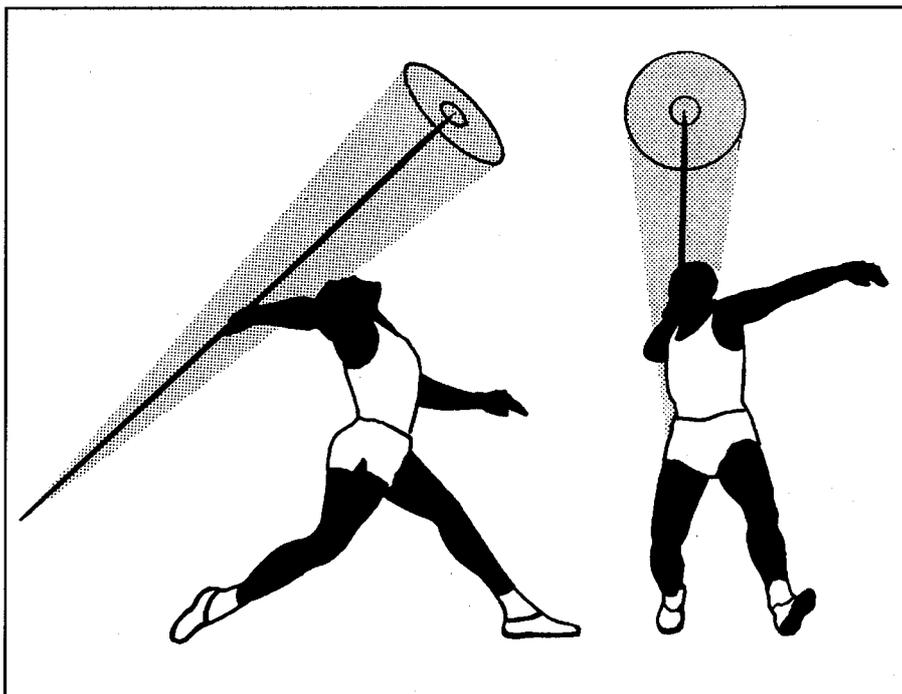


Abbildung 5: Streuwerf (aus: WOLFERMANN/RIEDER, S. 82)

Selbst bei den beiden Weltklassewerferinnen WHITBREAD und FELKE kann man aus der Seitenansicht große Differenzen im Angriffswinkel erkennen. Aber man benötigt bei einigen Werfern auch den Blickwinkel von hinten,

um dann den dreidimensionalen Angriffswinkel zu beurteilen bzw. zu berechnen.

WOLFERMANN/RIEDER (S. 82) schreiben über die Abwurfgenauigkeit: „Dieser große Streuwerf verkleinert sich mit steigendem Können...“

Name (Land)	Leistung (m)	a (°)	$\beta$ xz (°)	$\Sigma$ (°)	$\beta$ yz (°)	3-D- $\Sigma$ (°)
EM 86:						
WHITBREAD (GBR)	72,68	37	42	5	7	-
FELKE (GDR)	70,34	38	42	4	23	-
WM 87:						
WHITBREAD (GBR)	76,64	39	40	1	6	7
FELKE (GDR)	71,76	35	40	5	23	19

Erklärungen:

- a = Abwurfwinkel
- $\beta$  xz = Anstellwinkel (Seitenansicht)
- $\Sigma$  = Angriffswinkel
- $\beta$  yz = Anstellwinkel (Ansicht von hinten)
- 3-D- $\Sigma$  = Angriffswinkel 3 D (räumlich gesehen)

Kommentar:  
Wenn man FELKE nur von der Seite betrachtet, kann man ihr technisches Hauptproblem nicht vollständig erkennen. Aber von hinten gesehen, kann man die Abweichung der Speerspitze seitlich zur Wurfrichtung ohne eine Messung des räumlichen Angriffswinkels gut erkennen.

Tabelle 3: Vergleich der Angriffswinkel ( $\Sigma$ ) in ein-, zwei- und dreidimensionaler Sicht bei der EM 1986 und WM 1987

Name	Leistung	Körperhöhe	durchschn. Schrittlänge	Schrittlänge Schrittlänge/Körpergröße
FELKE	76,82 m	1,72 m	1,65 m	95,9 %
RENK	67,36 m	1,73 m	1,70 m	98,2 %

Tabelle 4: Anlauf-Analyse, Vergleich FELKE — RENK (Länderkampf Düsseldorf 1988)

Name	L2 (2. letzter Schritt)	L1 (Impulsschritt)	L0 (Stemmschritt)	I/S
FELKE	1,69 m	2,06 m	1,20 m	1,71 m
RENK	1,67 m	2,12 m	1,31 m	1,62 m

Tabelle 5: Die drei letzten Schritte und das Verhältnis zwischen Impulsschritt/Stemmschritt (I/S)

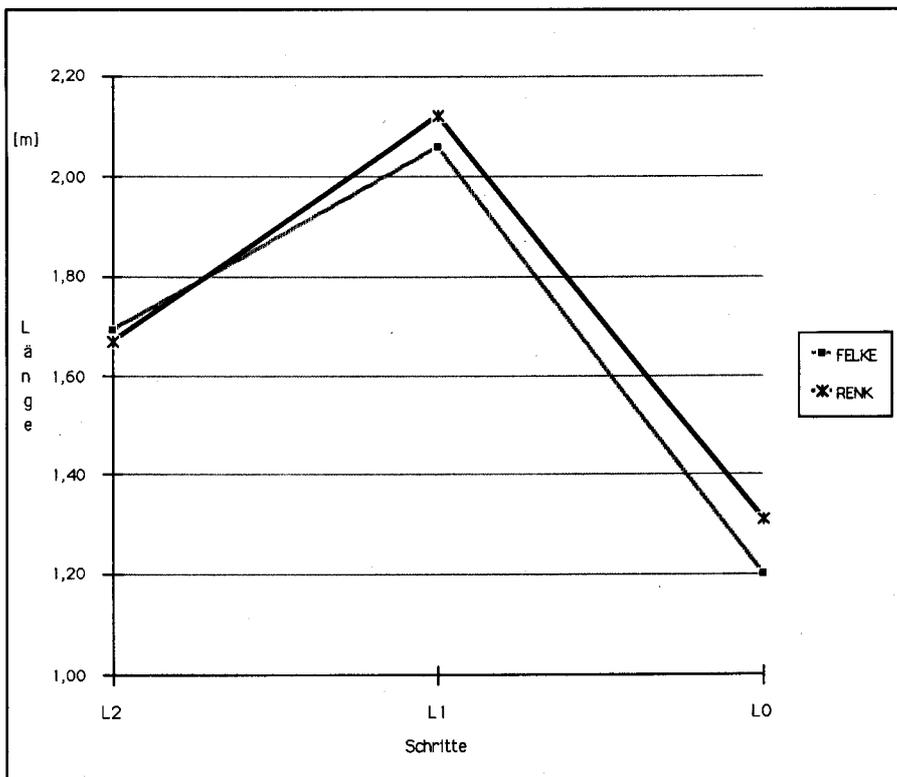


Abbildung 6: Vergleich der Anlauf-Schrittlängen bei FELKE und RENK 1988

Name	L2	L1	L0
FELKE	2,4 %	24,8 %	-27,3 %
RENK	-1,7 %	24,7 %	-22,9 %

Tabelle 6: Prozentuale Abweichung der Schrittlängen der drei letzten Anlaufschritte von der durchschnittlichen Schrittlänge (positiv oder negativ), Länderkampf 1988

### 3. Die Schrittlängen von Impulsschritt und Stemmschritt und deren Verhältnis

Nach welchen Kriterien kann man den Speerwurf-Anlauf beurteilen?

Der Trainer konzentriert seine Aufmerksamkeit beim Beobachten des Speerwurfanlaufes hauptsächlich auf Einzelheiten wie „flüssige Bewegungen“ und eine „Steigerung des Bewegungsrhythmus in den Abwurf hinein“, und hat deshalb große Probleme, Zahlen über die Anlaufgestaltung „zu lesen“.

Hier haben wir wieder den Bedarf für Vergleichszahlen, sprich eine Datenbank!

Man könnte vergleichen:

- Schrittlängen eines Athleten von Jahr zu Jahr
- Schrittlängen eines Athleten mit denen eines anderen
- Athleten (gleiche Körpermaße).

Und dann kann man die Zahlen bearbeiten, um bessere Vergleiche durchzuführen und allgemeingültige Modelle zu entwickeln:

- \* Durchschnittliche Schrittlänge
- \* Das Verhältnis zwischen durchschnittlicher Schrittlänge und Körpergröße
- \* Das Verhältnis zwischen den Schrittlängen des Impulsschrittes und des Stemmschrittes (I/S)
- \* Die prozentuale Abweichung der Schrittlängen der drei bis vier letzten Anlaufschritte von der durchschnittlichen Schrittlänge (positiv oder negativ)

(Beispiele siehe Tabellen 4 bis 6 und Abbildungen 6 und 7 [in der nächsten LdLa]).

Fortsetzung in der nächsten LdLa

Edward Harnes

## Verwendung biomechanischer Meßdaten in der Trainingspraxis von Speerwerferinnen

Fortsetzung aus LdLa 38/90

Nach einer Untersuchung der Schrittlängen der drei bis vier letzten Anlaufschritte bei Weltklassewerferinnen zeichnen sich folgende Tendenzen ab:

- \* Die durchschnittliche Schrittlänge sollte ungefähr 95-98 % der Körperhöhe betragen.
  - \* L3 ist der zweitkürzeste Schritt von den vier letzten Schritten.
  - \* L2 ist kürzer als L1.
  - \* L1 ist der weiteste Schritt.
  - \* L0 ist der kürzeste Schritt.
- Der Impulsschritt sollte mindestens 10 bis 15 % weiter als die durchschnittliche Schrittlänge sein (Weltklasse bis 25%).
  - Der Stemmschritt sollte mindestens 10 bis 15 % kürzer als die durchschnittliche Schrittlänge sein (Weltklasse bis 25%).

Als Empfehlung für die praktische Arbeit eines Trainers könnten Tabellen 7 und 8 dienen.

### 4. Anlaufgeschwindigkeit

Nach welchen Kriterien kann man die Anlaufgeschwindigkeit beurteilen?

Jeder Speerwurftrainer weiß, daß der Speerwerfer nicht mit seiner maximalen Geschwindigkeit anlaufen darf; für einen bestimmten Athleten gibt es nur eine optimale Anlaufgeschwindigkeit für einen bestimmten Zeitpunkt der Saison.

Wenn man junge Speerwerfer im Anlauf beobachtet, ist deren größtes Problem, die Anlaufgeschwindigkeit nach der Rückführung beizubehalten.

Ich werde in diesem Zusammenhang zwei Fragestellungen behandeln:

A: Wie schnell laufen Weltklassewerferinnen im Vergleich zu jungen Werferinnen an?

B: Wie gut können Weltklassewerferinnen ihre Anlaufgeschwindigkeit nach der Rückführung im Vergleich zu jungen Werferinnen beibehalten?

Zu A: Wie schnell laufen Weltklassewerferinnen im Vergleich zu jungen Werferinnen an?

Wie man in Tabelle 9 und in Abbildung 8 sehen kann, haben Weltklassewerferinnen auf den drei letzten Anlaufschritten vor dem Stemmschritt eine Anlaufgeschwindigkeit von etwa 6,5 bis 7,0 m/sec. Junge Werferinnen können normalerweise ihr Potential mit einer Anlaufgeschwindigkeit von 5,0 bis 6,0 m/sec erreichen.

Zu B: Wie gut können Weltklassewerferinnen ihre Anlaufgeschwindigkeit nach der Rückführung im Vergleich zu jungen Werferinnen beibehalten? (siehe Tabelle 10)

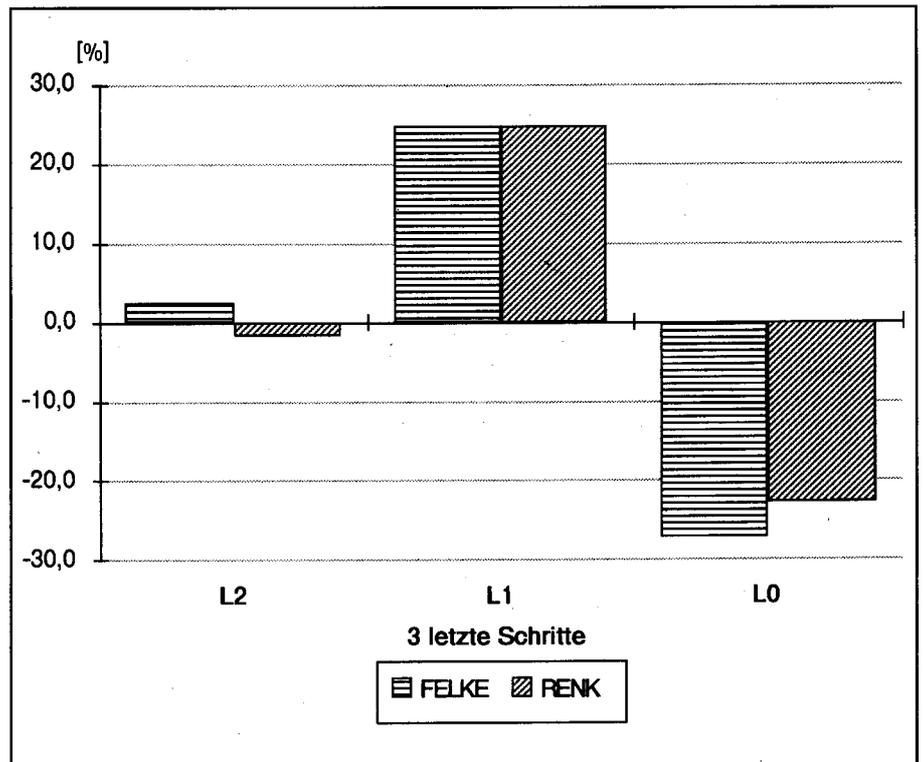


Abbildung 7: Abweichung der durchschnittlichen Schrittlängen bei FELKE und RENK 1988

Körpergröße	durchschn. Schrittlänge 95-98 % der Körpergröße	Impulsschritt-Länge >15-20 % des Durchschnitts	Stemmschritt-Länge <15-20 % des Durchschnitts
1,60 m	1,52-1,57 m	1,75-1,82 m	1,29-1,37 m
1,70 m	1,62-1,67 m	1,86-1,94 m	1,37-1,45 m
1,80 m	1,71-1,76 m	1,97-2,05 m	1,45-1,54 m

Tabelle 7: Körpergröße und minimale Anlauf-Schrittlängen der Weltklasse

Körpergröße	durchschn. Schrittlänge 80-85 %	Impulsschritt-Länge >10-15 %	Stemmschritt-Länge <10-15 %
160 m	128-136 m	141-147 m	109-115 m
170 m	136-144 m	150-156 m	116-122 m
180 m	144-153 m	158-166 m	122-130 m

Tabelle 8: Körpergröße und minimale Anlaufschrittlängen bei jungen Werferinnen

Name	Leistung	V3	V2	V1
WHITBREAD	76,64 m	6,6 m/s	6,9 m/s	6,5 m/s
KNOLL	53,36 m	5,8 m/s	5,8 m/s	5,4 m/s
DARLOCK	46,08 m	5,4 m/s	5,4 m/s	5,1 m/s

Tabelle 9: Anlaufgeschwindigkeit einer Weltklasseathletin im Vergleich mit jungen Werferinnen

Name	Leistung	V3	V2	V1
GRAUNE	60,38 m	6,8 m/sec	6,6 m/sec	5,7m/sec
SCHARSCHMIDT	44,76 m	6,1 m/sec	5,9 m/sec	5,0 m/sec
WM 1987:				
WHITBREAD	76,64 m	6,6 m/sec	6,9 m/sec	6,5 m/sec

Tabelle 10: Ausgewählte Würfe mit einem Geschwindigkeitsverlust im Impulsschritt (Bruchköbel, 9.5.1987)

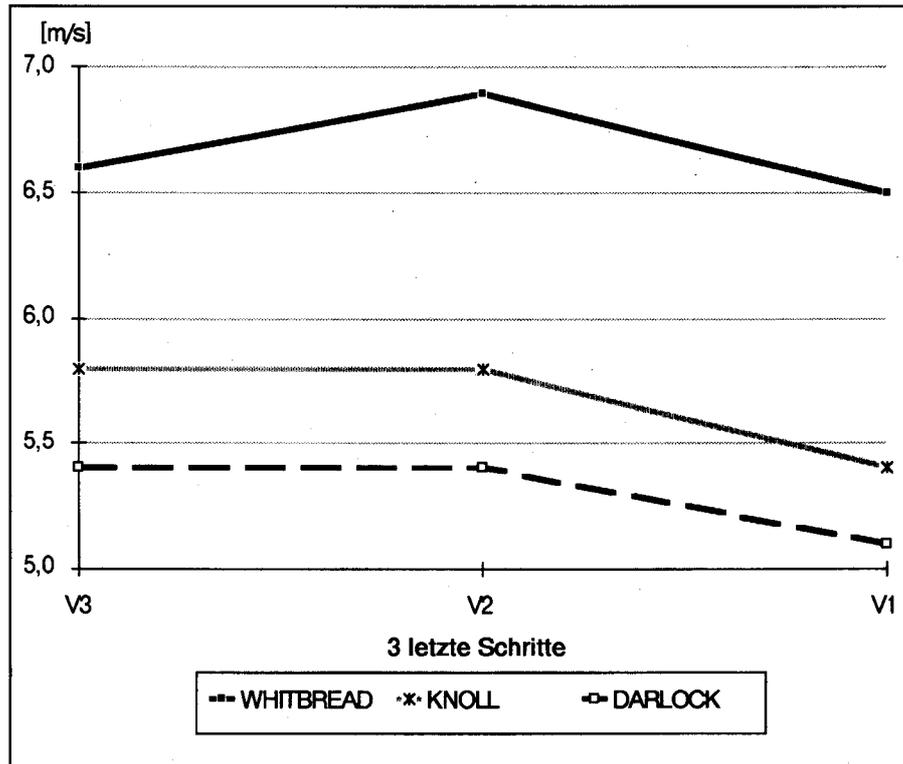


Abbildung 8: Vergleich der Anlaufgeschwindigkeiten einer Weltklasseathletin mit jungen Werferinnen

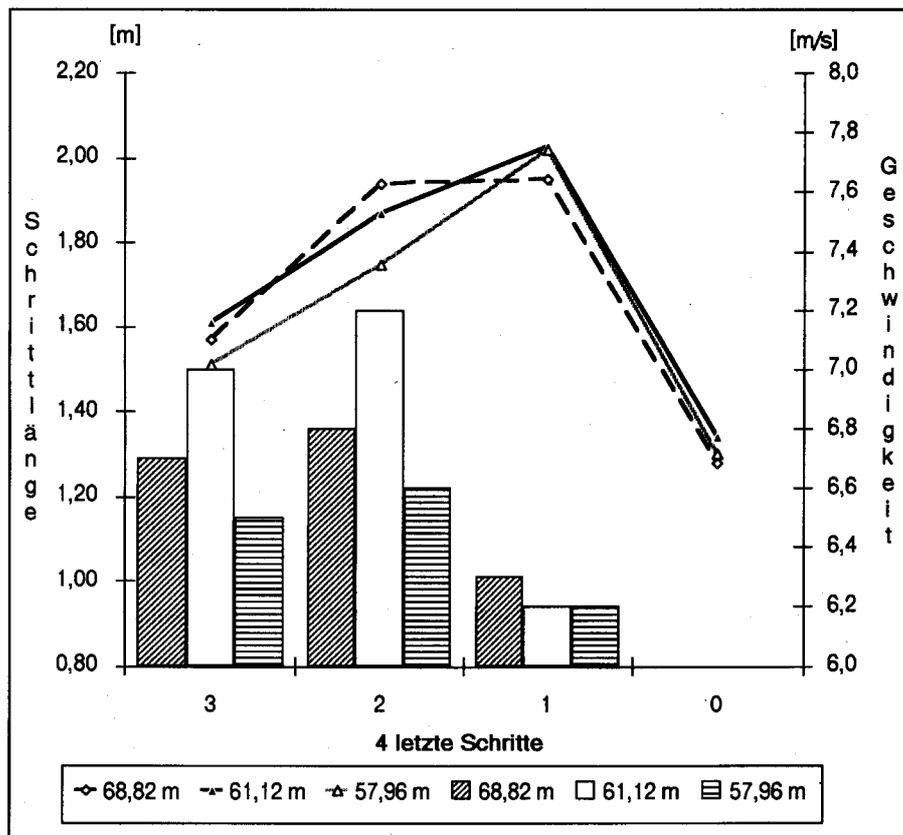


Abbildung 9: Schrittlängen und Geschwindigkeiten bei B. PETERS, WM 1987

Um verschiedene Würfe bzw. Werfer vergleichen zu können, schlage ich vor, daß man den Geschwindigkeitsverlust zwischen V3 und V1 in Prozenten (%) berechnet (siehe Tabelle 11).

Diese Tabelle zeigt, daß die Größe des Geschwindigkeitsverlustes zwischen V3 und V1, in Prozenten ausgedrückt, eine genaue Zahl für gute oder schlechte Werfer/Würfe darstellt, z.B.

- über 70 m: 2-5 %
- über 60 m: 5-10 %
- über 50 m: 10-15 %.

Verstehen Sie mich richtig:

Dies ist nur der Trend unseres Zahlenmaterials - alle Speerwerfer/innen sollten bemüht sein, keine Anlaufgeschwindigkeit beim Impulsschritt zu verlieren!

Wie bereits erwähnt: Der Trainer konzentriert seine Aufmerksamkeit beim Beobachten des Speerwurf-Anlaufs hauptsächlich auf Einzelheiten wie „flüssige Bewegungen“ und „Steigerung des Bewegungsrhythmus in den Abwurf hinein“ und hieraus lernt man, daß der Werfer auf den letzten Schritten nicht beschleunigt, sondern daß der gute Werfer die Anlaufgeschwindigkeit besser beibehält als der schlechtere Werfer.

## 5. Beschleunigungsweg

Der Beschleunigungsweg der Abwurfphase beginnt, wenn das Stemmbein landet und endet, wenn der Speer die Hand verläßt.

Der Beschleunigungsweg wird bestimmt von:

- den Körpermaßen
- der Körperrücklage
- dem Ellbogenwinkel im Wurfarm zu Beginn des Abwurfs
- der Verwindung des Oberkörpers (Maximum der Verwindung, wenn die Schulterachse parallel zur Wurfriechtung am Anfang der Abwurfphase steht)
- dem Hinterherschlagen/-gehen der Wurfhand (siehe Tabelle 12).

Im gesamten Zahlenmaterial zeigt sich kein klarer Trend, wie ihn sich ein Trainer wünscht, z.B. daß immer ein langer Beschleunigungsweg eine große Weite bzw. hohe Abwurfgeschwindigkeit bedeutet. Man sollte natürlich weiterhin einen langen Beschleunigungsweg anstreben, da die Formel „Weg mal Kraft“ immer noch die Leistung bestimmt. Unsere DLV-Werferinnen haben im Vergleich zur Weltspitze einen ausreichenden Beschleunigungsweg, also müßte es an entsprechenden Kraftfähigkeiten fehlen...

## Anhang: Datenbank biomechanischer Parameter — Möglichkeiten des Vergleichs

Um die Möglichkeiten einer Datenbank biomechanischer Parameter aufzuzeigen und den Bedarf an weiteren Messungen zu unterstreichen, möchte ich an dieser Stelle einige Beispiele der unzähligen Vergleichsmöglichkeiten aufzeigen.

In einer solchen Datenbank hat man die Möglichkeit, eine oder mehrere Parameter zu vergleichen:

- ein Athlet - ein Wettkampf
- ein Athlet - mehrere Jahre
- mehrere Athleten - ein Wettkampf
- alle Athleten - alle Wettkämpfe

Name	Leistung	Geschwindigkeitsverlust
PETERS	60,68 m	6,3 %
GRAUNE	60,38 m	16,2 %
SCHARSCHMIDT	44,76 m	18,0 %
WM 1987:		
WHITBREAD	76,64 m	1,5 %

Tabelle 11: Ausgewählte Würfe mit einem Geschwindigkeitsverlust zwischen V3 und V1 (Bruchköbel, 9.5.1987)

Name	Körpergröße	Beschleunigungsweg	Rücklage	Ellbogenwinkel	Hinterher-schlagen
PETERS	1,77 m	1,51 m	25 °	136 °	0,46 m
THYSSEN	1,71 m	1,59 m	32 °	136 °	0,35 m
ALIZADEH	1,71 m	1,49 m	25 °	136 °	0,34 m
GRAUNE	1,79 m	1,57 m	29 °	139 °	0,30 m

Tabelle 12: Vergleich von Parametern, die für den Beschleunigungsweg relevant sind (DM 1988)

Nachfolgend einige Beispiele von Beate PETERS:

- Schrittlängen bei der WM 1987, PETERS
- Anlaufgeschwindigkeit/Weiten WM 1987, PETERS
- Verhältnis von V1/V0 bei der WM 1987 und bei allen Würfen von PETERS
- Rücklage/Beschleunigungsweg/Weiten aller Würfe von PETERS

Die Variationsbreite der Schrittlängen der letzten vier Schritte kann man im Liniendiagramm der *Abbildung 9* an der linken Achse ablesen. Man erkennt hier die intraindividuellen Schwankungen bei einem bestimmten Wettkampf; besonders groß fällt die Differenz zwischen dem 68,82- und dem 57,96-m-Wurf aus.

Die Variationsbreite der Anlaufgeschwindigkeit der letzten vier Schritte kann man anhand des Säulendiagramms an der rechten Achse ablesen. Auch hier ist eine große Differenz zwischen dem langsamen Anlauf beim 68,82-m-Wurf und dem viel schnelleren beim 57,96-m-Wurf vorhanden: die gesteigerte Anlaufgeschwindigkeit hat den optimalen Bereich über-

schritten und wirkt sich negativ aus.

Das Verhältnis zwischen Abwurfgeschwindigkeit ( $v_0$ ) und Anlaufgeschwindigkeit ( $v_1$ ) ist für die einzelne Athletin in einer Saison ziemlich konstant, d.h. es gibt eine optimale Anlaufgeschwindigkeit, die zu einer maximalen Abwurfgeschwindigkeit führt. *Abbildung 10* soll zeigen, daß diese Verhältniszahl ( $v_1$  in Prozent von  $v_0$ ) bei einer Athletin in einem Wettkampf Schwankungen unterworfen ist, was aber dann auch zu anderen Wurfweiten führt.

Den Lehrbüchern zufolge ist das Verhältnis von Beschleunigungsweg und Rücklage klar: eine möglichst große Rücklage und ein maximaler Beschleunigungsweg sind anzustreben.

In dem bisher gesichteten Material ging man davon aus, daß große Weiten mit einer großen Rücklage erreicht wurden. *Abbildung 11* soll nur die Schwankungsbreite einer bestimmten Athletin zeigen, d.h. der Beschleunigungsweg von B. PETERS hatte eine Variationsbreite von mehr als 30 cm ( $\pm 7,5\%$ ) und die Rücklage variierte in einem Bereich von 2 und 5° ( $\pm 5\%$ ). Nebenbei sei erwähnt, daß auch FELKE sich in

diesem Bereich befindet; bei einem 76,82-m-Wurf war ihre Rücklage 28° und der Beschleunigungsweg betrug 1,20 m.

Diese wenigen Werte einer Athletin während eines Wettkampfes zeigen dennoch den Trend bei den restlichen Auswertungen: Es ist kaum möglich, eine größere Rücklage bei höheren Anlaufgeschwindigkeiten zu erzielen.

These: Eine große Rücklage und eine hohe Geschwindigkeit passen nicht zusammen (siehe *Abbildung 12*).

### Möglichkeiten, biomechanische Daten in den Trainingsprozeß von Speerwerfern zu übertragen - ein Beispiel

In einem früheren Beitrag (HARNES) wurden die Ergebnisse von Messungen der Schrittlängen der vier letzten Schritte bei Kaderathletinnen über zwei Jahre (1985 bis 1987) vorgestellt. *Abbildung 13* zeigt die Veränderungen im Schrittrhythmus der Deutschen Meisterin 1989, Brigitte GRAUNE in diesem Zeitraum.

Es soll hier dargestellt werden, wie ich als Trainer von B. GRAUNE versucht habe, Informationen aus biomechanischen Analysen bei der DM 1989 im Training zu berücksichtigen.

Nach genauer Auswertung des (viel zu spät vorliegenden) Analysebogens beschloß ich, an folgenden zwei Schwerpunkten im Winter zu arbeiten:

- Den Angriffswinkel zu reduzieren und
- die Anlaufgeschwindigkeit im Impulsschritt zu steigern.

### Reduzierung des Angriffswinkels

Als ich die verschiedenen Parameter von GRAUNEs Siegeswurf bei der DM mit anderen meiner Datenbank verglich, fiel mir auf, daß ihre Abwurfgeschwindigkeit nicht mit der Leistung übereinstimmte (*Tabelle 13*).

Bei ähnlichen optimalen Bedingungen, wie sie bei den WM 1987 herrschten, müßte also B. GRAUNE das Potential für ein Ergebnis über 67 m haben. Als ich weitere Parameter dieser

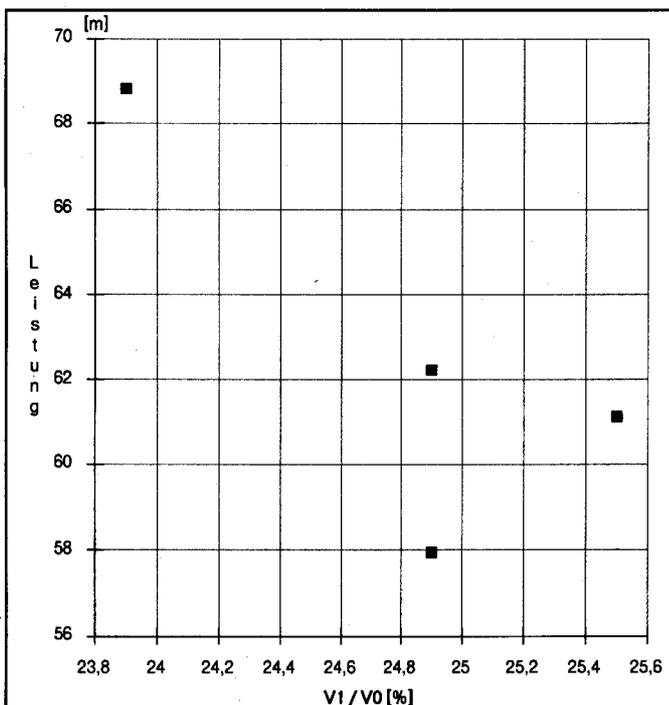


Abbildung 10: Vergleich der Wettkampfleistung mit dem Verhältnis von Abwurf- und Anlaufgeschwindigkeit bei B. PETERS, WM 1987

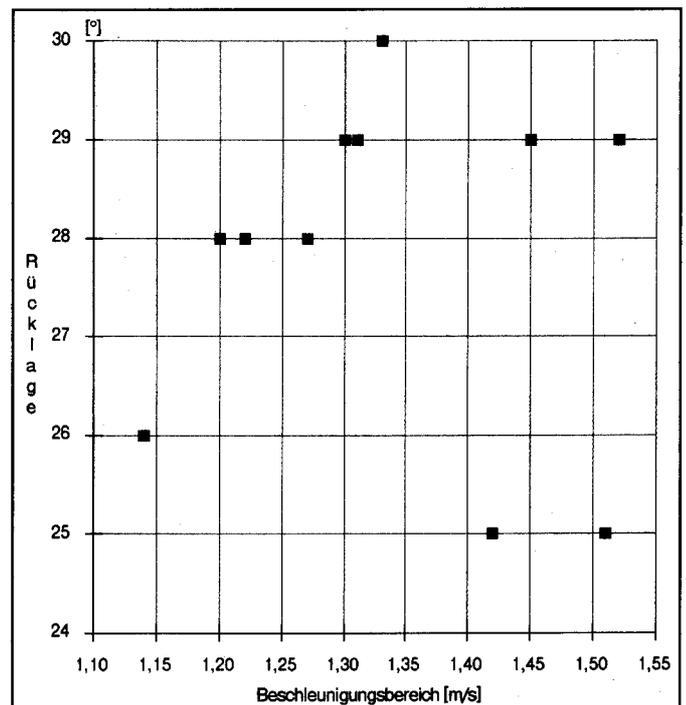


Abbildung 11: Vergleich von Beschleunigungsweg und Rücklage bei B. PETERS, WM 1987

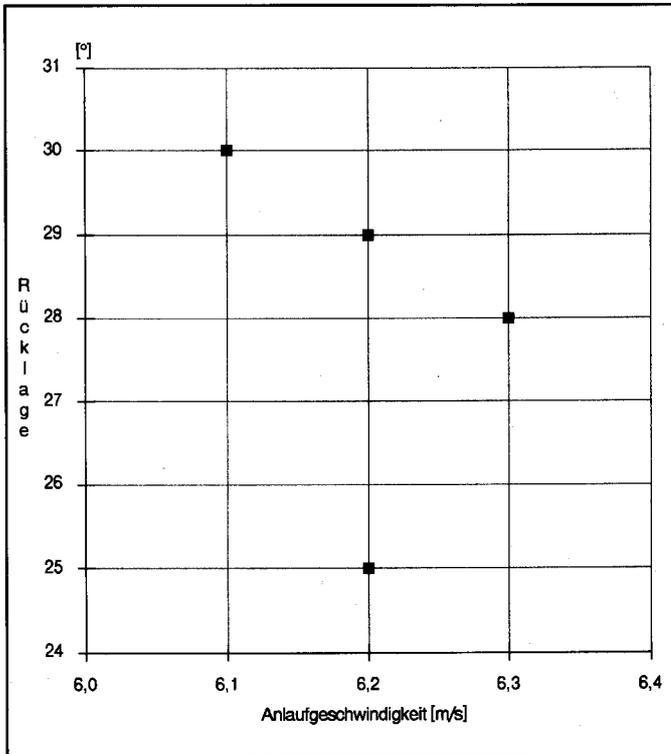


Abbildung 12: Vergleich von Rücklage und Anlaufgeschwindigkeit bei B. PETERS, WM 1987

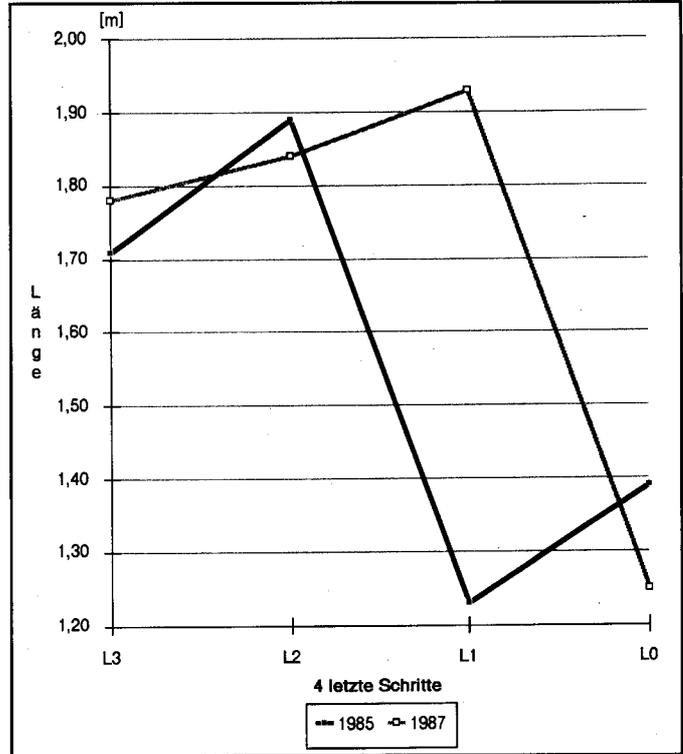


Abbildung 13: Schrittlängen der letzten vier Anlaufschritte bei B. GRAUNE 1985 und 1987

Name	Leistung	Abwurfgeschwindigkeit
GRAUNE WM 87:	63,98 m	25,8 m/sec
SANDERSON (GBR)	67,54 m	25,5 m/sec
JUNG (GDR)	67,46 m	25,9 m/sec

Tabelle 13: Vergleich von Leistung und Abwurfgeschwindigkeit

Name	Leistung	Angriffswinkel	Abwurfwinkel/Anstellwinkel
GRAUNE WM 87:	63,98 m	7 °	32/39 °
SANDERSON	67,54 m	3 °	34/37 °
JUNG	67,46 m	2 °	36/38 °

Tabelle 14: Vergleich von Angriffswinkel und Leistung

Name	Geschwindigkeitsverlust L3-L1	V3	V2	V1
GRAUNE	15,4 %	6,5 m/sec	6,4 m/sec	5,5 m/sec
FELKE	1,5 %	6,7 m/sec	6,8 m/sec	6,4 m/sec

Tabelle 15: Vergleich des Geschwindigkeitsverlustes im Impulsschritt

Werferinnen verglich, stellte ich die in Tabelle 14 dargestellten Differenzen fest.

In Tabelle 2 wurde bereits ein maximal erreichbarer Angriffswinkel von null Grad (WHIT-BREAD) erwähnt. Die sieben Grad von GRAUNE sind dementsprechend entscheidend zu viel.

**Steigerung der Anlaufgeschwindigkeit im Impulsschritt**

Beim Studieren der weiteren Parameter des Meisterschaftswurfs von GRAUNE fiel besonders der Geschwindigkeitsverlust im Impulsschritt im Vergleich zu anderen guten Werferinnen in der Datenbank auf (siehe Tabelle 15 sowie Abbildung 14 [in der nächsten LdLa]).

Nachdem nun festgestellt wurde, welche Hauptprobleme in der Technik vorhanden sind,

ist der Trainer gefragt - er hat zu entscheiden, welche Übungen diese Fehler beheben können.

Die nachfolgenden Übungen zur Verbesserung des Angriffswinkels und der Erhaltung der Anlaufgeschwindigkeit wurden auf Basis folgender Kriterien zusammengestellt:

- a) Verbesserung der räumlichen Wahrnehmung
- b) Verbesserung der zeitlichen Wahrnehmung
- c) Kontrolle der Dynamik der Bewegung
- d) Disziplinspezifisches Training der Gewandtheit.

**Übungen zur Verbesserung des Angriffswinkels**

- a) Verbesserung der räumlichen Wahrnehmung
  - Laufen (mit Speer) mit gestrecktem Arm: Wurfhand höher oder tiefer auf Kommando

bzw. ohne Kommando, dann aber beim Überlaufen von Markierungen

- Laufen (mit Speer) mit gestrecktem Arm: Speerspitze höher oder tiefer (hoch über Kopf oder am Kinn) auf Kommando bzw. ohne Kommando, dann aber beim Überlaufen von Markierungen
- Werfen mit verschiedenen Angriffswinkeln, negativ oder positiv - zuerst aus dem Stand, dann mit zwei bis vier Schritten Anlauf
- Übungen wie oben, aber mit geschlossenen Augen

b) Verbesserung der zeitlichen Wahrnehmung

- Übungen wie oben, aber in festgelegten Geschwindigkeiten über 10, 20 oder 30 Meter

Tips für den Trainer:

Zeiten für verschiedene Strecken:

Geschwindigkeit	10 m	20 m	30 m
5,0 m/sec	2,0 sec	4,0 sec	6,0 sec
5,5 m/sec	1,8 sec	3,6 sec	5,4 sec
6,0 m/sec	1,7 sec	3,3 sec	5,0 sec
6,5 m/sec	1,5 sec	3,0 sec	4,6 sec

Fortsetzung in der nächsten LdLa

Edward Harnes

## Verwendung biomechanischer Meßdaten in der Trainingspraxis von Speerwerferinnen

Fortsetzung aus LdLa 39/90

### c) Kontrolle der Dynamik der Bewegung

- Werfen mit verschiedener Intensität (d.h. vorgegebene Weiten) unter Beachtung des Angriffswinkels (bzw. mit verschiedenen Angriffswinkeln), auch mit geschlossenen Augen

### d) Disziplinspezifisches Training der Gewandtheit

- Alle vorangegangenen Übungen werden durchgeführt, aber der Speer wird mit dem Nicht-Wurfarm gehalten.

### Übungen zur Erhaltung der Anlaufgeschwindigkeit

#### a) Verbesserung der räumlichen Wahrnehmung

- Laufen (mit Speer) mit gestrecktem Arm; Aufgabe: eine bestimmte Anzahl von Schritten über 20 m (oder 30 m) fliegend, z.B.:

Strecke	Anzahl der Schritte	Schrittlänge
20 m	13	1,54 m
20 m	12	1,67 m
20 m	11	1,82 m

- Laufen (mit Speer) mit gestrecktem Arm; Aufgabe: Impulsschritt-Serien verschiedener Schrittlängen, d.h., eine bestimmte Anzahl von Schritten über 20 m (oder 30 m) fliegend, z.B.:

20 m: 10 Schritte = 2,00 m Schrittlänge

- Die gleiche Übung, aber kombiniert mit Würfungen: erst Bälle dann Speere
- Übungen wie oben, aber mit geschlossenen Augen

#### b) Verbesserung der zeitlichen Wahrnehmung

- Laufen (mit Speer) mit gestrecktem Arm; auch Läufe mit Rückführung: mit Zeitvorgabe (raten - erfahren)

- Würfe aus bestimmten Anlaufängen mit Stoppen der Gesamtzeit; Zeitvorgabe raten - erfahren

- Übungen wie oben, aber mit geschlossenen Augen

### c) Kontrolle der Dynamik der Bewegung

- Laufen (mit Speer) mit gestrecktem Arm; auch Läufe mit Rückführung: aufwärts oder abwärts laufen

- Übungen wie oben, aber mit Wurf: erst Ball, dann Speer

- Übungen wie oben, aber mit geschlossenen Augen

### d) Disziplinspezifisches Training der Gewandtheit

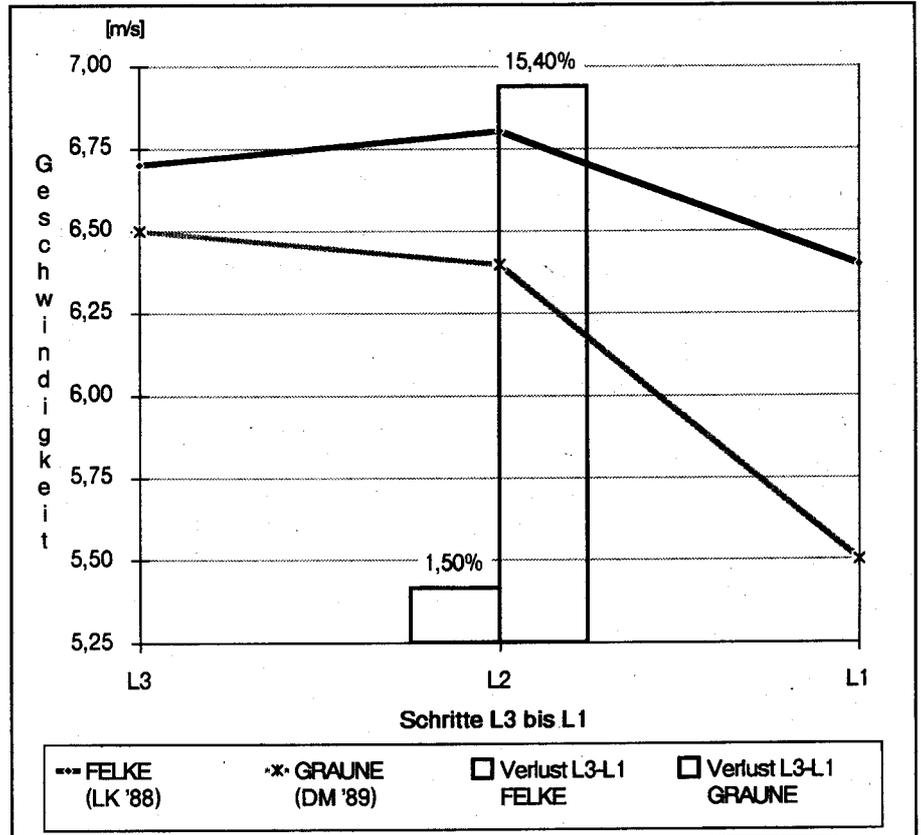


Abbildung 14: Vergleich der Anlaufgeschwindigkeit von FELKE und GRAUNE

- Anlaufformen mit und ohne Speer-Rückführung, linksherum (Rechtswerber)
- Anlaufformen auf verschiedenem Untergrund
- Anlaufformen mit Zusatzaufgaben für den linken Arm/Kopf usw.
- Übungen wie oben, aber mit geschlossenen Augen

### Abschließende Bemerkungen

- Wir haben in der Bundesrepublik unzählige biomechanische Daten, die nur darauf warten in einer Form aufbereitet zu werden, die auch der Trainer verstehen kann. Damit würde er in die Lage versetzt, diese Informationen in den Trainingsprozeß einzubinden. Ich denke hier an grafische Darstellungen, verschiedene Vergleiche usw.
- Die Biomechaniker sollten nicht mehr versuchen, bisher nie ermittelte Winkel zu definieren, sondern eher die Veränderungen von gewissen Kerndaten mehrerer Athleten über längere Zeit studieren.
- Man sollte Meßsysteme für Abwurfgeschwindigkeiten, die eine möglichst schnelle Rückkopplung ermöglichen und damit eine

bessere Steuerung und Regelung des Trainingsprozesses sicherstellen, entwickeln und dem Trainer und Sportler zur Verfügung stellen.

4. Als ein Beispiel für den Abstand zwischen Traum und Wirklichkeit der Integration der Biomechanik in die Trainingspraxis aus der Sicht des Trainers soll abschließend angemerkt werden, daß es im Olympiastützpunkt Köln/Bonn/Leverkusen (dem Anschein nach,

Lehrbildreihe Nr. 1141

## Speerwurf

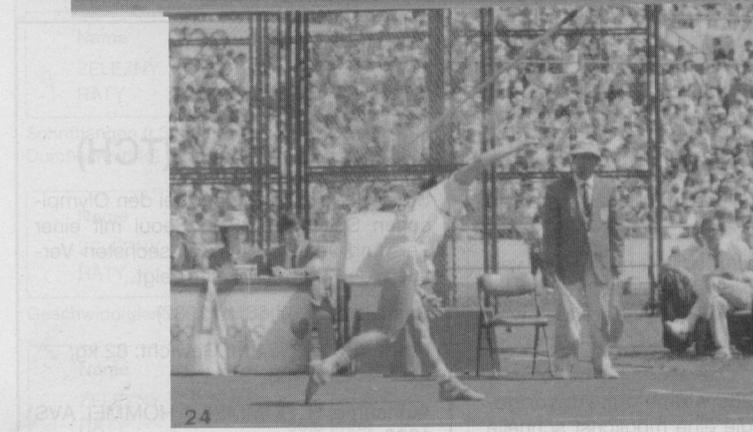
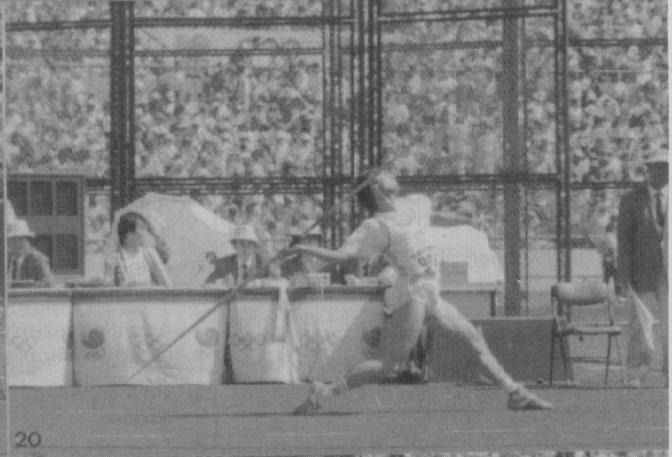
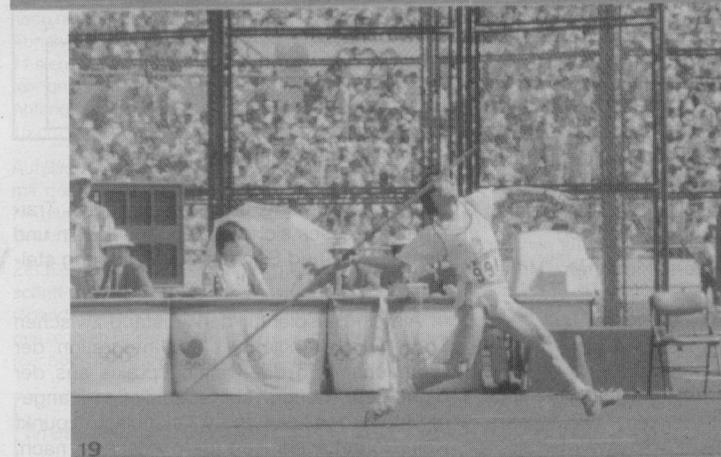
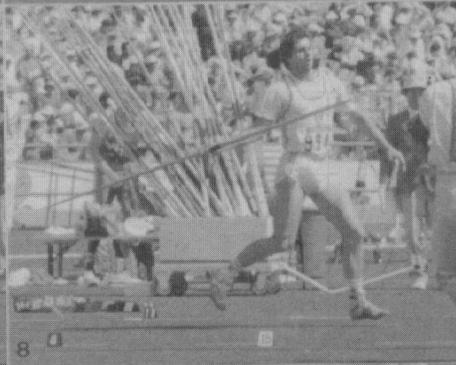
### Jan ZELEZNY (TCH)

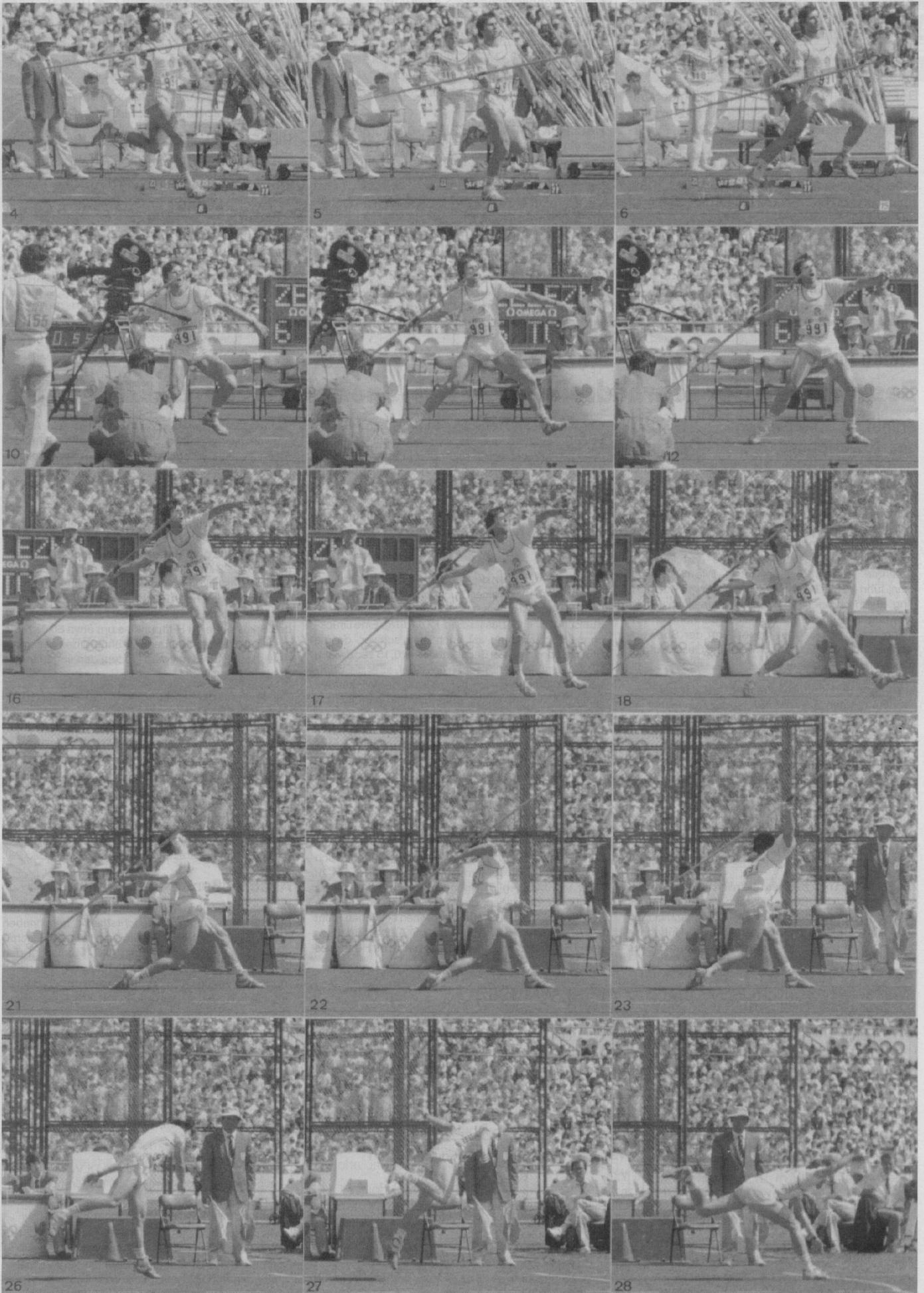
Silbermedaillengewinner bei den Olympischen Spielen 1988 in Seoul mit einer Leistung von 84,12 m im sechsten Versuch, den diese Bildreihe zeigt.

Bestleistung: 87,66 m (1987)

Körpergröße: 1,84 m; Gewicht: 82 kg; geb.: 16.06.1966

Aufnahme: H. HOMMEL © HOMMEL AVS 1990





howibah-regisled

1990

siehe TiA-Kongreß, dem „Nabel der Welt“ der Biomechanik) nicht möglich war, irgendeine biomechanische Hilfestellung für Brigitte GRAUNE in ihrer Europameisterschafts-Vorbereitung ab Oktober 1989 zu bekommen.

## Literatur

BALLREICH, R.; MENZEL, H.-J.: Biomechanische Technikanalyse - Speerwurf-Lehrgang. Unveröffentlichter Bericht an den BA-L. Frankfurt 1985

BALLREICH, R.; MENZEL, H.-J.: Biomechanische Technikanalyse - Speerwurf, DM 1985. Unveröffentlichter Bericht an den BA-L. Frankfurt 1985

BALLREICH, R.; MENZEL, H.-J.: Biomechanische Technikanalyse - Speerwurf, EM 1986 Stuttgart. Unveröffentlichter Bericht an den BA-L. Frankfurt 1986

BALLREICH, R.; MENZEL, H.-J.: Biomechanische Technikanalyse - Speerwurf-Lehrgang. Unveröffentlichter Bericht an den BA-L. Frankfurt 1987

BALLREICH, R.; MENZEL, H.-J.: Biomechanische Technikanalyse - Speerwurf, DM 1987. Unveröffentlichter Bericht an den BA-L. Frankfurt 1987

BALLREICH, R.; MENZEL, H.-J.: Biomechanische Technikanalyse - Speerwurf, DM 1989. Unveröffentlichter Bericht an den BA-L. Frankfurt 1989

CANTELO, A.: Zit. in: Robert SING, The Dynamics of the Javelin Throw. Cherry Hill 1984, S. 24.

HARNES, E.: Zum Anlaufrythmus beim Speerwerfen der Frauen. *LdLa* 21,22,23/1988 in LA 22, 23, 25/1988

MENZEL, H.-J.: Biomechanische Technikanalyse - Speerwurf WM 1987 in Rom. London 1988

MENZEL, H.-J.: Zur Biomechanik von Schlagwurfbewegungen. Empirische Untersuchungen am Beispiel des Speerwurfs. Beiträge zur Sportwissenschaft, Hrg. von H. Altenberger und E. Rümmele, Bd. 9. Frankfurt/Main 1988

RIEDER, H.; WOLFERMANN, K.: Klaus Wolfermann Speerwerfen. München 1973

TERAUDS, J.: Biomechanics of the Javelin Throw. Del Mar 1985

## Autor

Edward HARNES  
Schiffgesweg 26  
5026 Pulheim 2

Edward Harnes

## Besprechung der Lehrbildreihe Nr. 1141, Speerwurf, Jan ZELEZNY (TCH)

### Anlauf bis zum Beginn der Abwurfphase

Auf *Bild 1* schließt ZELEZNY den zyklischen Anlaufteil ab. Er führt nun, genau gesagt, einen 5 1/2-Schritt-Rhythmus durch. Noch vor der Landung auf dem rechten Bein (*Bild 5*), senkt er die rechte Schulter zur Einleitung des Rundschwunges ab (*Bild 3*). Nebenbei bemerkt: Uns Skandinaviern ist die Entstehung der deutschen Einteilung in „schwedische“ und „finnische Abnahme“ immer noch ein Rätsel. Wie man sehen kann, führt ZELEZNY hier keine geradlinige Rückführung durch, sondern den Speer über einen Rundschwung in Hüfthöhe nach hinten. Bei höheren Anlaufgeschwindigkeiten ist diese Form der Speerabnahme allerdings nur sehr schwer ohne Geschwindigkeitsverlust zu realisieren.

Nach zwei Schritten (links/rechts), bei der Landung auf dem rechten Bein (*Bild 9*), ist der Rundschwung noch nicht ganz zu Ende geführt. Die Beendigung der Abnahme findet zwischen *Bild 9* und *10* statt. Auf *Bild 11* sieht man eine beispielhafte Phase: Speer-, Schulter- und Hüftachse zeigen alle in Wurfriechung. Der Anfänger sollte hier jedoch die Wurfhand etwa 10 bis 15 cm höher halten.

Auf *Bild 12* erkennt man, wie die greifende Bewegung mit dem linken Bein die Adduktoren stark belastet. Negativ ist hier das Schleifen der rechten Fußspitze zu bewerten.

ZELEZNY setzt nun zu einem ziemlich flachen Impulsschritt an (*Bild 14*). Die sehr große Verwindung des Oberkörpers verhindert natürlich ein Durchschwingen des rechten Beines nach vorne, da sich die Hüftachse hier noch fast parallel zu Wurfriechung befindet. Dies

führt dann zu einer ungenügenden Rücklage in *Bild 16* bei der Landung auf Rechts. Das rechte Bein ist nahezu gestreckt, etwas mehr Beugung bzw. Rücklage wären wünschenswert. Die Knie- und Fußposition des rechten Beines ist aber sehr schön nach vorne gerichtet. Was auf diesem *Bild (16)* noch sehr gut ist, ist die große Überhol- bzw. Scherbewegung des linken Beines.

### Abwurf

Nach dem Aufsetzen des rechten Fußes kann man bei einigen Werfern von einer Druckphase sprechen (bspw. BACKLEY, GBR), was aber hier nicht erkennbar ist; ZELEZNY ist eher passiv (*Bild 17* und *18*). Eine Druckphase zu realisieren, ist auch sehr schwer, da die Stützzeit des rechten Beines nur etwa 0,15 sec dauert! Die Speerspitze bleibt schön am Kopf, aber die Wurfhand weiterhin ziemlich tief, so daß der Winkel des Speeres zur Horizontalen entsprechend groß ist (das Speerende berührt fast den Boden). Manche Trainer wünschen sich in dieser Phase eine etwas größere Beugung im rechten Bein; ich finde, daß sie hier bei ZELEZNY gerade noch ausreicht (schätzungsweise 120°). Mir gefällt besonders gut, wie er mit dem rechten Knie und Fuß geradeaus nach vorne arbeitet.

Auf den *Bildern 19 bis 22* kann man gut erkennen, wie der Hüfteinsatz vor dem Schulter- und Armeinsatz erfolgt. Was mir persönlich weniger gut gefällt, ist die tiefe Ellbogenführung in *Bild 19* und *20*. Mechanisch gesehen führt dieser Armeinsatz weit vom Kopf zu einer viel höheren Abwurfgeschwindigkeit, aber es gibt Leute, die sagen, dies sei nicht gesund für den Ellbogen... Aus der hier dargebotenen seitlichen Sicht (*Bild 21*) erfüllt ZELEZNY jedoch die Anforderung aus den Lehrbüchern: Der Ellbogen wird in Höhe des

rechten Ohres durchgezogen. Wie tief sein Abwurf wirklich ist, kommt in der gemessenen Höhe des Abwurfpunktes über dem Boden zum Ausdruck: sie bewegt sich bei ZELEZNY um 20 cm unter der Körpergröße, 184 zu 164 cm.

Diese Abwurfhöhe wird von der Körpergröße der Werfer sowie von der Länge des Stemmsschrittes bestimmt. ZELEZNYs Stemmsschrittlänge ist ausreichend für eine gute Bremswirkung, jedoch gibt er auf *Bild 20 bis 22* im Kniegelenk etwas nach. Die Bremswirkung des linken Beines ist ein entscheidender leistungsbestimmender Faktor: Innerhalb der Abwurfphase von etwa 0,12 sec wird die Geschwindigkeit des linken äußeren Hüftpunktes um etwa 60 % reduziert! Sein rechter Fuß behält während des gesamten Abwurfes Kontakt mit dem Boden, den sogenannten Schleifkontakt.

Der Abwurfwinkel ist ein bißchen zu steil und man erkennt auf *Bild 22*, wie ZELEZNY dem Speer durch das Verreißen (Beschleunigung nicht in der Längsachse) eine „Bananenform“ im Abwurf verleiht.

### Abfangen

Auf den *Bildern 23 bis 28* demonstriert ZELEZNY die beiden entscheidenden Merkmale dieser Phase:

- lange hinter dem Speer hersehen sowie
- den Schwerpunkt absenken mit Hüftknick und Nach-hinten-Strecken des linken Beines (*Bild 28*).

### Abschließende Bemerkungen

Da seit Jahren kein Trainer über den Speerwurf der Männer in „Die Lehre der Leichtathletik“ geschrieben hat, möchte ich noch einige Daten von den biomechanischen Untersuchungen des IAAF-Teams bei den Weltmeisterschaften 1987 in Rom hinzufügen, damit man einen Vergleich zu den in meinem obigen Beitrag enthaltenen Werten der Frauen hat (siehe *Tabellen*).

### Messwerte von ZELEZNY und RÄTY (FIN), WM 1987

Name	L3	L2	L1	L0	L1/L0	σ	σ/KGr
ZELEZNY	1,52	1,81	1,56	1,41	1,10	1,57	85,33
RÄTY	1,42	1,70	2,29	1,54	1,48	1,74	92,55

Schrittlängen (L3, L2, L1, L0) [m], Verhältnis Impulsschritt/Stemmschritt (L1/L0) [m], Durchschnitt (σ) der Schritte [m] sowie Verhältnis des Durchschnitts zur Körpergröße (KGr) [%]

Name	V3	V2	V1	Vreduktion V3-V1
ZELEZNY	6,9	7,2	6,8	1,45 [%]
RÄTY	6,8	6,7	6,3	7,35 [%]

Geschwindigkeiten der letzten drei Schritte (V3, V2, V1) [m/s] sowie Geschwindigkeitsreduktion V3-V1 [%]

Name	Abwurfgeschwindigkeit	Abwurfwinkel	Angriffswinkel
ZELEZNY	29,6 [m/s]	40°	3°
RÄTY	30,0 [m/s]	33°	-4°

## DLV-Lehrbeilage

Verantwortlich: Prof. Dr. Winfried Joch (DLV-Lehrwart)

Redaktion: Helmar Hommel (Geschäftsführender Redakteur), DLV-Dokumentationsstelle, Drosselweg 8, 5010 Bergheim

Jürgen Schiffer

Kommerner Weg 5, 5353 Mechernich-Satzvey  
Manuskripteinsendungen und Zuschriften bitte an die Anschrift der DLV-Dokumentationsstelle.  
Nachdruck, Reproduktion oder andere Vervielfältigung von Bild oder Text oder Teilen hiervon bedürfen der schriftlichen Zustimmung der Lehrbeilagen-Redaktion.