

Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der  
Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an  
Grundschulen / Haupt- und Realschulen  
im Fach Leibeserziehung, eingereicht dem  
Wissenschaftlichen Prüfungsamt für das Lehramt an  
Grundschulen und an Haupt- und Realschulen in Gießen.

Thema: KINEMATISCHE UNTERSUCHUNG DER  
ABWURFBEWEGUNG BEI SPEERWERFERN  
DER OBEREN SPITZENKLASSE

Referent: OStR Christian Kaufmann

Verfasser: Friedel Löser  
Klein-Lindener-Straße 12  
6300 Giessen - Allendorf

# I N H A L T

1. PROBLEMSTELLUNG.....	6
1.1. Aufgaben, Ziele und Probleme der Bewegungsforschung.....	6
1.2. Bewegungslehre.....	7
1.3. Gegenstandsbereich der Biomechanik.....	7
1.4. Ziel der Arbeit.....	8
2. BESCHREIBUNG DES BEWEGUNGSABLAUFS BEIM SPEERWURF.....	9
2.1. Definition.....	9
2.2. Die technischen Elemente der Speerwurfbewegung.....	9
2.2.1. Griff.....	9
2.2.2. Anlauf.....	10
2.2.3. Speerrückführung.....	10
2.2.4. Impulsschritt.....	11
2.2.5. Abwurf.....	11
2.2.6. Abfangen.....	12
3. KINEMATISCHE UNTERSUCHUNG DER ABWURFBEWEGUNG.....	13
3.1. Untersuchungsmethodik.....	13
3.2. Personenstichprobe.....	13
3.3. Merkmalstichprobe.....	14
3.3.1. Zeitmerkmale.....	14
3.3.1.1. Darstellung.....	14
3.3.1.2. Definition.....	14
3.3.1.3. Ergebnisse.....	15
3.3.1.4. Diskussion und Interpretation.....	17
3.3.2. Längenmerkmale.....	18
3.3.2.1. Darstellung.....	19
3.3.2.2. Definitionen.....	19
3.3.2.2.1. Wurfweite.....	19
3.3.2.2.2. Beschleunigungsweg des Geräts.....	19
3.3.2.2.3. Stemmschrittweite.....	20
3.3.2.4. Diskussion und Interpretation.....	20
3.3.3. GESCHWINDIGKEITSMERKMALE.....	23
3.3.3.1. Darstellung.....	23
3.3.3.2. Definition.....	23
3.3.3.4. Diskussion und Interpretation.....	24
3.3.4. LAGEMERKMALE.....	26
3.3.4.1. Darstellung.....	26
3.3.4.2. Definition.....	27
3.3.4.2.1. Abwurfwinkel des Speers.....	27
3.3.4.2.2. Abflugwinkel des Speers.....	27
3.3.4.2.3. Abweichung des linken Fußes aus der Anlaufrichtung.....	27
3.3.4.2.4. Ellenbogenwinkel.....	27
3.3.4.2.5. Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung.....	27
3.3.4.2.6. Rumpfrücklage.....	28
3.3.4.2.7. Kniewinkel.....	28
3.3.4.2.8. Winkel zwischen Oberarm und Schulterachse.....	28
3.3.4.4. Diskussion und Interpretation.....	30
4. KORRELATIONSSTATISTISCHE ANALYSE DER ABWURFBEWEGUNG BEIM SPEERWURF.....	33
4.1. Methode.....	33
4.2. Ergebnisse der korrelationsstatistischen Analyse.....	33
4.3. Zeitmerkmale.....	36
4.3.1. Dauer KLF bis SPFG.....	36
4.3.2. Dauer KRF bis KLF.....	36
4.3.3. Dauer KRF bis SPFG.....	37

4.3.4.	Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von Ellenbogen und Hand .....	37
4.3.5.	Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima zwischen rechter Schulter und Ellenbogen.....	37
4.3.6.	Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von rechter und linker Schulter .....	38
4.3.7.	Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von rechter Schulter und Wurfhand .....	38
4.3.8.	Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von linker Schulter und Wurfhand .....	39
4.4.	Längenmerkmale .....	39
4.4.1.	Wurfweite .....	39
4.4.2.	Stemmschrittlage .....	40
4.4.3.	Weg des Speers von KLF bis SPFG (obere Perspektive) .....	41
4.4.4.	Weg des Speers von KRF bis KLF (obere Perspektive) .....	41
4.5.	Geschwindigkeitsmerkmale .....	42
4.5.1.	Abfluggeschwindigkeit des Speers .....	42
4.5.2.	Durchschnittliche Geschwindigkeit des Speers im Zeitraum KLF bis SPFG .....	42
4.6.	Lagemerkmale .....	44
4.6.1.	Rumpfrücklage im Zeitpunkt KRF .....	44
4.6.2.	Rumpfrücklage im Zeitpunkt KLF .....	44
4.6.3.	Rumpfrücklage im Zeitpunkt SPFG .....	45
4.6.4.	Kniewinkel rechts im Zeitpunkt KRF .....	45
4.6.5.	Kniewinkel rechts im Zeitpunkt KLF .....	46
4.6.6.	Kniewinkel links im Zeitpunkt KLF .....	46
4.6.7.	Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Zeitpunkt KRF .....	47
4.6.8.	Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Zeitpunkt KLF .....	48
4.6.9.	Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Zeitpunkt SPFG .....	48
4.6.10.	Differenz des Winkels Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KRF und KLF .....	48
4.6.11.	Differenz des Winkels Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KLF und SPFG .....	48
4.6.12.	Abwurfwinkel .....	49
4.6.13.	Durchschnittliche Rumpfrücklage zwischen den .....	49
4.6.14.	Durchschnittliche Rumpfrücklage zwischen den Zeitpunkten KLF und SPFG .....	50
4.6.15.	Abweichung des linken Fußes aus der Anlaufrichtung .....	50
4.6.16.	Durchschnittswinkel des rechten Knies für 5 Bilder nach KRF .....	51
4.6.17.	Durchschnittswinkel des rechten Knies für 5 Bilder nach KLF .....	51
4.6.18.	Durchschnittswinkel des linken Knies .....	52
4.6.19.	Durchschnittswinkel des rechten Knies für den Zeitraum KRF bis KLF .....	53
4.6.20.	Abweichung zwischen Abflug- und Abwurfwinkel .....	53
4.6.21.	Winkel des Ellenbogens (untere Perspektive) bei KLF .....	54
4.6.22.	Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KRF und KLF .....	54
4.6.23.	Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KLF und SPFG .....	55
4.6.24.	Differenz der Schulterachsenwinkel zur Anlaufrichtung von KLF und SPFG .....	55
4.6.25.	Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KRF und KLF .....	56
V O R W O R T .....		4
Verzeichnis der Abkürzungen .....		5

## V O R W O R T

Aus einer mehrjährigen Trainingspraxis im Hochleistungsbereich des Speerwurfs und aus Trainingsstunden mit jugendlichen Speerwerfern heraus entstand die Idee zu dieser Arbeit.

Verstärkt wurde sie durch die Diskussionen mit meinem Trainer Martin Völksch während der Trainingseinheiten und die Teilnahme an einem biomechanischen Seminar.

Ziel dieser Arbeit soll es sein, die Abwurfbewegung des Speerwurfs quantitativ zu erfassen, um einen Vergleich von objektiven Meßdaten mit meinen subjektiven Eindrücken zu ermöglichen. Aus diesem Vergleich sollen Anregungen und Hilfen an die Trainingspraxis entstehen.

Der Katalog von Übungsvorschlägen kann nicht vollständig sein. Er soll als Anregung für die am Trainingsprozeß Beteiligten verstanden werden. Wenn sich Trainer und Athleten beim Lesen über eine mögliche Abwandlung von im Training ständig angewandten Übungen machen, so ist der Sinn des Übungskatalogs erfüllt. Entstehen aus diesem Impuls neue anwendbare Übungen, so ist das nur zu begrüßen.

Meine Querschnittuntersuchung an Spitzenwerfern bezieht sich auf Weg-, Zeit-, Geschwindigkeits- und Lagemerkmale, die erfaßt und diskutiert werden. Mit dieser Arbeit können gewisse Problemkreise nur angerissen werden. Untersuchungen mit komplizierter Versuchsanordnung wären zum Vertiefen notwendig.

Ebenso wie Herrn Martin Völksch für die hilfreichen und wegweisenden Fragen während der Entstehung dieser Arbeit, danke ich Dürten und Wolf-Arthur Kalden für die kritischen Augen bei der Korrektur der Urschrift.

Ein ganz besonderer Dank soll an dieser Stelle an Anita Haggemüller gehen, ohne deren Hilfe die Aufbereitung der erfaßten Daten im Hochschulrechenzentrum und das Erstellen der Reinschrift dieser Arbeit einen längeren Zeitraum beansprucht hätte.

Giessen, im September 1980

Friedel Löser



## Verzeichnis der Abkürzungen

a.a.O.	= am angegebenen Ort
ALB	= Amtliche Leichtathletik-Bestimmungen
Aufl.	= Auflage
Bd.	= Band
ca.	= cirka
cm	= Zentimeter
d.h.	= das heißt
Hrsg.	= Herausgeber
KLF	= Kontakt linker Fuß
KRF	= Kontakt rechter Fuß
m	= Meter
Nr.	= Nummer
o.a.	= oben angegeben
S.	= Seite
s	= Sekunde
SPFG	= Speerfreigabe
u.a.	= und andere
Vgl.	= vergleiche
z.B.	= zum Beispiel

## 1. PROBLEMSTELLUNG

### 1.1. Aufgaben, Ziele und Probleme der Bewegungsforschung

Die Bewegungsforschung will GROSSER im weitesten Sinne als Verhaltensforschung verstanden wissen.<sup>1</sup>

Sie erfaßt als solche die auftretenden Ortsveränderungen der Körpermasse des Menschen in Raum und Zeit als objektiven Vorgang und versucht die Bedingungen und Strukturen dieser Erscheinung zu deuten.<sup>2</sup>

Da die Ortsveränderungen mehrschichtig erfaßt werden, trägt die Bewegungsforschung den Charakter einer Querschnittswissenschaft, die sowohl das Bewegungsphänomen als auch die Bedingungen dafür, "d.h. die psychophysiologischen Steuerungs- und Funktionsprozesse" <sup>3</sup> zum Gegenstand hat. BUYTENDIJK, FETZ, MEINEL und BALLREICH als Vertreter dieser Konzeption der Bewegungsforschung betrachten die Gesamtheit der Funktionen des menschlichen Bewegungslebens als Motorik.

---

<sup>1</sup> Vgl. GROSSER, M.: Psychomotorische Schnellkoordination, Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Bd. 59, Stuttgart 1976, S. 9

<sup>2</sup> Vgl. GUTEWORT, W., PÖHLMANN, R.: Biomechanik - Motorik, in: Theorie und Praxis der Körperkultur, 15 (1966), S. 597

<sup>3</sup> BALLREICH, R.: Probleme und Methoden der Bewegungsforschung, in: Zeitschrift Sportwissenschaft 1/1972, S. 9 ff

## 1.2. Bewegungslehre

Unter Bewegungslehre soll die "Gesamtheit wissenschaftlicher Aussagen über den Problemkomplex Bewegung" verstanden werden.<sup>4</sup> Man muß aber die Bewegungslehre differenziert nach bewegungsausführendem System, Anwendungsbereich und wissenschaftstheoretischem Standort betrachten. In der sportwissenschaftlichen Bewegungslehre geht es speziell darum, das bewegungsausführende System Mensch im Anwendungsbereich Sport zu betrachten. Bewegungslehre muß stets als Komplexwissenschaft verstanden werden, da viele wissenschaftliche Ansätze den Problemkomplex Bewegung bearbeiten. Als Beispiele seien hier die Biomechanik, Psychomotorik, Sensomotorik und Phänographie genannt.<sup>5</sup>

## 1.3. Gegenstandsbereich der Biomechanik

Die Sportpraxis fordert eine Vervollkommnung der sportlichen Techniken. In früheren Jahren wurde eine Technik dann als zweckmäßig angesehen, wenn damit ein Leistungszuwachs erzielt werden konnte.

Recht bald zeigte sich, daß einem solchen Verfahren Grenzen gesetzt sind. Nur ein planmäßiges Sammeln und systematisches Auswerten von Erfahrungen kann ggf. Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen.

Die Entwicklung der Technik half hier entscheidend weiter. Mit der Verbesserung der Fototechnik z.B. ergaben sich neue Anwendungsmöglichkeiten. Man konnte vom Sammeln von Erfahrungen für die sportliche Technik zum Suchen nach objektiven Kriterien übergehen, um Erklärungen zu finden.<sup>6</sup> Im Laufe der weiteren Entwicklung erwuchs daraus die wissenschaftliche Disziplin Biomechanik, die für RÖTHIG die "Zustände und Funktionen biologischer Systeme unter Verwendung des Begriffsapparates, der den und Gesetzmäßigkeiten der Mechanik beschreibt und erklärt."<sup>7</sup>

## 1.4. Ziel der Arbeit

---

<sup>4</sup> RÖTHIG, P.: Sportwissenschaftliches Lexikon, 4. Aufl., Schorndorf 1977, S. 59, Stichwort: Bewegungslehre

<sup>5</sup> Vgl. RÖTHIG, P.: Sportwissenschaftliches Lexikon, a.a.O., S. 59

<sup>6</sup> Vgl. HOCHMUTH, G.: Biomechanik sportlicher Bewegungen, 3. Aufl., Sportverlag Berlin 1974, S. 7 - 11

<sup>7</sup> RÖTHIG, P.: Sportwissenschaftliches Lexikon, a.a.O., S. 66

Die durchgeführte Untersuchung setzt sich zum Ziel, die für den sportlichen Speerwurf entscheidende Abwurfbewegung einer genauen Analyse zu unterziehen. Es soll sowohl interessierten Trainern als auch Athleten die Möglichkeit gegeben werden, die funktionalen Zusammenhänge der Abwurfbewegung beim Speerwurf besser zu verstehen. Desweiteren sollen durch den Vergleich der theoretischen Ergebnisse mit der praktischen Trainings- und Wettkampferfahrung des Verfassers im Hochleistungsbereich des Speerwurfs Impulse an die Trainingspraxis ergehen.

Somit wäre einer Forderung an die Biomechanik Rechnung getragen, denn nach RIEDER liefert sie "für den Wurftrainer den quantitativen Anteil seiner Bewegungsanalyse. Sie vermittelt ihm objektive Meßdaten von Wegen, Geschwindigkeiten, Kräften, Beschleunigungen, um seine subjektiven Eindrücke zu überprüfen. Der Wert der Biomechanik innerhalb der Trainingslehre liegt also in der Überprüfung von subjektiven Empfindungen und Eindrücken durch objektive Daten und in der Ergänzung der Korrekturmöglichkeiten von Meßwerten."<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> RIEDER, H.: Biomechanik der Wurfdisziplinen aus der Sicht des Trainers, in: Leistungssport, 2/1972, S. 107

## 2. BESCHREIBUNG DES BEWEGUNGSABLAUFS BEIM SPEERWURF

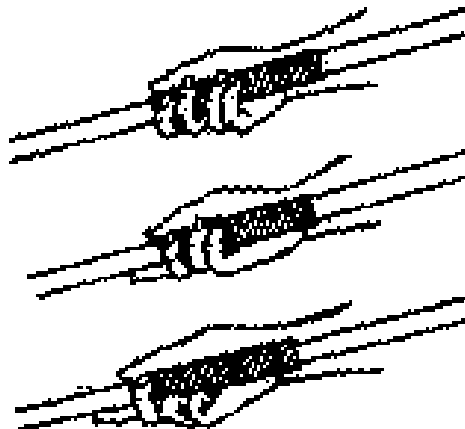
### 2.1. Definition

Von einem Wurf bzw. Stoß spricht man, wenn obere Extremitäten ein Sportgerät beschleunigen und das Gerät am Ende der Bewegung die Hand verläßt. Ist die Kraft, die auf das Wurfgerät wirkt, zum Körper hin gerichtet (z.B. Speerwurf), so spricht man von einer Wurfbewegung. Eine vom Körper wegführende Krafteinwirkung (z.B. Kugelstoß) wird als Stoßbewegung bezeichnet.<sup>9</sup>

### 2.2. Die technischen Elemente der Speerwurfbewegung

#### 2.2.1. Griff

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, den Speer am hinteren Ende der Wicklung zu fassen. Hier finden die Finger des Werfers im Moment des Abwurfs einen besseren Widerstand. Bewährt hat sich ein Fassen mit Zeigefinger und Daumen bzw. Mittelfinger und Daumen hinter der Wicklung.



Bewährte Griffarten

---

<sup>9</sup> Vgl. LINDNER, E.: Sprung und Wurf, Beiträge zur Lehre und Forschung der Leibeserziehung, Bd. 29, Schorndorf 1967, S. 104

### 2.2.2. Anlauf

Beim Anlauf wird das Gesamtsystem Werfer/Gerät beschleunigt. Hier werden die Voraussetzungen für einen optimalen Abwurf geschaffen. Der Anlauf kann neben dem Abwurf als wichtigste Phase des Speerwurfs angesehen werden. Spitzenkönner erreichen durch den Anlauf einen Weitenzuwachs bis zu 29 m zur Standwurfweite.<sup>10</sup>

Der Anlauf kann in einen

- zyklischen und
- azyklischen Abschnitt

unterteilt werden. Der zyklische (erste Teil) soll ein Steigerungslauf von 8 - 12 Schritten sein.<sup>11</sup> Die Geschwindigkeit ist nur soweit zu steigern, daß im azyklischen (zweiten Teil) eine weitere Steigerung möglich ist, ohne einen technisch guten Abwurf zu verhindern. Dieser zweite Teil wird als 5-Schritt-Rhythmus bezeichnet.

### 2.2.3. Speerrückführung

Die Speerrückführung erfolgt im zweiten Schritt des oben erwähnten 5-Schritt-Rhythmus.<sup>12</sup> Es handelt sich hier um:

- eine "aktive Rückwärtsstreckung des Wurfarms",<sup>13</sup>
- eine Drehung der Schulterachse mit gleichzeitiger Hüftdrehung und
- Herstellung einer Rücklage des Rumpfes.

### 2.2.4. Impulsschritt

Der Impulsschritt ist ein flacher, verlängerter vierter Schritt im 5-Schritt-Rhythmus. Hier soll eine bessere Ausprägung der bei der Speerrückführung erstellten Merkmale erzielt werden. Somit werden die "Voraussetzungen für

---

<sup>10</sup> Vgl. SCHMOLINSKY, G.: Leichtathletik, Sportverlag Berlin 1974, S. 398

<sup>11</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, Sportverlag Berlin 1979, S. 322

<sup>12</sup> Vgl. ebenda, S. 322

<sup>13</sup> Ebenda, S. 322

einen langen Beschleunigungsweg in der Abwurfphase"<sup>14</sup> geschaffen.

#### 2.2.5. Abwurf

Hier erfolgt die Endbeschleunigung des Geräts. In der Phase des Abwurfs werden etwa zwei Drittel der Abfluggeschwindigkeit erzeugt.<sup>15</sup>

Der Beginn der Abwurfphase liegt in jenem Zeitpunkt, in dem der Körperschwerpunkt des Werfers sich über dem rechten Fuß (für den Rechtshänder) befindet.<sup>16</sup> Bis zum Kontakt des linken Fußes wird das gesamte System Werfer/Gerät beschleunigt. Ab KLF wird eine Bogenspannung aufgebaut.<sup>17</sup> Ihre Qualität hängt von der Stemmfunktion des linken Beines gegen den Körperschwerpunkt ab.<sup>18</sup>

Durch eine Drehung des Oberkörpers und ein "Nach-vorn-Schlagen"<sup>19</sup> des Ellenbogens wird die Bogenspannung aufgelöst. Die Übertragung der Energie vom Rumpf auf den Wurfarm steigert die Geschwindigkeit des Geräts. Sie soll ihr Maximum im Moment des Abflugs haben, da die Abfluggeschwindigkeit den größten Einfluß auf die Wurfweite hat.<sup>20</sup>

#### 2.2.6. Abfangen

Das Abfangen des Körpers hat keinen Einfluß auf die Wurfweite. Es dient lediglich dazu, den Körper des Werfers abzubremesen, um eine Gültigkeit nach dem Regelwerk zu erzielen.

In der Phase des Abfangens (das Gerät hat bereits die Wurfhand verlassen) wird ein Beinwechsel von links auf rechts und eine Senkung des Körperschwerpunkts ausgeführt, um ein Übertreten zu verhindern.

---

<sup>14</sup> BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 323

<sup>15</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 323

<sup>16</sup> Vgl. SCHMOLINSKY, G.: Leichtathletik, a.a.O., S. 400

<sup>17</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 324

<sup>18</sup> Ebenda, S. 324

<sup>19</sup> Ebenda, S. 324

<sup>20</sup> Vgl. SCHMOLINSKY, G.: Leichtathletik. a.a.O., S. 292

### 3. KINEMATISCHE UNTERSUCHUNG DER ABWURFBEWEGUNG

#### 3.1. Untersuchungsmethodik

Von einem Team wurden anlässlich eines Speerwurfwettkampfs im Jahre 1974 sämtliche Würfe des Wettkampfes mit zwei Hochgeschwindigkeitskameras des Typs LOCAM aufgezeichnet.

Die Endphase des Anlaufs und die Abwurfbewegung wurden jeweils von der Seite bzw. von oben aufgenommen. Die Frequenz der Kameras betrug 100 Bilder pro Sekunde.

Um den Abbildungsmaßstab bestimmen zu können, wurde nach dem Wettbewerb eine Meßlatte aus beiden Positionen gefilmt.

Die Auswertung des Filmmaterials erfolgte an einem TS SYSTEMATIK 3 K Filmauswertegerät.

#### 3.2. Personenstichprobe

Die Personenstichprobe ergab sich rein zufällig und setzt sich aus allen Teilnehmern des Wettkampfes zusammen. Die zur Auswertung herangezogenen Versuche wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

1. Gültigkeit des Versuchs,
2. Vollständigkeit der Aufnahmen aus beiden Perspektiven,
3. größte Wurfweite des Athleten.

Somit konnten insgesamt zehn Würfe von zehn Athleten zur Auswertung herangezogen werden.

Die Wurfweiten bewegen sich zwischen 63,80 m und 81,82 m.



### 3.3. Merkmalstichprobe

Die Auswahl der zu untersuchenden Merkmale hing von der Qualität der vorhandenen Filmaufnahmen ab. Die auszuwertenden Merkmale können in folgende Gruppen eingeteilt werden:

1. Zeitmerkmale,
2. Längenmerkmale,
3. Geschwindigkeitsmerkmale und
4. Lagemerkmale.

Die Ermittlung der Merkmale bleibt auf folgende Phasen des Speerwurfs beschränkt:

1. Zeitraum KRF - KLF
2. Zeitraum KLF - SPFG

Lediglich das Merkmal des Abflugwinkels wird aus der Lage des Speers 10 Bilder nach der Speerfreigabe bestimmt.

#### 3.3.1. Zeitmerkmale

##### 3.3.1.1. Darstellung

Für die Ermittlung der Zeitmerkmale ist der erste deutlich sichtbare Kontakt der Füße des Werfers mit der Anlaufbahn von Entscheidung.

##### 3.3.1.2. Definition

Für die Untersuchung wird die Abwurfbewegung in zwei Phasen unterteilt. In den Zeitraum KRF - KLF und die Phase KLF - SPFG.

Somit ergeben sich folgende Zeitmerkmale:

1. Dauer KRF - KLF
2. Dauer KLF - SPFG
3. Gesamtdauer der Abwurfbewegung

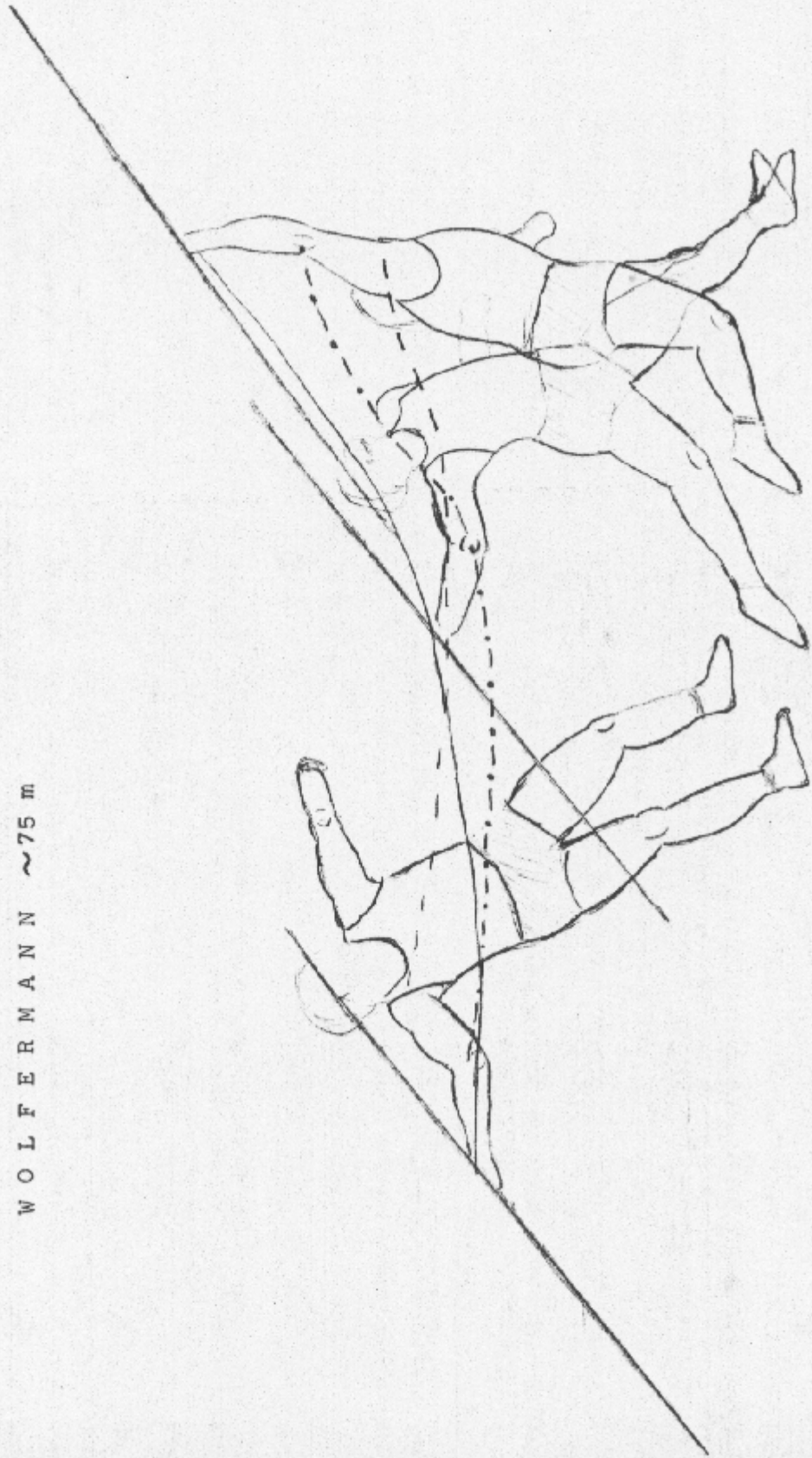
Als KRF und KLF wird der Zeitpunkt bestimmt, in dem der Werfer ersten sichtbaren Kontakt mit dem linken bzw. rechten Fuß zum Boden findet, in dem der Werfer bei den Aufnahmen zum letzten Mal deutlich sichtbaren Kontakt zum Speer hat.

### 3.3.1.3. Ergebnisse

T A B E L L E Nummer 1 (in 1/100 s)

	KRF - KLF	KLF - SPFG	Gesamt
WOLFERMANN	18	11	29
LUSIS	17	14	31
TREVIS	17	12	29
JELTEN	21	12	33
SCHNELL	19	12	31
TIMMER	23	13	36
Dr. HEIN	21	12	33
SHEPPARD	18	14	32
JOHN	22	13	35
Dr. SCHÖNBICHLER	21	16	37
<hr/>			
X	19,70	12,90	32,60
s	2,16	1,15	2,76
s'	4,21	1,89	6,84
X <sub>1</sub>	18,40	12,20	30,60
X <sub>2</sub>	21,00	13,60	34,60

WOLFERMANN ~ 75 m



— = HAND  
- - - = ELLENBOGEN  
· · · = SCHULTER

KRF

KLF

SPFG

#### 3.3.1.4. Diskussion und Interpretation

Bei der nachfolgenden Diskussion und Interpretation der Zeitmerkmale soll ein Vergleich der gewonnenen Ergebnisse mit den bisher in der Literatur angegebenen Werten erfolgen.

Beim Überprüfen von spezieller Literatur auf Zeitangaben für den Bereich Speerwurf konnten nur wenige Angaben gefunden werden und diese konnten keinem exakten Zeitraum zugeordnet werden. So geben BAUERSFELD/SCHRÖTER für die kurze Zeit der Kraftübertragung auf das Gerät eine Dauer von 0,14 s an.<sup>21</sup>

Bei NETT ist eine Zeitangabe von 0,08 Sekunden für den "Zeitraum zwischen Bogenspannung und Abwurfende"<sup>22</sup> nachzulesen.

"Für die gesamte Abzugsphase eine Zeit von ungefähr 0,23 sec."<sup>23</sup> gibt LINDNER an. Die Abwurfphase beginnt für ihn "zeitlich kurz vor dem Aufsetzen des Stemmeines".<sup>24</sup>

Auch für NETT beginnt die Abwurfphase "kurz vor dem Aufsetzen des vorderen Fußes."<sup>25</sup>

Bei MATWEJOW sind für die Beschleunigungswege verschiedenster Werfer Zeiten von 0,145 s bis 0,166 s erwähnt.<sup>26</sup>

Da auch für BAUERSFELD/SCHRÖTER die Abwurfphase vor dem Bodenkontakt mit dem linken Fuß (Stemmschritt) beginnt,<sup>27</sup> müssen für den oben definierten Zeitraum KLF - SPPG kürzere Werte angenommen werden. Im Vergleich mit der von NETT angegebenen Wert müssen die hier ermittelten Werte länger sein, denn die Bogenspannung wird erst nach dem KLF aufgebaut.

---

<sup>21</sup> Vgl. BAUERSPELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 320

<sup>22</sup> NETT, T.: Die Technik beim Wurf und Stoß, Verlag Bartels & Wernitz, Berlin, S. 142

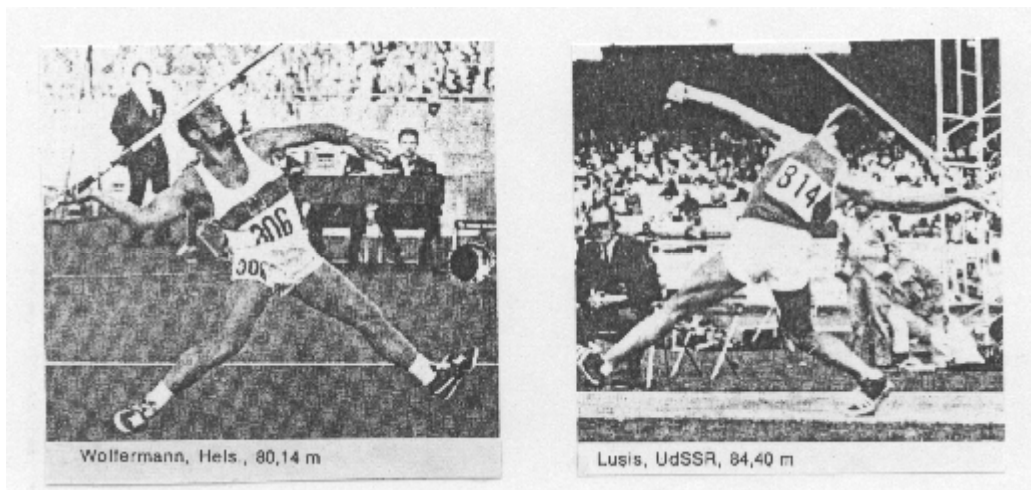
<sup>23</sup> LINDNER, E.: Sprung und Wurf, a.a.O., 8. 118

<sup>24</sup> Ebenda, S. 113

<sup>25</sup> NETT, T.: Beginn Speerabwurfphase, in: Die Lehre der Leichtathletik, 1971, Nr. 36, S. 1499

<sup>26</sup> Vgl. MATWEJOW, E.: Trainingsexperimente im Speerwurf, in: Die Lehre der Leichtathletik, 1971, Nr. 36, S. 1497 1499

<sup>27</sup> Vgl. BAUERSPELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 323



Beginn der Abzugsphase nach NETT (Bilder: E. NETT)

Ein Mittelwert von 0,129 Sekunden für die zehn untersuchten Werfer bestätigt diese Annahme. Bildet man je einen Mittelwert aus den fünf besten (76,82 m bis 81,48 m) bzw. schlechteren Werfern (63,80 m bis 74,12 m), so ergibt sich eine weitere Bestätigung. Es wird angenommen, daß die in der Literatur gefundenen Werte sich auf Spitzenwerfer beziehen. Somit fällt die zeitliche Differenz die als "kurz vor dem Aufsetzen des Stemmbeines"<sup>28</sup> bezeichnet wird und dem hier gewählten Zeitpunkt KLF zugunsten der besseren Werfer (Mittelwert 0,122 s) aus. Die schlechteren dagegen liegen mit ihrem Mittelwert von 0,136 s unmittelbar an dem von BAUERSPELD/SCHRÖTER genannten Wert von 0,14 Sekunden.<sup>29</sup>

Bei diesem Vergleich scheinen die von LINDNER genannten 0,23 Sekunden als zu lang. Dies ist auf den Stil des untersuchten Werfers zurückzuführen, von dem LINDNER sagt, daß sein Anlauf "verhältnismäßig kurz und langsam" und der "Abzugsimpulsweg außerordentlich lang" ist.<sup>30</sup>

### 3.3.2. Längenmerkmale

#### 3.3.2.1. Darstellung

Bei der Aufzeichnung der Längenmerkmale werden insgesamt fünf Merkmale ermittelt. Es handelt sich hierbei um Wegmerkmale des Geräts in verschiedenen Phasen der Abwurfbewegung und die Länge des letzten Schritts (Stemmschritt) im Anlauf.

<sup>28</sup> LINDNER, E.: Sprung und Wurf, a.a.O., 8. 118

<sup>29</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, C.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 320

<sup>30</sup> LINDNER, E.: Sprung und Wurf, a.a.O., S. 118

### 3.3.2.2. Definitionen

#### 3.3.2.2.1. Wurfweite

Die Wurfweite wird der Ergebnisliste entnommen und nicht aus den Filmaufnahmen ermittelt. Die im Wettkampf ermittelte Wurfweite stellt für die Athleten eine um unterschiedliche Beträge verringerte Weite dar. Regelgerecht wird die Wurfweite am inneren Rand des Abwurfbogens ermittelt. Die Ermittlung berücksichtigt den für jeden Werfer unterschiedlich großen Abstand vom Abwurfpoint bis zum Abwurfbogeninnenrand nicht.

#### 3.3.2.2.2. Beschleunigungsweg des Geräts

Um den Beschleunigungsweg des Geräts in den Phasen KRF - KLF und KLF - SPFG zu ermitteln, werden die Aufnahmen aus beiden Perspektiven herangezogen. Somit kann der Beschleunigungsweg als dreidimensionale Größe ermittelt werden.

Die Längenberechnung des Weges erfolgte mit folgender Formel:

$$B = \sqrt{\left( \frac{(X_u \cdot 2,08) + (X_o \cdot 1,02)}{2} \right)^2 + (h \cdot 2,08)^2 + (s \cdot 1,02)^2}$$

- B = Beschleunigungsweg in cm
- $x_u$  = Horizontalbewegung (untere Perspektive) in cm
- $x_o$  = Horizontalbewegung (obere Perspektive) in cm
- h = Höhenabweichung (untere Perspektive) in cm
- s = Seitenabweichung (obere Perspektive) in cm
- 2,08 = Verkleinerungsfaktor der Abbildung unten
- 1,02 = Verkleinerungsfaktor der Abbildung oben

#### 3.3.2.2.3. Stemmschrittweite

Der letzte Schritt des 5-Schritt-Rhythmus (Stemmschritt) ist ebenfalls Gegenstand innerhalb der Ermittlung von Längenmerkmalen.

Hier werden die Filmaufnahmen aus der oberen Perspektive herangezogen. Die Abbildungsmaße sind mit einem entsprechendem Faktor zu multiplizieren, um die wirkliche Größe des Stemmschritts zu errechnen.

Da die Werfer überwiegend im Moment des Aufsetzens mit dem linken Fuß (Ferse) keinen Kontakt mehr mit der Ferse des rechten Fußes haben, wird die Strecke Fußspitze-linker-Fuß bis Fußspitze-rechter-Fuß als Stemmtrittweite festgelegt.

### 3.3.2.3. Ergebnisse

T A B E L L E Nummer 2	Wurfweite	Beschleunigungsweg			Stemmtrittweite
		KRF-KLF	KLF-SPFG	Gesamt	
WOLFERMANN	81,48	112	150	262	172
LUSIS	80,92	92	195	287	160
TREVIS	79,76	100	163	263	160
JELTEN	77,30	107	162	269	161
SCHNELL	76,82	96	150	246	163
TIMMER	74,12	126	163	289	168
Dr. HEIN	73,42	119	163	282	167
SHEPPARD	68,32	100	141	241	147
JOHN	66,76	124	161	285	148
Dr. SCHÖNBICHLER	63,80	102	190	292	136
$\bar{X}$	74,24	107,80	163,80	271,60	155,60
s	6,18	11,93	16,91	18,28	11,78
s'	34,42	128,16	257,36	300,84	124,84
$\bar{X}_1$	79,26	101,40	164,00	265,40	163,20
$\bar{X}_2$	69,28	114,20	163,60	277,80	153,20

#### 3.3.2.4. Diskussion und Interpretation

Bei den Längenmerkmalen ist es ähnlich wie bei den Zeitmerkmalen. In der Literatur können zwar Angaben gefunden werden, jedoch ist eine zeitliche Zuordnung nicht exakt möglich, während die hier ermittelten Längenmerkmale durch objektive Kriterien eindeutig zugeordnet werden können.

Die einzigen quantitativen Angaben für die Stemschrittweite sind bei KUNZ/WASER<sup>31</sup> zu finden. Hier werden Weiten für Spezialisten zwischen 147 cm (TIMMER) und 181 cm (WOLFERMANN) angegeben. Es ist jedoch keine Angabe darüber zu finden, wie diese Länge ermittelt wurde.

Während RIEDER urteilt, daß "sehr gute Speerwurfleistungen nur mit einer sehr großen Schrittauslage möglich zu sein scheinen"<sup>32</sup>, ist NETT der Meinung, daß der "Abwurfschritt nicht zu weit auszuführen"<sup>33</sup> ist.

Bildet man bei den hier gewonnenen Längenmerkmalen Mittelwerte, so wird die Aussage RIEDERS bestätigt. Die besseren Werfer erreichen einen Mittelwert von 163,2 cm, während für die schwächeren Werfer 152,6 cm ermittelt werden.

Für eine große Speerwurfweite besteht sicherlich noch eine entscheidende Abhängigkeit zwischen Stemschrittweite und Anlaufgeschwindigkeit. Um dies festzustellen, müßte eine tiefere Analyse vorgenommen werden.

Für den Bereich des Beschleunigungswegs sind ebenfalls nur wenige quantitative Aussagen vorhanden. Jedoch besteht auch hier das Problem der zeitlichen Zuordnung. Meist wird nur auf die nicht näher definierte optimale Länge und Geradlinigkeit des Beschleunigungswegs hingewiesen.<sup>34</sup>

MATWEJOW gibt quantitative Aussagen über Beschleunigungsweg an.<sup>35</sup> Es werden jedoch keine Angaben gemacht, zu

---

<sup>31</sup> Vgl. KUNZ, H., WABER, J.: Die Schrittgestaltung beim Speerwerfen, Msk. ETH, Zürich, 1974, zitiert nach RIEDER, H. in: Sport und Sportwissenschaft, Verlag Bartels & Wernitz, Berlin, 1976, S. 76

<sup>32</sup> RIEDER, H.: Zur Speerwurftechnik, in: Sport und Sportwissenschaft, Verlag Bartels & Wernitz, Berlin, 1976, S. 77

<sup>33</sup> NETT, T.: Die Technik beim Wurf und Stoß, a.a.O., S.145

<sup>34</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 324

<sup>35</sup> Vgl. MATWEJOV, E.: Trainingsexperimente im Speerwurf, in: Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 36, 1971, S. 1497



welchem Zeitpunkt für ihn der Beschleunigungsweg beginnt und wann er endet. Ebenso sind keine Angaben über die Methode der Ermittlung zu finden. Es darf jedoch angenommen werden, daß der Autor für den Beginn einen Zeitpunkt kurz vor dem Kontakt des linken Fußes mit dem Boden gewählt hat. Endpunkt des Beschleunigungswegs dürfte der Zeitpunkt der Speerfreigabe sein.

Die Forderung, "einen möglichst langen Beschleunigungsweg für den Abwurf zu haben"<sup>36</sup> darf so isoliert nicht stehen bleiben. Bei dieser Forderung muß auch der Zeitfaktor berücksichtigt werden. Die Mittelwertbildung für die besseren bzw. schwächeren Werfer ergibt für die schwächeren im Zeitraum KRF - SPPG einen höheren Wert von 277,8 cm. Die besseren Werfer weisen jedoch im Durchschnitt 'nur' 265,4 cm auf.

Diese Differenz bildet sich im Zeitraum KRF - KLF, denn hier liegen die schlechteren mit 114,2 cm gegenüber 101,4 cm vorn. Im Zeitraum KLF - SPFG dagegen sind beide Gruppen in ihren Werten fast identisch (164,0 cm gegenüber 163,6 cm).

Dividiert man den Beschleunigungsweg durch die Zeit (bezogen jeweils auf KRF - SPFG) so ergeben sich die günstigeren Durchschnittswerte für die besseren Werfer. Sie erreichen 8,69 cm pro 1/100 s, während die Schwächeren nur 7,99 cm für den gleichen Zeitraum erreichen.

Die Analyse zeigt, daß ein optimaler Beschleunigungsweg nur dann vorliegt, wenn ein Werfer das Gerät pro Zeiteinheit eine große Wegstrecke bewegen kann.

---

<sup>36</sup> NETT, T.: Beginn der Speerabwurfphase, in: Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 36, 1971, S. 1499

### 3.3.3. GESCHWINDIGKEITSMERKMALE

#### 3.3.3.1. Darstellung

Die in dieser Analyse ermittelten Geschwindigkeitsmerkmale beschränken sich nicht ausschließlich auf das Gerät. Geschwindigkeiten ausgewählter Körperpunkte sind ebenfalls Gegenstand der kinematischen Analyse der Abwurfbewegung beim Speerwerfen. Die Ergebnisse der Geschwindigkeiten (ausgenommen die Abfluggeschwindigkeit des Speers) ergeben sich aus den entsprechenden Wegstrecken und den dazugehörigen Zeitabschnitten. Sie bezeichnen mittlere Geschwindigkeiten, die durch Division der Fläche unter der Geschwindigkeits-Zeit-Kurve durch die dazugehörige Zeit ermittelt werden. Es handelt sich hier um dreidimensionale Geschwindigkeiten.

#### 3.3.3.2. Definition

Wie bereits bei anderen Merkmalen werden die ermittelten (aufgerundeten) Geschwindigkeitswerte auf die Phasen

- 1) Kontakt rechter Fuß bis Kontakt linker Fuß und
- 2) Kontakt linker Fuß bis Speerfreigabe

bezogen.

Durchschnittliche Geschwindigkeiten werden ermittelt für:

- 1) Hand / Speer
- 2) Ellenbogen
- 3) rechte Schulter und
- 4) linke Schulter

Da die Speergeschwindigkeit während der Abwurfphase identisch mit der Handgeschwindigkeit ist, können diese Werte übernommen werden. Die Abfluggeschwindigkeit des Speers wird als die Geschwindigkeit definiert, die sich aus der Wegstrecke der Wurfhand im Zeitraum 1/100 s vor der Speerfreigabe errechnen läßt.

3.3.3.3. Ergebnisse

T A B E L L E Nummer 3

	G E S C H W I N D I G K E I T E N ausgewählter Körperpunkte in m/s									
	Hand / Speer KRF-KLF KLF-SPFG	Ellenbogen KRF-KLF KLF-SPFG	rechte Schulter KRF-KLF KLF-SPFG	linke Schulter KRF-KLF KLF-SPFG	Speer Abflug					
WOLFERMANN	7,5	15,5	7,5	13,5	7,5	9,5	7,5	7,0	28,0	
LUSIS	6,0	15,5	6,0	13,0	6,0	8,5	6,0	5,0	29,0	
TREVIS	7,0	15,5	7,0	13,5	7,0	9,0	7,0	5,5	26,0	
JELTEN	6,5	15,0	6,5	13,5	6,5	9,0	6,5	6,0	27,0	
SCHNELL	6,0	14,0	6,0	12,5	6,0	8,5	6,0	4,5	24,0	
TIMMER	6,5	14,0	6,5	12,5	6,5	8,5	6,5	6,0	24,0	
Dr. HEIN	7,0	15,0	7,0	14,0	7,0	8,5	7,0	5,0	25,0	
SHEPPARD	6,0	15,0	6,0	11,5	6,0	7,5	6,0	4,0	24,0	
JOHN	5,5	13,0	5,5	12,0	5,5	8,0	5,5	5,0	28,0	
Dr. SCHÖNBICHLER	6,0	13,0	6,0	11,0	6,0	7,0	6,0	4,5	27,0	
$\bar{X}$	6,40	14,45	6,40	12,70	6,40	8,40	6,40	5,35	26,20	
s	0,61	0,98	0,61	0,98	0,61	0,74	0,61	0,89	1,87	
s'	0,34	0,87	0,34	0,86	0,34	0,49	0,34	0,71	3,16	
$\bar{X}_1$	6,60	15,10	6,60	13,20	6,60	8,90	6,60	5,60	26,80	
$\bar{X}_2$	6,20	14,20	6,20	12,20	6,20	7,90	6,20	4,90	25,60	

#### 3.3.3.4. Diskussion und Interpretation

Die Hauptforderung für große Wurfweiten beim Speerwurf lautet bei NETT: "Der Speer muß mit höchstmöglicher Abfluggeschwindigkeit bei optimalem Winkel abgeworfen werden".<sup>37</sup>

Wie bedeutend der Hinweis auf den optimalen Abflugwinkel ist, zeigt sich beim Vergleich von WOLFERMANN (81,48 m) und JOHN (66,76 m). Beide vermitteln dem Gerät eine Abfluggeschwindigkeit von 28 m/s. Bei einem angenommenen optimalen Abwurfwinkel von ca.  $36^{\circ}$ <sup>38</sup> bei Normalbedingungen zeigt sich, daß bei JOHN die größere Abweichung zwischen realem Abwurfwinkel und optimalem Abwurfwinkel festzustellen ist. Während bei WOLFERMANN eine Differenz von  $-1^{\circ}$  auftritt, besteht bei JOHN eine von  $+50^{\circ}$ .

Es ist anzunehmen, daß diese Abweichung die Wurfweite dermaßen mindert, daß ein Unterschied von rund 14,5 m in der Wurfweite auftreten kann. Hierbei bleiben jedoch veränderte Umweltbedingungen (z.B. Windverhältnisse) unberücksichtigt.

TUTJOWITSCH meint ebenfalls, daß die Flugweite des Wurfgeräts primär von dessen Abfluggeschwindigkeit abhängt. Dies ist auch einleuchtend, denn der Faktor Geschwindigkeit geht zum Quadrat in die Formel für den schrägen Wurf ein.<sup>39</sup>

---

<sup>37</sup> NETT, T.: Die Technik beim Wurf und Stoß, a.a.O., S.137

<sup>38</sup> Vgl. KORNALEWSKI, W.: Der Speerwurf im Lichte der physikalischen Gesetze, in: Lekka Atletyka, Warschau, Nr. 9, 1961

<sup>39</sup> Vgl. TUTJOWITSCH, V.W.: Theorie der sportlichen Würfe, Teil 1, Beiheft zum Leistungssport, Nr.7, August 1976, S. 8

$$L = \frac{v_0^2}{g} \cos \theta_0 \left[ \sin \theta_0 + \sqrt{\sin^2 \theta_0 + \frac{2gh_0}{v_0^2}} \right]$$

L - Wurfweite  
 $v_0$  - Abwurfgeschwindigkeit  
 $\theta_0$  - Abwurfwinkel  
g - Schwerkraftbeschleunigung (in  $\text{m/s}^2$ )  
 $h_0$  - Abwurfhöhe

Daraus folgt, daß ein Verdoppeln der Abfluggeschwindigkeit eine vierfache Steigerung der Wurfweite (vorausgesetzt es herrschen Idealbedingungen) zur Folge hat.

Auffällig bei der Betrachtung der, daß für den Zeitraum KRF bis KLF die durchschnittlichen Geschwindigkeiten für Hand, Ellenbogen, rechte Schulter und linke Schulter identisch sind. Veränderungen treten erst während des Zeitraums KLF bis SPFG auf. Hier zeigt sich jedoch, daß die Hand die größte Geschwindigkeit erreicht (Durchschnitt 14,45 m/s). Der Ellenbogen bleibt mit einem Durchschnittswert von 12,70 m/s zurück. Die rechte Schulter erfährt eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 8,40 m/s, während die linke Schulter mit 5,25 m/s noch darunter liegt.

Deutlich zu erkennen ist, daß die Geschwindigkeitsmaxima für diese Punkte nicht im gleichen Zeitpunkt liegen, sondern in der Rangfolge linke Schulter, rechte Schulter, Ellenbogen, Hand erreicht werden.

Da anzunehmen ist, daß die Anlaufgeschwindigkeit durch das Aufsetzen des rechten Fußes nicht sonderlich vermindert wird, können die ermittelten Geschwindigkeitswerte für den Zeitraum KRF - KLF als richtig angesehen werden.

NETT spricht von Geschwindigkeitswerten von 5,0 - 8,0 m/s für den Anlauf.<sup>41</sup> Noch näher liegt der hier ermittelte Wert an der von BAUERSFELD/SCHRÖTER angegebenen Anlaufgeschwindigkeit von 6,5 m/s.<sup>42</sup>

Ein Vergleich der ermittelten Geschwindigkeiten von Ellenbogen, rechter Schulter und linker Schulter kann nicht erfolgen, da in der Literatur keinerlei Angaben darüber zu finden sind.

<sup>40</sup> Vgl. TUTJOWITSCH, V.N.: Theorie der sportlichen Würfe, Teil 1, a.a.O., S. 9

<sup>41</sup> Vgl. NETT, T.: Verluste bei der Kraftübertragung, in: Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 16, 1970, 8. 557

<sup>42</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, C.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 325

### 3.3.4. LAGEMERKMALE

#### 3.3.4.1. Darstellung

Die Gruppe der Lagemerkmale umfaßt den größten Teil der ermittelten Merkmale. Es werden ausgewählte Körperteile auf ihre Stellung zueinander und auf ihre Lage im Raum untersucht.

Auch hier erfolgt, wie bereits bei den Geschwindigkeitsmerkmalen, eine Berechnung von Durchschnittswerten. Die Methoden der Errechnung sind identisch.

Zusätzlich wird die Lage der ausgewählten Körperteile zu den definierten Zeiten KRF, KLF und SPFG ermittelt sowie Differenzen aus den Größen zu diesen Zeiten gebildet.

### 3.3.4.2. Definition

#### 3.3.4.2.1. Abwurfwinkel des Speers

Für diese Untersuchung wird der Abwurfwinkel als der Winkel definiert, den die Gerätlängsachse und die Erdoberfläche bei dem aus den Filmaufnahmen ersichtlichen letzten Kontakt mit der Hand des Werfers zum Gerät bilden.

#### 3.3.4.2.2. Abflugwinkel des Speers

Der Abflugwinkel wird als der Winkel zwischen Speerlängsachse und der Erdoberfläche zum Zeitpunkt 10 Bilder nach SPFG bestimmt.

#### 3.3.4.2.3. Abweichung des linken Fußes aus der Anlaufrichtung

Sie wird festgelegt als die Abweichung der linken Ferse von der durch die rechte Fußspitze bezeichneten Parallelen zur Anlaufrichtung.

#### 3.3.4.2.4. Ellenbogenwinkel

Die Bestimmung der Ellenbogenwinkel erfolgt zum einen aus der Perspektive von oben und zum anderen aus der seitlichen Perspektive. Gemessen wird der Winkel, der sich aus den Längsachsen des Oberarms und des Unterarms bildet.

#### 3.3.4.2.5. Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung

Hierbei handelt es sich um den von der Schulterachse und der Parallelen zur Anlaufbahn eingeschlossenen Winkel. Als Schulterachse wird die geradlinige Verbindung zwischen rechtem und linkem Schulterpunkt bezeichnet.

#### 3.3.4.2.6. Rumpfrücklage

Um die Rumpfrücklage zu ermitteln, wird ein Punkt am Hals des Werfers und ein Hüftpunkt gewählt. Beide Punkte werden mit einer Geraden verbunden. Aus der Lage dieser Geraden zur Erdoberfläche wird die Rumpfrücklage ermittelt.

#### 3.3.4.2.7. Kniewinkel

Bei der Messung der Kniewinkel werden wie bei 6.3.4.1.4. Längsachsen von Extremitäten (hier Unterschenkel und Oberschenkel) gezeichnet, und der eingeschlossene Winkel gemessen. Während die anderen Lagemerkmale wie bereits erwähnt für die Zeiträume KRF - KLF bzw. KLF - SPFG als Durchschnittsgrößen ermittelt wurden, werden bei den Kniewinkeln weitere Durchschnittswinkel gebildet. Es handelt sich hier um den Zeitraum von 5 Bildern nach dem Bodenkontakt des entsprechenden Beines.

### 3.3.4.2.8. Winkel zwischen Oberarm und Schulterachse

Hier handelt es sich um den Winkel, der sich aus der bereits unter 3.3.4.2.5. definierten Schulterachse und der Längsachse des Oberarmes bildet. Um ihn zu erfassen, werden die Filmaufnahmen aus der oberen Perspektive herangezogen.

### 3.3.4.3. Ergebnisse

	Winkel zu fest definierten Zeiten														
	Schulterachse			linkes Knie			rechtes Knie			Rumpfrücklage					
	KRF	KLF	SPFG	KLF	SPFG	KRF	KLF	KRF	KLF	KRF	KLF	SPFG	KRF	KLF	SPFG
WOLFERMANN	208	157	62	180	180	146	152	57	69	100					
LUSIS	192	163	45	151	162	146	126	64	68	114					
TREVIS	199	149	50	160	164	145	112	72	75	97					
JELTEN	215	159	48	157	159	152	132	57	70	102					
SCHNELL	187	152	64	160	178	160	123	59	66	96					
TIMMER	200	163	69	157	162	166	135	66	68	99					
Dr. FEIN	185	145	53	168	138	164	127	67	67	94					
SHEPPARD	161	153	28	162	164	162	129	65	62	95					
JOHN	193	126	29	153	163	168	123	62	73	98					
Dr. SCHÖNBICHLER	167	146	51	161	162	145	120	65	63	95					
$\bar{X}$	190,7	151,3	49,9	160,9	163,2	155,4	127,9	63,4	68,1	99,0					
s	16,8	10,9	13,6	8,2	11,4	9,5	10,6	4,7	4,0	5,8					
s'	254,2	181,2	156,5	60,9	116,0	81,4	101,6	20,2	14,4	30,6					
$\bar{X}_1$	200,2	156,0	53,8	161,6	168,6	149,8	129,0	61,8	69,6	101,8					
$\bar{X}_2$	181,2	146,6	46,0	160,2	157,8	161,0	126,8	65,0	66,6	96,2					

T A B E L L E Nr. 4



T A B E L L E Nr. 5

Durchschnittswinkel für bestimmte Zeitabschnitte

	Rumpfrücklage		Schulterachse		Ellenbogen		Knie	
	KRF-KLF	KLF-SPFG	KRF-KLF	KLF-SPFG	KRF-KLF	KLF-SPFG	KRF-KLF	KLF-SPFG
WOLFERMANN	61	90	199	111	174	107	137	180
LUSIS	64	91	188	108	172	122	128	155
TREVIS	73	86	190	108	173	112	116	153
JELTEN	61	89	198	110	161	103	135	155
SCHNELL	60	86	177	118	177	113	133	163
TIMMER	66	86	192	114	182	137	152	153
Dr. HEIN	63	82	183	101	176	103	129	160
SHEPPARD	63	75	161	103	164	108	125	153
JOHN	67	86	186	96	175	110	138	150
Dr. SCHÖNBICHLER	65	78	169	102	164	127	123	156
$\bar{X}$	64,30	84,90	184,3	107,1	171,8	114,2	131,6	157,8
s	3,8	5,2	12,2	6,6	6,7	11,1	9,9	8,7
s'	13,0	23,9	134,4	39,5	40,3	111,0	88,0	67,4
$\bar{X}_1$	63,8	88,4	190,4	111,0	171,4	111,4	129,8	161,2
$\bar{X}_2$	64,8	81,4	178,2	103,2	172,2	117,0	133,4	154,4

T A B E L L E Nr. 5

#### 3.3.4.4. Diskussion und Interpretation

Das Studium der Literatur hinsichtlich der Lagemerkmale von Körperteilen erweist sich als wenig ergiebig, Lediglich BAUERSFELD/SCHRÖTER machen Angaben,<sup>43</sup> die mit den ermittelten Werten vergleichbar sind. Allerdings erscheinen diese teilweise widersprüchlich. So geben die Autoren einmal ca. 120° für das aufsetzende rechte Bein<sup>44</sup> an und schreiben an anderer Stelle von einem "Fußaufsatz rechts ... mit gebeugtem Bein (Kniewinkel ca 150° bis 160°)."<sup>45</sup>

Diese letzte Angabe erscheint mir als die richtige, denn die ermittelten Werte liegen eben in diesem Bereich. So ergibt sich für den Kniewinkel des rechten Beines zum Zeitpunkt KRF für die zehn Werfer ein Mittelwert von 155,4° (siehe TABELLE Nr. 4). Jedoch ist deutlich zu erkennen, daß der Winkel bei den besseren Werfern geringer ist (149,8°) als bei den schwächeren (161,0°). Das bedeutet, daß die besseren Werfer mit einem stärker gebeugten rechten Bein nach dem Impulsschritt aufsetzen.

Interessant ist auch die Betrachtung der Veränderung des linken Kniewinkels. Während beide Werfergruppen mit fast gleichem Kniewinkel (161,6° bzw. 160,2°) das linke Bein aufsetzen, vergrößert sich der Winkel bei der besseren Werfergruppe auf einen Wert von 168,6°. Bei den schwächeren Werfern zeigt sich eine Verringerung auf einen Wert von 157,8°.

Somit sehe ich SCHMOLINSKY bestätigt. Er fordert, daß in der Phase des Abwurfs das linke Bein gestreckt werden soll.<sup>46</sup> Der von BAUERSFELD/SCHRÖTER angegebene optimale Winkel von 170° wird durch die besseren Werfer (168,6°) ebenfalls bestätigt.<sup>47</sup>

Dennoch sollte nach Meinung des Verfassers das linke Bein gestreckt aufgesetzt und bis zum Abwurf gestreckt gehalten werden. WOLFERMANN praktiziert dies vorbildlich mit einem Kniewinkel von 180° sowohl zum Zeitpunkt KLF als auch im Moment der SPFG (siehe TABELLE Nr. 4).

Erstaunlich ist auch das Verhalten der Schulterachse zur Anlaufrichtung. Während BAUERSFELD/SCHRÖTER eine "Drehung der Wurf Schulter um 90°"<sup>48</sup> angeben, zeigen die ermittelten

---

<sup>43</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 323

<sup>44</sup> Vgl. ebenda, S. 323

<sup>45</sup> Ebenda, S. 325

<sup>46</sup> Vgl. SCHMOLINSKY, G.: Leichtathletik, a.a.O., S. 401

<sup>47</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 322

<sup>48</sup> Ebenda, S. 322

und in TABELLE Nr. 4 dargestellten Werte, daß eine Drehung von über  $90^\circ$  erfolgt. JELTEN erreicht z.B. einen Wert von  $215^\circ$ <sup>49</sup>. Auch der Durchschnittswert liegt mit  $190,7^\circ$  über diesem Wert. Vermutlich geht von der stärkeren Drehung aus der Anlaufrichtung ein günstiger Einfluß auf die Wurfweite aus. Dies zeigt ein Vergleich der Mittelwerte der besseren und der schwächeren Werfer. Die schwächeren Werfer liegen dem von BAUERSPELD/SCHRÖTER angegebenen Wert<sup>50</sup> mit  $181,2^\circ$  am nächsten, während die Gruppe der besseren mit  $200,2^\circ$  deutlich darüber liegt. Inwieweit die Länge des Beschleunigungsweges beeinflußt wird, kann hier nicht beurteilt werden. Hierzu müßte u.a. die Armlänge der Athleten bekannt sein.

Bei Betrachtung dieser Werte fällt auf, daß die besseren Werfer im Schnitt bereits  $36,2^\circ$  nach dem Zeitpunkt abwerfen, in dem die Schulterachse sich im rechten Winkel zur Anlaufrichtung befindet. Die Gruppe der leistungsschwächeren Werfer gibt dagegen erst  $44^\circ$  nach Erreichen dieses Zeitpunkts den Speer frei.

Dennoch kann eindeutig gesagt werden, daß die besseren Werfer einen größeren Drehwinkel der Schulterachse von KRF bis SPFG haben.

Bei Durchsicht der Winkelwerte für die Rumpfrücklage (siehe TABELLE Nr. 4) fällt auf, daß die besseren Werfer mit einer stärkeren Rumpfbewegung im Zeitraum KRF bis SPFG arbeiten als die schwächeren. Die Winkelveränderung beträgt bei der Gruppe der besseren Athleten  $40^\circ$  bei den schwächeren Werfern dagegen nur  $31,2^\circ$ .

Bemerkenswert ist die Rücklage zum Zeitpunkt KRF, die bei den stärkeren Werfern größer ist. Trotzdem erfolgt die Speerfreigabe mit einer größeren Rumpfvorlage (bezogen jeweils auf die Senkrechte zur Erdoberfläche).

Die Aussage LINDNERS, "das linke Bein setzt den Schritt nicht in Laufrichtung an, sondern es wird zur Seite nach links herausgesetzt"<sup>51</sup>, kann nur bestätigt werden. Dies zeigen die gewonnenen Ergebnisse. Jedoch darf hier der Hinweis, daß dies ein Vorteil darstellt, so global nicht stehen bleiben. Aus den Werten kann man erkennen, daß alle Werfer zum Aufsetzen des linken Beines aus der Anlaufrichtung ausweichen. Auffällig ist die Abweichung bei den schwächeren Werfern, die größer ist als bei den

---

<sup>49</sup> Bei meinen Aussagen ist die Normrichtung die Anlaufrichtung. BAUERSFELD/SCHRÖTER beziehen sich auf eine Normrichtung senkrecht zur Anlaufrichtung. Daher sind beim Vergleich meine Werte um  $90^\circ$  zu verringern.

<sup>50</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 322

<sup>51</sup> LINDNER, E: Sprung und Wurf, a.a.O., S. 134

besseren. Die fünf besten Werfer weichen im Durchschnitt um  $18,8^\circ$  mit dem Stemmbein nach links aus der Anlaufrihtung aus, die fünf schlechteren Speerwerfer dagegen um durchschnittlich  $25,4^\circ$ .

Interessant ist die Betrachtung des Winkels, der sich aus der Schulterachse und dem Oberarm des Wurfarms ergibt. Beide Werfergruppen weisen zum Zeitpunkt KRP etwa gleiche Durchschnittswerte auf,  $166,6^\circ$  die besseren Werfer und  $168,8^\circ$  die schwächeren. Im Zeitpunkt KLP zeigt sich bereits eine Veränderung. Die schwächeren Werfer haben den Winkel im Durchschnitt auf  $198^\circ$  vergrößert. Die besseren bleiben mit  $187^\circ$  zurück, steigern ihn aber bis zum Zeitpunkt SPFG auf  $193^\circ$ , während die Gruppe der Leistungsschwächeren einen Abfall auf  $187,6^\circ$  zu verzeichnen hat.

Diese Werte zeigen, daß die schwächeren Werfer mit der Wurfbewegung des Armes zu früh beginnen und die in Speerwerferkreisen oft erwähnte 'Schlagverzögerung' nicht oder nur mangelhaft ausführen.

Auch kann angenommen werden, daß die zur Kraftentwicklung notwendige Vordehnung der Muskulatur bei den besseren Werfern günstiger ausfällt. Ein vorgedehnter Muskel erreicht bei der Kontraktion sein Kraftmaximum nicht augenblicklich, sondern erst nach einer entsprechenden Verzögerung.<sup>52</sup>

Dieses Maximum dürfte bei den Werfern mit der größeren Wurfweite auf Grund dieser Überlegungen unmittelbar vor der Speerfreigabe liegen, also am Ende des Zeitraums KLF bis SPFG. Somit würde KOSLOW bestätigt. Er schreibt, daß das Kraftmaximum in den Würfeln immer am Schluß der Abwurfphase aufgebracht werden muß".<sup>53</sup>

---

<sup>52</sup> TUTJOWITSCH, V.N.: Theorie der sportlichen Würfe, Teil 2, a.a.O., S. 16

<sup>53</sup> KOSLOW, V.: Wann höchster Krafteinsatz bei den Würfeln?, in: Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 7, 1970, S. 236

## 4. KORRELATIONSSTATISTISCHE ANALYSE DER ABWURFBEWEGUNG BEIM SPEERWURF

### 4.1. Methode

Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den erfaßten Merkmalen? Diese Frage ist von hohem Interesse und soll in diesem Abschnitt der Arbeit behandelt werden.

Um eine Lösung dieser Frage zu finden, wird ein statistisches Prüfverfahren angewendet, die Korrelationsanalyse. Sie gibt Auskunft über die Höhe des Zusammenhangs der erfaßten Merkmale.

Da es sich in der vorliegenden Untersuchung um intervallskalierte Daten handelt, wird zur Bestimmung der Zusammenhänge die Produkt-Moment-Korrelation errechnet. Die erfaßten Daten wurden im Hochschulrechenzentrum der Justus-Liebig-Universität Gießen aufgearbeitet und als Korrelationsmatrix gerechnet.

### 4.2. Ergebnisse der korrelationsstatistischen Analyse

Die Ergebnisse der Produkt-Moment-Korrelation sind in TABELLE Nr. 7 auf den Seiten 70 - 79 nachzulesen, die auf Zusammenhänge überprüften Merkmale in TABELLE Nr. 6, Seite 38 - 39. Die Korrelationsmatrix weist zwei Arten von Zusammenhänge aus:

1. gleichsinnige und
2. ungleichsinnige.

Ein ungleichsinniger Zusammenhang ist durch ein Minuszeichen vor dem Korrelationskoeffizienten gekennzeichnet. Ein gleichsinniger Zusammenhang, durch positiven Korrelationskoeffizient ausgedrückt, bedeutet, daß mit der Zunahme (Abnahme) eines Merkmals eine Zunahme (Abnahme) des anderen verbunden ist. Der am Minuszeichen erkenntliche ungleichsinnige Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen zeigt bei Zunahme (Abnahme) eines Merkmals eine Abnahme (Zunahme) des anderen Merkmals an.

Nr.    Merkmalsbezeichnung

- 1      Wurfweite
- 2      Weg des Speers von KRF bis KLF
- 3      Weg des Speers von KLF bis SPFG
- 4      Länge des Stemmschritts
- 5      Abfluggeschwindigkeit des Speers
- 6      Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers  
von KRF bis KLF
- 7      Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers  
von KLF bis SPFG
- 8      Dauer von KRF bis KLF
- 9      Dauer von KLF bis SPFG
- 10     Dauer von KRF bis SPFG
- 11     Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima  
von Ellenbogen und Wurfhand
- 12     Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima  
von Ellenbogen und rechter Schulter
- 13     Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima  
von von rechter und linker Schulter
- 14     Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima  
von rechter Schulter und Wurfhand
- 15     Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima  
von linker Schulter und Wurfhand
- 16     Abwurfwinkel
- 17     Abflugwinkel
- 18     Durchschnittliche Rumpfrücklage zwischen den  
Zeitpunkten KRF und KLF
- 19     Durchschnittliche Rumpfrücklage zwischen den  
Zeitpunkten KLF und SPFG
- 20     Abweichung des linken Fußes aus der Anlaufrichtung
- 21     Winkel des Ellenbogens bei KLF (obere Persp.)
- 22     Winkel des Ellenbogens bei KLF (untere Persp.)
- 23     Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung  
im Zeitpunkt KRF
- 24     Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung  
im Zeitpunkt KLF
- 25     Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung  
im Zeitpunkt SPFG
- 26     Durchschnittswinkel der Schulterachse zur  
Anlaufrichtung zwischen KRF und KLF
- 27     Durchschnittswinkel der Schulterachse zur  
Anlaufrichtung zwischen KLF und SPFG
- 28     Durchschnittswinkel des Ellenbogens (obere Persp.)  
zwischen KRF und KLF
- 29     Durchschnittswinkel des Ellenbogens (obere Persp.)  
zwischen KLF und SPFG
- 30     Winkel des rechten Knies im Moment KRF
- 31     Winkel des rechten Knies im Moment KLF
- 32     Winkel des linken Knies im Moment KLF
- 33     Winkel des linken Knies im Moment SPFG
- 34     Rumpfrücklage im Zeitpunkt KRF
- 35     Rumpfrücklage im Zeitpunkt KLF
- 36     Rumpfrücklage im Zeitpunkt SPFG

- 37 Durchschnittswinkel des rechten Knies für 5 Bilder nach KRF
- 38 Durchschnittswinkel des rechten Knies für 5 Bilder nach KLF
- 39 Durchschnittswinkel des rechten Knies zwischen KRF und KLF
- 40 Durchschnittswinkel des linken Knies
- 41 Differenz zwischen Abwurf- und Abflugwinkel des Speers
- 42 Differenz der Rumpfrücklage von KRF bis KLF
- 43 Differenz der Rumpfrücklage von KLF bis SPFG
- 44 Differenz der Rumpfrücklage von KRF bis SPFG
- 45 Differenz des Winkels Schulterachse zur Anlaufrihtung zwischen KRF und KLF
- 46 Differenz des Winkels Schulterachse zur Anlaufrihtung zwischen KLF und SPFG
- 47 Differenz des Winkels Schulterachse zur Anlaufrihtung zwischen KRF und SPFG
- 48 Winkel des Oberarms zur Schulterachse im Zeitpunkt KRF
- 49 Winkel des Oberarms zur Schulterachse im Zeitpunkt KLF
- 50 Winkel des Oberarms zur Schulterachse im Zeitpunkt SPFG
- 51 Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KRF und KLF
- 52 Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KLF und SPFG
- 53 Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KRF und SPFG

### 4.3. Zeitmerkmale

#### 4.3.1. Dauer KLF bis SPFG

Die Betrachtung der korrelationsstatistischen Zusammenhänge der Zeitmerkmale mit anderen Merkmalen zeigt einen ungleichsinnigen korrelativen Zusammenhang zwischen der Dauer des Zeitraums KRF bis SPFG mit der Wurfweite. Ein solcher Zusammenhang ist auch für den Zeitraum KLF bis SPFG, nicht aber für KRF bis KLF zu erkennen.

Ein ebenfalls ungleichsinniger Zusammenhang besteht mit dem Durchschnittswinkel des rechten Knies für den Zeitraum 5 Bilder nach KLF. Danach wäre zu fordern, das rechte Bein aktiv arbeiten zu lassen. Diese Tatsache zeigt auch, daß nicht wie LINDNER meint, "die Betonung des rechten Beines überschätzt wird".<sup>54</sup>

Daß die Dauer KLF bis SPFG von der Stemmschrittlänge abhängen kann, zeigt der hohe korrelative Zusammenhang. Zunächst wäre anzunehmen, daß je länger der Zeitraum KLF bis SPFG ist, umso größer die Stemmschrittweite wird. Der ungleichsinnige Zusammenhang sagt jedoch das Gegenteil aus. Außerdem unterstützt er die Forderung, mit dem rechten Bein nach dem KLF aktiv zu arbeiten.

#### 4.3.2. Dauer KRF bis KLF

Interessant ist hier besonders die Betrachtung des Zusammenhangs mit dem Winkel des rechten Knies. Hier bestehen für den Winkel zum Zeitpunkt KRF ebenso wie für die Durchschnittswinkel sowohl für den Zeitraum KRF bis KLF als auch 5 Bilder nach KRF gleichsinnige Zusammenhänge. Daraus kann man ableiten, daß nach KRF das rechte Bein im Knie zu beugen ist.

Der Zeitraum KRF bis KLF dürfte auch in hohem Maße die Dauer von KLF bis SPFG beeinflussen, wie es die Größe des Korrelationskoeffizienten mit 0.8653 ausweist.

---

<sup>54</sup> LINDNER, E: Sprung und Wurf, a.a.O., S. 134



#### 4.3.3. Dauer KRF bis SPFG

Die Ursache des ungleichsinnigen Zusammenhangs mit der Wurfweite resultiert wie bereits gesagt, sicherlich aus der Phase KLF bis SPFG. Auffällig ist der positive Zusammenhang zwischen der Gesamtdauer der Abwurfphase und dem Ausweichen des Stemmbeins zur Nichtwurfarmseite. Die Ursache hierfür ist aus der Korrelationsanalyse nicht zu ersehen. Jedoch dürfte hier die Dauer KRF bis KLF eine große Auswirkung haben, denn sie beeinflusst wie bereits unter 4.3.2. erwähnt, die Gesamtdauer der Abwurfphase.

#### 4.3.4. Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von Ellenbogen und Hand

Es können ungleichsinnige Zusammenhänge mit der Rumpfrücklage zum Zeitpunkt KRF und der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen den Zeitpunkten KRF und SPFG nachgewiesen werden. Somit kann aus der Korrelation geschlossen werden, daß eine ausgeprägte Rumpfrücklage bei KRF und eine große Differenz des Winkels aus Oberarm und Schulterachse, ermittelt aus den Zeiten KRF und SPFG, eine zeitlich kurze Folge der Geschwindigkeitsmaxima bewirken.

#### 4.3.5. Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima zwischen rechter Schulter und Ellenbogen

Hier bestehen gleichsinnige Variationen zwischen der zeitlichen Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von Hand und rechter Schulter. Ein ungleichsinniger Zusammenhang mit der zeitlichen Differenz von rechter und linker Schulter weist diese Analyse aus. Es darf angenommen werden, daß eine größere zeitliche Differenz für die Folge der Geschwindigkeitsmaxima der beiden Schultern sich verkürzend auf die Folge der Maxima von rechter Schulter und Hand bzw. linker Schulter und Hand auswirkt.

#### 4.3.6. Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von rechter und linker Schulter

Hier bestehen mit den zeitlichen Differenzen von rechter Schulter und Ellenbogen bzw. rechter Schulter und Wurfhand ungleichsinnige Zusammenhänge. Für den Weg des Speers von KLF und SPFG kann ein gleichsinniger Zusammenhang aufgezeigt werden. Das dürfte so zu interpretieren sein, daß durch eine Aufziehbewegung des linken Armes<sup>55</sup> die linke Schulter ihre Maximalgeschwindigkeit vor der rechten erreicht. Durch diese Bewegung wird die Brustpartie vorgedehnt. Dadurch besteht eine günstige Voraussetzung für eine Abwurfbewegung mit einer schnellen zeitlichen Folge der Geschwindigkeitsmaxima von rechter Schulter, Ellenbogen und Hand. Bei einer geringen zeitlichen Differenz der Maximalgeschwindigkeiten von linker und rechter Schulter darf davon ausgegangen werden, daß mit der Aufziehbewegung des linken Armes die rechte Schulter sich bereits in Wurfrichtung bewegt, womit der Beschleunigungsweg verkürzt wird.

Aus dieser Überlegung heraus ist anzunehmen, daß der gleichsinnige Zusammenhang des diskutierten Merkmals mit dem Weg des Speers ab KLP eine Bestätigung der Forderung nach einem optimal langen Beschleunigungsweg darstellt.<sup>56</sup>

#### 4.3.7. Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von rechter Schulter und Wurfhand

Die Zusammenhänge der zeitlichen Differenz der Geschwindigkeitsmaximalwerte beider Schultern (4.3.6.) und rechter Schulter und Ellenbogen (4.3.5.) wurde bereits besprochen.

Es besteht noch ein positiver Zusammenhang mit dem Oberarm-Schulterachsen-Winkel zum Zeitpunkt KRF. Aus dem ungleichsinnigen Zusammenhang mit dem Durchschnittswinkel des linken Knies kann möglicherweise abgeleitet werden, daß die Qualität der Stemmarbeit (gestrecktes Stemmbein) den Geschwindigkeitsanstieg vom Maximum der rechten Schulter bis zur Abfluggeschwindigkeit beeinflusst.

#### 4.3.8. Zeitliche Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von linker Schulter und Wurfhand

---

<sup>55</sup> Vgl. SALOMON, H.: Der Speerwurf - Technik, Training, Wettkampf, Beiträge zur sportlichen Leistungsförderung, Band 4, Verlag Bartels & Wernitz, Berlin 1971, S. 14 - 15

<sup>56</sup> Vgl. BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 324

Vgl. NETT, T.: Beginn Speerabwurfphase, a.a.O., S. 1499

Bei diesem Merkmal bestehen Zusammenhänge ungleichsinniger Art mit der Wurfweite, der Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers von KLF bis SPFG, dem Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Moment KRF, dem Durchschnittswert des Schulterachsenwinkels von KRF bis KLF, dem Durchschnittswinkel des rechten Knies 5 Bilder nach KLF, dem Durchschnittswinkel des linken Knies und der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels für die Gesamtabwurfphase.

Gleichsinnig sind die Variationen zum Oberarm-Schulterachsen-Winkel beim KLF und den zeitlichen Differenzen der Geschwindigkeitsmaximalwerte von rechter Schulter und Wurfhand bzw. rechter Schulter und Ellenbogen.

Aus diesen Zusammenhängen darf man annehmen, daß es für eine schnelle Abwurfbewegung notwendig ist, die Wurf Schulter möglichst erst ab KLF in Wurfriechtung zu drehen. Ebenso darf als Voraussetzung ein gestrecktes Stemmbein und ein ab KLF aktiv arbeitendes rechtes Bein angenommen werden. Daraus könnte sich, wie auch unter 3.3.4.4. diskutiert, eine günstige Vordehnung der Muskulatur durch Zurückbleiben der Oberarms gegenüber der Wurf Schulter entwickeln. Damit würde sich der Oberarm-Schulterachsen-Winkel vergrößern. Mit diesem Winkel besteht wie o.a. zum Zeitpunkt KLF ein korrelativer Zusammenhang, ebenso mit seiner Differenz von KRF bis SPFG. Somit dürften gute Voraussetzungen für einen optimalen Abwurf geschaffen sein, der sich in einer schnellen Folge der Geschwindigkeitsmaxima von rechter Schulter, Ellenbogen und Wurfhand äußert. Auch ein Anstieg der Durchschnittsgeschwindigkeit für den Speer von KLF bis SPFG und eine Wurfweitensteigerung müßten damit verbunden sein. Beides wird durch die Analyse bestätigt.

#### 4.4. Längenmerkmale

##### 4.4.1. Wurfweite

Ziel der sportlichen Würfe ist es, daß Gerät über eine große Weite zu werfen oder zu stoßen. Daher wird man bei der Betrachtung der Zusammenhänge der Längenmerkmale mit anderen Merkmalen der Wurfweite besondere Aufmerksamkeit schenken.

Es fallen die ungleichsinnigen Zusammenhänge der Wurfweite mit den Zeitmerkmalen 'Dauer KLF bis SPFG' und 'Dauer KRF bis SPFG' auf. Dies bedeutet eine statistisch gesicherte Annahme, daß die Wurfweite in dem Maße wächst, in dem sich die Dauer der Abwurfbewegung verkürzt.

Ein Korrelationsfaktor von 0.827 für den statistischen Zusammenhang mit der Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers für die Zeitspanne KLF bis SPFG bestätigt diese Annahme. Eine Erhöhung der Durchschnittsgeschwindigkeit des

Wurfgeräts bedeutet bei gleicher Wegstrecke eine kürzere Zeitdauer für die Überwindung dieser Strecke.

Daß dem Ausweichen des Stemmbeines zur Nichtwurfarmseite, wie es LINDNER<sup>57</sup> fordert, Grenzen gesetzt sind, zeigt diese Korrelationsanalyse. Sie weist nach, daß von der Vergrößerung der Abweichung ein ungünstiger Einfluß auf die Wurfweite ausgeht.

Der Zusammenhang zwischen Stemmschrittlänge und Wurfweite darf nicht unkritisch als gegeben hingenommen werden. Man darf nicht, wie es diese Analyse ausdrückt, davon aus-

gehen, daß mit einer Stemmschrittvergrößerung eine Steigerung der Wurfweite einhergeht. Da hier sicherlich die Anlaufgeschwindigkeit eine gewichtige Rolle spielt, muß man bei diesem Zusammenhang einschränkend sagen, daß nur mit einer Stemmschrittvergrößerung bei hoher Anlaufgeschwindigkeit und sonst gleichen Bedingungen eine Steigerung der Wurfweite erfolgt.

Die Tatsache, daß die Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung für die Zeitabschnitte KRF bis KLF und KLF bis SPFG gleichsinnig zusammenhängen, bestätigt die Forderung von BAUERSFELD/SCHRÖTER nach "Sicherung einer möglichst langen Dauer der Krafteinwirkung durch einen optimal langen Beschleunigungsweg des Geräts"<sup>58</sup>. Das hier Geforderte wird durch eine starke Verdrehung des Oberkörpers erreicht.

#### 4.4.2. Stemmschrittlänge

Der Zusammenhang mit der Wurfweite wurde bereits diskutiert, ebenso unter 4.3.1. der Einfluß der Stemmschrittlänge auf die Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers ab KLF bis zur SPFG.

Der ungleichsinnige Zusammenhang mit der Dauer der Phase KLF bis SPFG bestätigt die unter 4.5.2. getroffene Aussage in bezug auf eine günstigere Energieübertragung, die sich über Beine, Rumpf und Wurfarm bis zum Gerät fortsetzt.<sup>59</sup>

#### 4.4.3. Weg des Speers von KLF bis SPFG (obere Perspektive)

Die durchgeführte Korrelationsanalyse zeigt, daß die Größe des Winkels, der sich aus dem Oberarm des Wurfarms und der Schulterachse bildet, Einfluß auf den Weg des Speers

---

<sup>57</sup> Vgl. LINDNER, E.: Sprung und Wurf, a.a.O., S. 134

<sup>58</sup> BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 293

<sup>59</sup> Vgl. SALOMON, H.: Der Speerwurf - Technik, Training, Wettkampf, a.a.O., S. 19

zwischen KLF und SPFG hat. Der Weg des Geräts wird länger, wenn der Oberarm-Schulterachsen-Winkel größer wird.

Aus dieser Erkenntnis kann die Forderung nach der unter 3.3.4.4. bereits erwähnten 'Schlagverzögerung' zum Zwecke der Wurfweitensteigerung nur bekräftigt werden.

#### 4.4.4. Weg des Speers von KRF bis KLF (obere Perspektive)

Für dieses Merkmal kann ein positiver Zusammenhang mit der Dauer der Phase KRF bis KLF festgestellt werden. Ein negativer besteht mit dem Ellenbogenwinkel zum Zeitpunkt KLF (untere Perspektive).

Bei etwa gleichbleibender Geschwindigkeit bedeutet eine Wegverlängerung für den Speer einen Anstieg der benötigten Zeit. So könnte man die Zusammenhänge beider Merkmale deuten.

Desweiteren bedeutet ein Beugen des nach hinten gestreckten Wurfarms im Ellenbogen eine Wegverlängerung für den Speer. Dies kann aus den ermittelten Ergebnissen als nachgewiesen angesehen werden.

### 4.5. Geschwindigkeitsmerkmale

#### 4.5.1. Abfluggeschwindigkeit des Speers

Erstaunlich ist ein Fehlen eines korrelativen Zusammenhangs zwischen Wurfweite und Abfluggeschwindigkeit des Geräts. Immerhin geht sie wie unter 3.3.3.4. dargestellt zum Quadrat in die Formel für die Flugweite ein.<sup>60</sup>

Diese Tatsache bestätigt jedoch, daß noch andere Faktoren wie z.B. der auch unter 3.3.3.4. erwähnte Abwurfwinkel die Wurfweite beeinflusst.

Der Zusammenhang mit der Rumpfrücklage zum Zeitpunkt SPFG zeigt den Einfluß einer großen Rumpfbewegung auf die Abfluggeschwindigkeit. In diesem Ergebnis liegt eine Bestätigung der Aussage von BAUERSFELD/SCHRÖTER, daß eine "Beschleunigung durch Einsatz des Rumpfes"<sup>61</sup> erfolgt.

#### 4.5.2. Durchschnittliche Geschwindigkeit des Speers im Zeitraum KLF bis SPFG

---

<sup>60</sup> Vgl. Seite 26

<sup>61</sup> BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 294

Ein gleichsinniger Zusammenhang mit der Stemmtrittweite fällt bei Betrachtung dieses Merkmals auf. Der Grund dafür liegt in einer günstigeren Energieübertragung durch eine bessere Stemmwirkung des Stemmbeines.

Der hohe positive Zusammenhang mit dem Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung für den Zeitraum KRF bis KLF bestätigt die von vielen Autoren geforderte Verlängerung des Beschleunigungsweges.

Widersprüchlich dazu erscheint auf den ersten Blick der ungleichsinnige Zusammenhang sowohl mit der Rumpfrücklage zum Zeitpunkt KLF als auch mit der durchschnittlichen Rumpfrücklage ab KLF bis zur SPFG.

Nur eine starke Rücklage dürfte über einen langen Beschleunigungsweg Einfluß auf die Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers ab KLF bis zur SPFG haben. Dabei wird jedoch die bereits unter 3.3.4.4. erwähnte Vordehnung<sup>62</sup> der Muskulatur außer acht gelassen. Diese Vordehnung wird optimal beeinflusst, wenn der Werfer ab KLF seine Rumpfrücklage mit nach hinten gestrecktem Wurfarm in eine Vorlage umwandelt. Das wäre genau das, was SALOMON als "Brustpartie vorschieben ('Bogenspannung in der Schulter'), während der Speer nachgeschleppt wird"<sup>63</sup>, als beispielhaft beschreibt.

---

<sup>62</sup> Vgl. Seite 35

<sup>63</sup> SALOMON, H.: Der Speerwurf - Technik, Training, Wettkampf, a.a.O., S. 15

## 4.6. Lagemerkmale

### 4.6.1. Rumpfrücklage im Zeitpunkt KRF

Es fällt bei der Betrachtung der Zusammenhänge mit dem Oberarm-Schulterachsen-Winkel für die Zeitpunkte KLF und SPFG ein unterschiedlicher, korrelativer Zusammenhang auf. Ist er für den Zeitpunkt KLF gleichsinnig, weist er für die SPFG das Gegenteil aus. Wie ist dies nun zu interpretieren?

Zum Zeitpunkt KLF beginnt der Werfer mit einer Rumpf-Drehbewegung in Wurfrichtung. Auf Grund der Massenträgheit und des Bestrebens, den Wurfarm weiterhin nach hinten zu strecken, bleibt der Oberarm gegenüber der Schulterachse zurück. Somit vergrößert sich der Winkel zwischen beiden. Es wird eine Vordehnung der Muskulatur erreicht.

Zum Zeitpunkt der SPFG hat der Werfer seine Wurfarbeit mit dem Wurfarm geleistet. Das heißt, er hat ihn nach vorne in Wurfrichtung bewegt und dadurch den Winkel zwischen Schulterachse und Oberarm verkleinert.

### 4.6.2. Rumpfrücklage im Zeitpunkt KLF

Für dieses Merkmal konnte zu diesem Zeitpunkt nur ein negativer Zusammenhang nachgewiesen werden. Er besteht mit der Differenz des Winkels, den die Schulterachse zu den Zeitpunkten KRF und KLF mit der Anlaufrichtung bildet.

Durch diesen Zusammenhang wird ausgesagt: je kleiner die Rumpfrücklage zum Zeitpunkt KLF, desto größer der Drehwinkel der Schulterachse vom KRF bis zum KLF. Dies bedeutet, daß mit einem Übergang aus einer Rumpfrücklage in eine Rumpfvorlage eine Drehung der Schulterachse erfolgt. Diese Drehung dürfte überwiegend einer geringeren Beschleunigung der linken Schulter gegenüber der rechten in Wurfrichtung zuzuschreiben sein.

### 4.6.3. Rumpfrücklage im Zeitpunkt SPFG

Hier können Zusammenhänge mit der Abfluggeschwindigkeit, der durchschnittlichen Rumpfrücklage für die Zeit KLF bis SPFG und der Differenz der Rumpfrücklage für diese Zeiten nachgewiesen werden. Verständlich ist der gleichsinnige Zusammenhang mit der durchschnittlichen Rumpfrücklage in der Zeitspanne von KLF bis zur SPFG. Je kleiner der Winkelwert der Rücklage, desto kleiner ist auch der

Durchschnittswert. Ebenso einleuchtend ist der Einfluß einer Vorlage im Zeitpunkt der Speerfreigabe auf die Differenz des Winkels der Rumpfrücklage zwischen KLF und SPFG.

Bedeutsam erscheint der nachgewiesene Zusammenhang mit der Abfluggeschwindigkeit des Speers. Hieraus kann gefolgert werden, daß mit einer Rumpfvorlage zum Zeitpunkt der SPFG ein Anstieg der Abfluggeschwindigkeit einhergeht womit die Aussage KORNALEWSKIS, daß der Abwurf "bei gleichzeitigem blitzschnellen Vorneigen des ganzen Rumpfes"<sup>64</sup> erfolgt, bestätigt werden kann.

#### 4.6.4. Kniewinkel rechts im Zeitpunkt KRF

Vom Winkel des rechten Knies kann ein Einfluß auf die Dauer der Zeitspanne vom KRF bis KLF ausgehen. Mit einer Vergrößerung des Kniewinkels steigt auch die Dauer vom KRF bis zum KLF. Ein gestrecktes rechtes Bein beim KRF läßt kein aktives Arbeiten zu und verhindert somit ein schnelles Aufsetzen des Stemmbeins. Wie bereits unter 4.3.2. festgestellt, kann hier bestätigt werden, daß der Kontakt des rechten Fußes mit einem gebeugten Bein erfolgen soll. Ein gebeugtes rechtes Bein nimmt statistisch gesehen Einfluß auf die Gesamtdauer der Abwurfphase und die Zeitspanne vom KLF bis zur SPFG. Beide Zeiten stehen in einem ungleichsinnigen Zusammenhang mit der Wurfweite. Das bedeutet, je kürzer die Dauer dieser Phasen, desto größer ist die Wurfweite.

#### 4.6.5. Kniewinkel rechts im Zeitpunkt KLF

Die Rumpfrücklage zum Zeitpunkt KRF beeinflusst den Winkel des rechten Knies zum Zeitpunkt KLF. Eine stärkere Rumpfrücklage zur Zeit KRF hat ein gestreckteres rechtes Bein beim KLF zur Folge. Dieser Zusammenhang dürfte durch das Bemühen des Werfers entstehen, nach dem Impulsschritt (vierter Schritt im 5-Schritt-Rhythmus) mit einer starken Rücklage das Stemmbein weit nach vorne in Laufrichtung aufzusetzen.

Bedeutend sind die Zusammenhänge mit dem Oberarm-Schulterachsen-Winkel. Hier besteht für den Zeitpunkt KLF ein ungleichsinniger Zusammenhang. Das zeigt, daß dieser Winkel durch die Arbeit des rechten Beines beeinflusst werden kann. Ist das rechte Knie beim KLF gebeugt, so sollte auch der Winkel zwischen Oberarm und Schulterachse

---

<sup>64</sup> KORNALEWSKI, W.: Der Speerwurf im Lichte der physikalischen Gesetze, zitiert nach NETT, T.: Die Technik beim Wurf und Stoß, a.a.O., S. 141



klein sein. Zum Zeitpunkt SPFG sind für beide Winkel große Werte anzustreben; also das rechte Bein gestreckt sein und der Wurfarm noch nachgeschleppt werden. Diese Forderungen werden auch durch den Zusammenhang des rechten Kniewinkels beim KLF mit der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KLF und SPFG bestätigt. Mit einer aktiven Streckung des rechten Beines vom KRF bis KLF geht ein Anstieg der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KLF und SPFG einher.

#### 4.6.6. Kniewinkel links im Zeitpunkt KLF

Auffällig ist hier, daß nur zwei korrelative Zusammenhänge bestehen, zum einen verständlicherweise mit dem Durchschnittswinkel des linken Knies und zum anderen mit der Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers zwischen KRF und KLF.

Dieser Zusammenhang fordert eine aktive Streckung des rechten Beines. Durch diese Streckung kann die Geschwindigkeit des Speers erhöht werden, was auch der gleichsinnige Zusammenhang zwischen dem rechten Kniewinkel und dem linken Kniewinkel zur Zeit KLF bestätigt.

Dieser Zusammenhang fand jedoch in dieser Analyse keine Berücksichtigung, da er nur ein Signifikanzniveau von 5,6 % aufweisen konnte.

#### 4.6.7. Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Zeitpunkt KRF

Für diesen Zeitpunkt sind gleichsinnige Zusammenhänge mit der Wurfweite, der Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers von KLF bis SPFG, der Differenz der Rumpfrücklage von KLF bis SPFG und der Stemmschrittweite nachgewiesen.

Für die Dauer der Phase KLF bis SPFG, den Abflugwinkel des Wurfgeräts, die durchschnittliche Rumpfrücklage zwischen KLF und SPFG und die Größe des Ellenbogenwinkels (untere Perspektive) werden ungleichsinnige Zusammenhänge festgestellt.

Eine Verdrehung des Oberkörpers aus der Anlaufrichtung geht statistisch gesehen mit einer Steigerung der Wurfweite einher. Ebenso wird die Rumpfbewegung ab KLF bis zur SPFG vergrößert und die Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers für diese Phase erhöht. Damit ist auch eine Verkürzung der Dauer ab KLF bis zur SPFG zu erklären. Unerwartet sind der positive Zusammenhang der Schulterachsendrehung mit der

Stemmschrittlänge und der negative mit dem Abflugwinkel des Geräts.

Ein korrelativer Zusammenhang zwischen Abflugwinkel und Wurfweite kann in dieser Analyse nicht nachgewiesen werden. Dennoch wird bei NETT gefordert, die Differenz zwischen Richtung der Krafteinwirkung und Richtung der Speerlängsachse möglichst gering zu halten.<sup>65</sup> 66) Diese Aussage und der positive statistische Zusammenhang zwischen Stemmschrittlänge und Wurfweite lassen den Schluß zu, daß die Größe des Winkels der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Moment KRF leistungsrelevant ist.

#### 4.6.8. Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Zeitpunkt KLF

Für den Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung kann für diesen Zeitpunkt nur ein positiver Zusammenhang mit dem Durchschnittswert dieses Winkels von KLF bis zur SPFG festgestellt werden.

#### 4.6.9. Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung im Zeitpunkt SPFG

Hier bestehen aus der Analyse erkennbare Zusammenhänge nur mit dem Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung ab KLF bis SPFG, (positiv) und der Differenz dieses Winkels für den gleichen Zeitraum negativ).

#### 4.6.10. Differenz des Winkels Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KRF und KLF

Diese Differenz weist statistische Zusammenhänge mit der Rumpfrücklage und dem Ellenbogenwinkel zur Zeit KLF, ermittelt aus der seitlichen Perspektive, aus. Diese Verbindungen sind ungleichsinniger Art. Das bedeutet, daß bei einer großen Differenz des Winkels der Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KRF und KLF der Werfer eine geringe Rücklage und einen abgewinkelten Wurfarm hat.

Es kann also gesagt werden, daß in einem solchen Fall bereits vor KLF mit der Wurfbewegung begonnen wird. Daher ist zu fordern, diese Differenz klein zu halten, um zum Zeitpunkt KLF einen gestreckten Wurfarm bei großer Rumpfrücklage zu haben. Dies erhärtet die unter 3.3.4.4. und 4.4.3. erwähnte Notwendigkeit einer „Schlagverzögerung“.

---

<sup>65</sup> Vgl. NETT, T.: Die Technik beim Wurf und Stoß, a.a.O.. S. 147 - 148

#### 4.6.11. Differenz des Winkels Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KLF und SPFG

Die unter 4.6.10. getroffenen Aussagen werden durch die für dieses Merkmal bestehenden statistischen Verbindungen bestärkt. Der ungleichsinnige Zusammenhang mit dem Ellenbogenwinkel aus der seitlichen Perspektive im Moment KLF bestätigt, daß nur mit einem möglichst gestrecktem Wurfarm zur Zeit KLF ein großer Drehwinkel der Schulterachse möglich ist. Er wird durch die negative Korrelation des Winkels der Schulterachse zur Zeit SPFG mit der Differenz des gleichen Winkels zwischen KLF und SPFG gefordert.

#### 4.6.12. Abwurfwinkel

Der positive korrelative Zusammenhang mit der Differenz zwischen Abwurfwinkel (Moment der Speerfreigabe) und Abflugwinkel (1/10 s nach SPFG) bestätigt die Angabe von TUTJOWITSCH, daß der Abwurfwinkel durch Lufteinflüsse verkleinert wird.<sup>67</sup>

#### 4.6.13. Durchschnittliche Rumpfrücklage zwischen den Zeitpunkten KRF und KLF

Hier bestehen Verbindungen mit der Rumpfrücklage zum Zeitpunkt KRF und dem Oberarm-Schulterachsen-Winkel zu den Zeiten KLF und SPFG.

Durch eine starke Rücklage zur Zeit KRF steigt auch der Durchschnittswert für den Zeitraum KRF bis KLF, daher der gleichsinnige Zusammenhang. Eine Drehung der Schulterachse soll erst ab KLF einsetzen. Dies zeigen die Zusammenhänge mit dem Oberarm-Schulterachsen-Winkel im Moment KLF (negativ) und seiner entstehenden Differenz zwischen den Werten zu KLF und SPFG (positiv). Mit einer Rücklage des Werfers zwischen dem KRF und dem KLF bleibt auch der Oberarm-Schulterachsen-Winkel klein. Die Differenz dieses Winkels aus den Werten zu den Zeitpunkten KLF und SPFG steigt.

#### 4.6.14. Durchschnittliche Rumpfrücklage zwischen den Zeitpunkten KLF und SPFG

Geringe Irrtumswahrscheinlichkeiten für die ungleichsinnigen Zusammenhänge mit der Wurfweite (8 ‰), der Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers im Abschnitt KLF bis SPFG (4 ‰/‰), dem Winkel der Schulterachse während KRF (1 ‰/‰) und dem Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung von KRF bis SPFG, (1 ‰/‰) erhärten die unter 4.6.13. getroffene Feststellung, daß eine Drehung der

---

<sup>67</sup> Vgl. TUTJOWITSCH, V.U.: Theorie der sportlichen Würfe, Teil 1, a.a.O., S. 55

Schulterachse erst ab KLF erfolgen soll. Ebenso werden erneut SALOMON und KORNALEWSKI in ihrer Aussage bestätigt, wonach die Abwurfbewegung aus einer Kinnbewegung des Rumpfes nach vorn erfolgen soll.<sup>68</sup>

#### 4.6.15. Abweichung des linken Fußes aus der Anlaufrichtung

Aus der negativen Abhängigkeit der Wurfweite kann man erkennen, daß das Stemmbein mit möglichst geringer seitlicher Abweichung aus der Laufrichtung aufgesetzt werden soll. Die mit der Verlängerung der Phase KRF bis KLF nach dieser Analyse einhergehende Abweichung des Stemmbeins und der daraus resultierenden leistungs-mindernden (siehe oben) Wirkung, bestätigt BAUERSFELD/SCHRÖTER in ihrer Forderung nach "greifender, schlagender Bewegung"<sup>69</sup> für das Aufsetzen des Stemmbeins.

Die gleichsinnigen Zusammenhänge des Ausweichens aus der Anlaufrichtung mit dem Ellenbogenwinkel (obere Perspektive) und der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KRF und KLF kann nur als Folge einer zu zeitigen Wurfbewegung (fehlende 'Schlagverzögerung') gedeutet werden. Der negative Einfluß auf die Wurfweite wurde bereits an verschiedenen Stellen diskutiert.

#### 4.6.16. Durchschnittswinkel des rechten Knies für 5 Bilder nach KRF

Die Dauer der Phase KRF bis KLF wird vom Durchschnittswinkel des rechten Knies im Zeitraum bis 5 Bilder nach KRF im statistischen Sinne positiv beeinflusst. Dies drückt der Zusammenhang beider Merkmale aus. Je größer der Durchschnittswinkel, desto länger wird der Zeitraum bis der linke Fuß nach dem rechten Kontakt zum Boden hat. Die Ursache dürfte in einer großen Bremswirkung beim Bodenkontakt mit einem gestreckten rechten Bein liegen. Der positive Zusammenhang des Durchschnittswinkels aus den ersten fünf Bildern nach KRF mit dem Gesamtdurchschnittswinkel ist verständlich.

---

<sup>68</sup> Vgl. SALOMON, H.: Der Speerwurf - Technik, Training, Wettkampf, a.a.O., S. 15

Vgl. KORNALEWSKI, W.: Der Speerwurf im Lichte der physikalischen Gesetze, zitiert nach NETT, T.: Die Technik beim Wurf und Stoß, a.a.O., S. 141

<sup>69</sup> BAUERSFELD, K.-H., SCHRÖTER, G.: Grundlagen der Leichtathletik, a.a.O., S. 323

#### 4.6.17. Durchschnittswinkel des rechten Knies für 5 Bilder nach KLF

Hier besteht statistisch gesehen ein ungleichsinniger Zusammenhang mit der Phasendauer KLF bis SPFG. Der Grund dürfte in einer aktiven Streckung des rechten Beines liegen, da diese einer Beschleunigung gleichkommt und sich daher verkürzend auf die Dauer bis zur SPFG auswirkt.

Der gleichsinnige Zusammenhang mit der Stemmstrittlänge könnte seine Ursache in der mit einer weiten Stemmauslage verbundenen Streckung des rechten Beines haben. Über diese Verbindung ist auch die statistische Abhängigkeit mit dem Durchschnittswinkel des linken Knies von KLF bis SPFC3 zu erklären. Es darf angenommen werden, auch wenn es diese Analyse nicht nachweist, daß eine Vergrößerung der Stemmstrittweite ein gestreckteres Stemmbein zur Folge hat.

Die Abnahme des Oberarm-Schulterachsen-Winkels mit einer Vergrößerung des diskutierten Kniewinkels könnte ihre Ursache darin haben, daß spätestens mit dem KLF die Wurfbewegung des Armes einsetzt und sich jetzt der Oberarm schneller (relativ zur Schulterachse) in Wurfrichtung bewegt.

Über die zuvor erwähnte Beschleunigungsarbeit des rechten Beines dürfte eine Deutung des gleichsinnigen Zusammenhangs mit der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels für die Zeitspanne KLF bis SPFG möglich sein. Wie bereits bei 4.6.1. erwähnt bewirkt die Massenträgheit in Verbindung mit dem Bestreben des Werfers den, Wurfarm möglichst lange nach hinten zu strecken eine Vergrößerung des Winkels zwischen Oberarm und Schulterachse. Diese kann durch eine Streckbewegung des rechten Beines nach dem KLF günstig beeinflußt, also vergrößert werden. Da die Wurfbewegung mit dem Arm sich verkleinernd auf diesen Winkel auswirkt, ist der gleichsinnige Zusammenhang zwischen dem Durchschnittswinkel des rechten Knies aus 5 Bildern nach dem KLF mit der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels aus KLF und SPFG so zu interpretieren.

Das oft erwähnte Strecken des rechten Beines in der Abwurfphase hat eine Beschleunigung der rechten Körperseite und damit über unterschiedliche Stationen auch eine Beschleunigung der Wurfhand zur Folge. Darin darf der Grund für den ungleichsinnigen Zusammenhang der zeitlichen Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von Wurfhand und linker Schulter mit dem zu diskutierenden Merkmal gesehen werden.

#### 4.6.18. Durchschnittswinkel des linken Knies

Aus dem Bemühen des Athleten, während der Stemmphase das Stemmbein möglichst gestreckt zu halten, ist anzunehmen,

daß der Werfer schon möglichst mit gestrecktem Stemmbein Kontakt zum Boden sucht. Darin könnte eine Begründung für den gleichsinnigen Zusammenhang der Größe des Durchschnittswinkels für das linke Knie mit dem Winkel des gleichen Knies zum Zeitpunkt KLF gesehen werden.

Mit einer Bremswirkung der unteren Extremitäten ist eine Beschleunigung der oberen verbunden. Da die Bremswirkung am stärksten ist, wenn das Stemmbein gestreckt bleibt, kann hierin die Ursache für den ungleichsinnigen Zusammenhang mit der zeitlichen Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von Hand und linker Schulter gesehen werden. Durch die Stemmarbeit wird überwiegend die linke Körperseite gebremst. Die Folge ist ein Geschwindigkeitsanstieg, der Wurfarmseite.

#### 4.6.19. Durchschnittswinkel des rechten Knies für den Zeitraum KRF bis KLF

Der enge Zusammenhang mit, dem Durchschnittswinkel des gleichen Knies für die Dauer von 5 Bilder nach KRF war zu erwarten. Der gleichsinnige Zusammenhang mit der Dauer des Zeitraums KRF bis KLF scheint widersprüchlich. Mit einer größeren Zeitspanne bis zum KLF, so ist anzunehmen, wird eine große Stemmauslage erreicht. Diese wirkt sich, wie unter 4.4.1. diskutiert, unter bestimmten Umständen leistungssteigernd aus.

#### 4.6.20. Abweichung zwischen Abflug- und Abwurfwinkel

Der Zusammenhang mit dem Abwurfwinkel wurde bereits unter 4.6.12. beschrieben.<sup>70</sup> Interessant ist das Auftreten einer ungleichsinnigen Verbindung mit dem linken Kniewinkel im Moment der SPFG. Daher darf angenommen werden, daß ein gestrecktes Stemmbein im Moment der SPFG sich mindernd auf die diskutierte Differenz, folglich leistungssteigernd auswirkt.

#### 4.6.21. Winkel des Ellenbogens (untere Perspektive) bei KLF

Ein gebeugter Ellenbogen bedeutet eine Verkürzung des Beschleunigungswegs. Daraus kann gefolgert werden, daß auch eine kürzere Zeit bis zur SPFG benötigt wird. In der gleichsinnigen Verbindung mit der Dauer vom KLF bis SPFG kann man eine Bestätigung sehen. Mit einem größeren Ellenbogenwinkel (gestreckterer Wurfarm), so drückt es diese Analyse aus, ist statistisch gesehen eine Zeitzunahme verbunden. Geht man von einem im Moment KRF nach hinten gestrecktem Wurfarm aus der dann bis zum KLF angewinkelt wird, so verlängert sich der Weg der Wurfhand in diesem Zeitabschnitt. Dies ist identisch mit einer Wegverlängerung für den Speer in dieser Phase. Eine Bestätigung dieser

---

<sup>70</sup> Vgl. Seite 50

Annahme kann in dem ungleichsinnigen Zusammenhang des Ellenbogenwinkels mit dem Speerweg zwischen KRF und KLF gesehen werden. Wird der Wurfarm im Ellenbogen angewinkelt, so verlängert sich die von der Hand zurückgelegte Wegstrecke.

#### 4.6.22. Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KRF und KLF

Hier weist die Korrelationsanalyse gleichsinnige Zusammenhänge mit der Wurfweite, der Durchschnittsgeschwindigkeit des Speers vom KLF bis zur SPFG und mit der Differenz der Rumpfrücklage von KRF bis KLF aus. Mit der Dauer der Phase KLF bis SPFG, dem Abflugwinkel, der durchschnittlichen Rumpfrücklage von KILF bis SPFG und der zeitlichen Differenz der Geschwindigkeitsmaxima der linken Schulter und der Wurfhand bestehen ungleichsinnige statistische Verbindungen.

Der gleichsinnige Zusammenhang mit der Wurfweite tritt möglicherweise durch den Einfluß anderer Merkmale auf. Eine große Differenz der Winkelwerte für die Zeitpunkte KRF und KLF bedeutet eine große Rumpfbewegung für diesen Zeitraum. In Verbindung mit den anderen Zusammenhängen die für die Phase KLF bis SPFG bestehen, darf man daraus für das Verhalten der Schulterachse fordern: In der Phase KRF bis KLF ist der Durchschnittswinkel für die Schulterachse zur Anlaufrichtung möglichst groß zu halten. Der Oberkörper muß stark aus der Laufrichtung herausgedreht werden.

#### 4.6.23. Durchschnittswinkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung zwischen KLF und SPFG

Für dieses Merkmal sind positive statistische Verbindungen mit der Wurfweite und dem Winkel der Schulterachse zur Anlaufrichtung zu den Zeitpunkten KLF und SPFG ermittelt worden.

Die gleichsinnigen Zusammenhänge mit den Winkeln der Schulterachse zu den genannten Zeiten liegen an großen Winkelwerten zu beiden Zeiten, die für einen hohen Durchschnittswert sorgen.

Wichtig für das Verständnis des positiven Zusammenhangs mit der Wurfweite sind die unter 3.3.4.4. getroffenen Aussagen über das Verhalten der Schulterachse.<sup>71</sup> Hier wird darauf hingewiesen, daß die besseren Werfer das Gerät bereits freigeben, bevor die Schulterachse im rechten Winkel zur Anlaufrichtung steht. Die Folge ist eine statistische Abhängigkeit zwischen Wurfweite und dem Durchschnittswinkel der Schulterachse ab KLF bis zur SPFG.

---

<sup>71</sup> Vgl. Seite 33 - 34

#### 4.6.24. Differenz der Schulterachsenwinkel zur Anlaufrichtung von KLF und SPFG

Der Winkel den die Schulterachse vom KRF bis zur SPFG überstreicht weist statistische Verbindungen geichsinniger Art mit der Abfluggeschwindigkeit und der Differenz zwischen Abflug- und Abwurfwinkel des Speers auf. Ungleichsinnig ist der Zusammenhang mit dem Abflugwinkel.

Daher ist anzunehmen, daß mit einem Anwachsen der Schulterachsenschwung statistisch gesehen auch ein Anstieg der Abfluggeschwindigkeit und eine Verkleinerung des Abflugwinkels einhergeht. Auch wenn es diese Analyse nicht bestätigt, so würde, beides die Wurfweite günstig beeinflussen.<sup>72</sup> Widersprüchlich hierzu scheint jedoch der gleichsinnige Zusammenhang mit der Differenz zwischen Abflug- und Abwurfwinkel des Speers. Ob dieses Anwachsen der Differenz mit den durch den Anstieg der Abfluggeschwindigkeit verbundenen stärkeren Lufteinflüssen in Verbindung steht und auf diese Weise erklärt werden könnte, ist hier nicht nachzuweisen.

#### 4.6.25. Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels zwischen KRF und KLF

Auffällig sind hier Zusammenhänge mit dem rechten Knie, einmal zum Zeitpunkt KLF und zum anderen mit dem Durchschnittswert aus 5 Bildern nach KLF. Sie dürfen mit einem günstigen Einfluß durch eine Kniestreckung rechts um den Zeitpunkt KLF interpretiert werden, der auf die Größe der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels aus seinen Werten zu den Zeitpunkten KLF und SPFG ausgeht.

Bemerkenswert sind auch die positiven Zusammenhänge mit der Rumpfrücklage beim KRF und dem Durchschnittswert der Rumpfrücklage ab KRF bis KLF.

Daraus ist zu ersehen, daß mit einer ausgeprägten Rumpfrücklage ein Anstieg der Differenz des diskutierten Winkels einhergeht. Da nur hier ein positiver Zusammenhang, mit der Differenz des Oberarm-Schulterachsen-Winkels für die Gesamtabwurfphase nachgewiesen werden kann, wird eine Veränderung der Winkelgröße erst ab KLF eintreten.

---

<sup>72</sup> Vgl. SCHMOLINSKY, G.: Leichtathletik, a.a.O., S. 367 - 368



## 5. ZUSAMMENFASSUNG DER HAUPTERGEBNISSE

Ziel der Untersuchung ist die quantitative Erfassung und die Analyse von Merkmalen der Speerabwurfbewegung bei Speerwerfern der Spitzenklasse. Aus den Ergebnissen sollen Aussagen getroffen werden, wie eine optimale Abwurfbewegung beim Speerwurf aussehen könnte.

Als leistungsbestimmende Merkmale erweisen sich bei dieser Analyse die Zeitmerkmale

- Dauer der Phase von KLF bis SPFG und
- Dauer der Phase von KRF bis SPFG.

Eine Verkürzung der Gesamtdauer der Abwurfbewegung kann in erster Linie durch eine zeitliche Verkürzung der Phase KLF bis SPFG erzielt werden.

Erreicht wird die Verkürzung dieser Phase durch eine weite Stemmauslage mit geringer seitlicher Abweichung aus der Anlaufrichtung. Sie kann durch ein aktiv arbeitendes rechtes Bein nach KRF erstellt werden. Diese weite Sternmauslage ist mit einer großen Stemm Wirkung verbunden und sorgt für eine günstige Energieübertragung, die sich in einer geringen zeitlichen Differenz der Geschwindigkeitsmaxima von Wurf Schulter und Wurfhand äußert.

Weiterhin ist mit einer weiten Stemmauslage ein Geschwindigkeitsanstieg des Wurfgeräts für die Phase KLF bis SPFG verbunden.

Eine lange dauernde Krafteinwirkung wird durch eine Verlängerung des Beschleunigungswegs möglich. Ein bis zum KLF anhaltend gegen die Wurfrichtung verdrehter Oberkörper mit dem Bemühen des Werfers» den Wurfarm nach hinten gestreckt zu halten, schafft dazu die Voraussetzungen.

Für große Wurfweiten reicht es nicht aus, die Kraft lange einwirken zu lassen. Auch der Kraftanstieg muß günstig verlaufen. Daher soll erst ab KLF aus einer starken Rücklage

eine Dreh- und Kinnbewegung des Rumpfes erfolgen, um die zur maximalen Kraftentfaltung notwendige Muskelvorspannung aufzubauen und das Kraftmaximum am Ende der Abwurfbewegung zu erreichen.

## 6. FOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS - ÜBUNGSVORSCHLÄGE

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Analyse können konkrete Forderungen für die Trainingspraxis erstellt werden:

1. Kräftigung der Beinmuskulatur
2. Förderung der Beweglichkeit im Schulter und Hüftbereich und
3. Schulung und Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten.

Diese Forderungen werden abgeleitet aus:

1. der Wichtigkeit der Anlaufgeschwindigkeit und der Bremswirkung durch den Stemmschritt,
2. der Notwendigkeit der 'Schlagverzögerung' für den Abwurf und
3. der notwendigen zeitlichen Koordination von Teilimpulsen.

An dieser Stelle der Arbeit sollen Übungsvorschläge erfolgen. Der Übungskatalog kann nicht vollständig sein und soll daher nur ausgewählte Übungsbeispiele enthalten, die ein gewisses Fertigkeitensniveau voraussetzen.

Das bekannteste Verfahren, um die Beinmuskulatur zu stärken, dürfte die Kniebeuge sein. Sie kann mit und ohne zusätzliche Belastung ausgeführt werden. Ebenfalls geläufig sind ein- und beidbeinige Sprünge über Hürden sowie Tiefsprünge. Von Wichtigkeit sind auch ein- und beidbeinige Sprungübungen in die Weite und Sprungläufe. Bei ihnen wird besonders der Abdruck in Vorwärtsrichtung geschult. Für den Impulsschritt und den dritten Schritt im 5-Schritt-Rhythmus (Beschleunigungsschritt) ist dies von besonderer Wichtigkeit, da dadurch eine bessere Rücklage bei größerer Horizontalgeschwindigkeit erstellt werden kann.

Parallel zur Beinkraftschulung soll auch eine Anwendung von Wurfübungen stattfinden. Dazu sind zu empfehlen:

1. Beidhändige Würfe mit dem Medizinball aus dem

Kniestand mit nach vorn gestrecktem Stammbein. Hierbei gilt es, aus einer starken Rücklage mit Unterstützung des rechten Beines und der Rumpfbewegung beim Abwurf, über das gestreckte Stammbein aufzustehen.

2. Einhändige Standwürfe mit bis zu 2,5, kg schweren Geräten. Das rechte Bein befindet sich auf einer Erhöhung. Weit davor soll das Stammbein Kontakt zum Boden finden. Diese Bewegung wird durch das rechte Bein aktiv unterstützt. Im Laufe des Trainingsprozesses wird die Erhöhung auf der das rechte Bein steht immer weiter abgebaut.

Um die Beweglichkeit des Schulterbereichs zu erhöhen bieten sich folgende Übungen an:

1. Auf einer schmalen Bank liegend weites Armkreisen mit Kurzhanteln oder Hantelscheiben (bis ca. 5 kg). Hierbei ist zu beachten, daß beide Schultern nicht aufliegen. Sollte die Bank zu breit sein, so kann ein Sandsack längs zwischen die Schulterblätter gelegt werden.
2. In der Rückenlage ein mit beiden Händen gefaßtes Gewicht (Hantelstange mit und ohne zusätzliche Belastung) mit gestreckten Armen vom Boden bis vor die Brust anheben. Dabei dürfen die Arme im Ellenbogen leicht gebeugt sein.
3. An einem niedrigen Holm am Barren oder am niedrigen Reck hängend mit den Füßen den Körper vor schieben .
4. In der Hocke vor einer Sprossenwand mit ausgestreckten Armen eine Sprosse fassen. Dann das Becken vorschieben und die Beine weiter strecken,
5. In der Brückenlage durch Strecken der Beine den Rumpf in Richtung über die Hände schieben.

6. Mit gestreckten und leicht gegrätschten Beinen vor einem kleinen Kasten oder .Kastenoberteil sitzen. Hier mit nach oben ausgestreckten Armen einen zugeworfenen Medizinball fangen und zurück werfen. Dabei sind die Arme möglichst gestreckt zu lassen und nicht im Ellenbogen zu beugen. Die Kastenoberkante liegt unterhalb der Schulterblätter am Rücken an. Der Athlet soll ständig sitzen und beim Fangen nicht das Gesäß vom Boden abheben.
  
7. Der Werfer steht in Schrittstellung an einem quergestellten Turnpferd. Das Stemmbein zeigt nach vorn und die Schultern befinden sich über der Oberkante. Die Arme sind nach oben ausgestreckt. Der Trainer oder ein Trainingspartner wirft einen Medizinball kräftig zu. Nach dem Fangen mit gestreckten Armen ist der Ball schnellstmöglich zurückzuwerfen.

Sämtliche hier erwähnten Wurfübungen haben den Vorteil, daß neben dem Dehnungseffekt eine Kräftigung speziell für den Wurf benötigter Muskelgruppen stattfindet.

TABELLE Nr. 7

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

1	xxxxx														
2		xxxxx													
3			xxxxx												
4	.684			xxxxx											
5					xxxxx										
6						xxxxx									
7	<u>-.827</u>		.634				xxxxx								
8								xxxxx							
9	-.686		<u>-.960</u>						xxxxx						
10	-.743									xxxxx					
11											xxxxx				
12												xxxxx			
13			.666										-.908		
14														.938	
15	-.638														.569
16															
17															
18															









	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
19							xxxxxx					
20							xxxxxx					
21							.696	xxxxxx				
22										xxxxxx		
23			-.637		-.693		<u>-.889</u>			-.641	xxxxxx	
24												xxxxxx
25												
26			-.676		-.741		<u>-.891</u>					
27												.747
28												
29									<u>.874</u>			
30		.732	.630									
31												
32												
33												
34						<u>-.835</u>						
35			.704				-.672					-.734
36												

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

-.735

-.626

-.710

.645

.819

.757

.701

-.666

.672

-.823

.670

.674

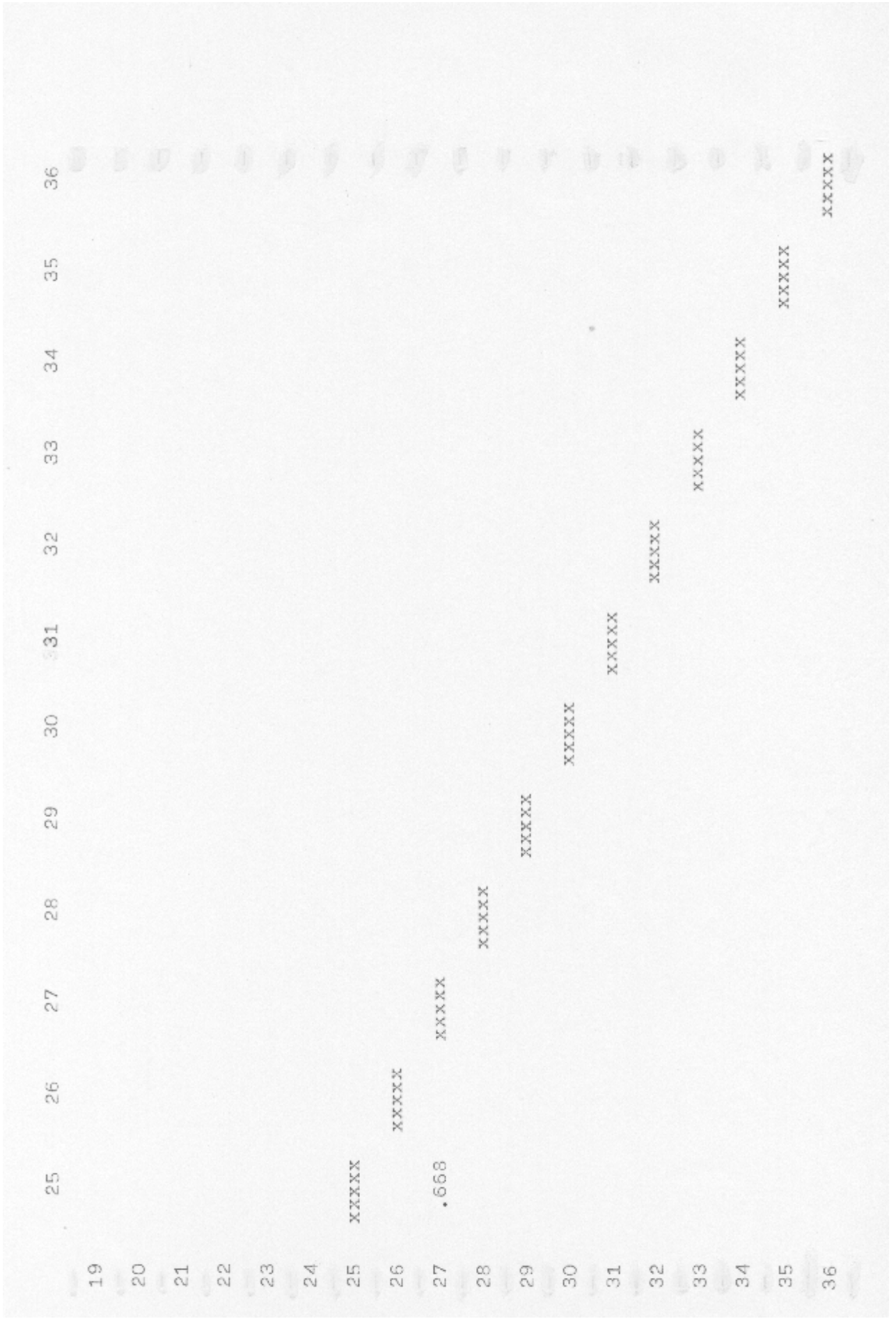
.757

-.720

.750

.678

-.666



37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53

36

.909

.855

-.699

.747

-.787

.825

-.785

-.702

-.737

.668

-.687

.838

-.813

.768

.828

.704

.856

-.632



37	xxxxx	37	xxxxx	48
38	xxxxx	38	xxxxx	47
39	<u>.941</u>	39	xxxxx	46
40	<u>.882</u>	40	xxxxx	45
41	xxxxx	41	xxxxx	45
42	xxxxx	42	.648	44
43	xxxxx	43	.710	44
44	xxxxx	44	xxxxx	43
45	xxxxx	45	xxxxx	42
46	xxxxx	46	xxxxx	41
47	xxxxx	47	.694	41
48	xxxxx	48	xxxxx	40
49	xxxxx	49	-.655	40
50	xxxxx	50	xxxxx	39
51	xxxxx	51	xxxxx	38
52	xxxxx	52	.715	38
53	xxxxx	53	xxxxx	37
			-.713	37

37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
	49	50	51	52	53			
49	xxxxx							
50	-.705	xxxxx						
51			xxxxx					
52	<u>-.920</u>	<u>.926</u>		xxxxx				
53	-.756	.704			.790	xxxxx		

## Literaturverzeichnis

- H. AHSBAHS Leichtathletik - für Jugend und Schüler, Leitfaden für die Leichtathletik-Jugendarbeit, 2. Aufl., Verlag Bartels & Wernitz, Berlin 1974
- G. CLAUß Grundlagen der Statistik für Psychologen, Pädagogen und Soziologen, Verlag Volk und Wissen, Berlin 1974H. EBNER
- R. BALLREICH Probleme und Methoden der Bewegungsforschung, in: Zeitschrift Sportwissenschaft, Nr. 1, 1972
- K.-H. BAUERSFELD Grundlagen der Leichtathletik, Sportverlag  
G. SCHRÖTER Berlin, 1974
- M. GROSSER Psychomotorische Schnellkoordination, Empirische Untersuchungen über Sprintverhalten, ADL (Hrsg.), Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Bd. 59, Stuttgart 1976
- W. GUTHEWORT Biomechanik - Motorik, in: Theorie und  
R. PÖHLMANM Praxis der Körperkultur, Nr. 15, 1966
- G. HOCHMUTH Biomechanik sportlicher Bewegungen, 3. Aufl., Sportverlag Berlin, 1974
- W. KORNALEWSKI Der Speerwurf im Lichte der physikalischen Gesetze, in: Lekka Atletyka, Warschau, Nr. 9, 1961
- V. KOSLOW Wann höchster Krafteinsatz bei den Würfeln? in: Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 7, 1970
- A. KUHLOW Die Technik des Kugelstoßens der Männer bei den Olympischen Spielen 1972 in München, Kinematographische Analyse, in: Beiheft zu Leistungssport, Informationen zum Training, Nr. 2, März 1975
- M. LETZELTER Sport und Sportwissenschaft, Festschrift  
N. MÜLLER zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Berno Wischmann, Verlag Bartels & Wernitz KG, 1. Aufl., Berlin, 1976
- E. LINDNER Sprung und Wurf, Beiträge zur Lehre und Forschung der Leibeserziehung, Bd. 29, Verlag Karl Hofmann, Schorndorf 1967
- E. MATWEJOW Trainingsexperimente im Speerwurf, in: Die Lehre der Leichtathletik, Nr. 36, 1971



- T. NETT Die Technik beim Wurf und Stoß, Verlag  
Bartels & Wernitz, Berlin
- Beginn Speerabwurfphase, in: Die Lehre der  
Leichtathletik, Nr. 36, 1971
- Verluste bei der Kraftübertragung, in: Die  
Lehre der Leichtathletik, Nr. 16, 1970
- P. RÖTHIG Sportwissenschaftliches Lexikon, Beiträge  
zur Lehre und Forschung im Sport, Bd.  
49/50, Verlag Karl Hofmann, 4. Aufl.,  
Schorndorf 1977
- H. SALOMON Der Speerwurf, Technik-Training-Wettkampf,  
Beiträge zur sportlichen Leistungsförder-  
ung, Bd. 4, Verlag Bartels & Wernitz KG,  
1. Aufl., Berlin 1971
- H. RIEDER Biomechanik der Wurfdisziplinen aus der  
Sicht des Trainers, in: Leistungssport,  
2/1972
- G. SCHMOLINSKY Leichtathletik, Sportverlag Berlin 1974
- V.M. TUTJOWITSCH Theorie der sportlichen Würfe, Teil 1,  
in: Beiheft zu Leistungssport, Informa-  
tionen zum Training, Nr. 7, August 1976
- Theorie der sportlichen Würfe, Teil 2, in:  
Beiheft zu Leistungssport, Informationen  
zum Training, Nr. 15, November 1978

# A N H A N G

## Symbolerklärung für den Anhang

————	=	Hand
-----	=	Ellenbogen
-.-.-.-	=	rechte Schulter
-.-.-.-	=	linke Schulter
KLF	=	Kontakt linker Fuß

# G E S C H W I N D I G K E I T S K U R V E N

ausgewählter Körpermerkmale

WOLFERMANN 81,48 m

m/s

30

25

20

15

10

5

- Hand
- - - Ellenbogen
- · - · - rechte Schulter
- · - · - linke Schulter
- KLF Kontakt linker Fuß

5

10

15

20

25

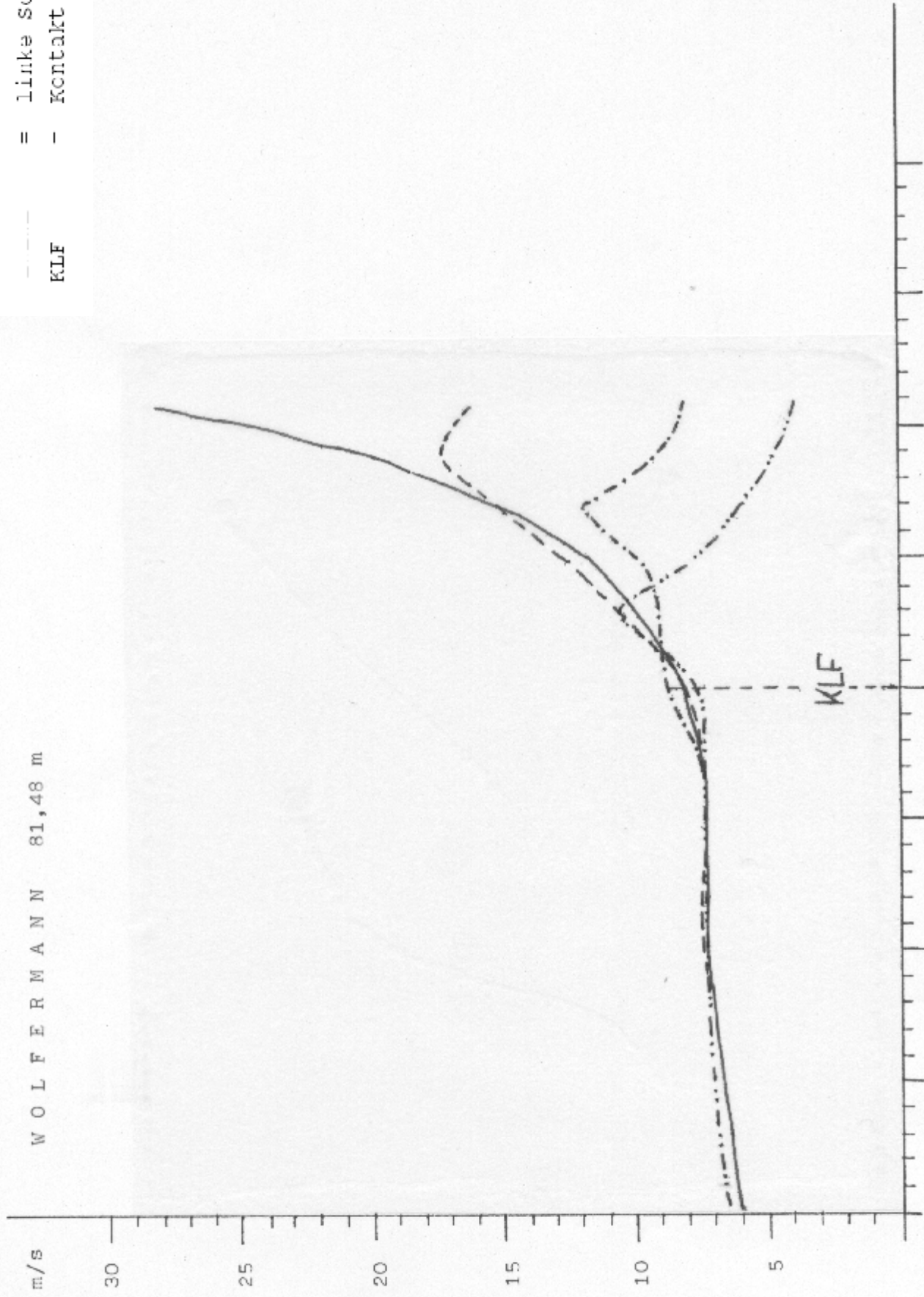
30

35

40

1/100 s

KLF



L U S I S 80,92 m

- = Hand
- = Ellenbogen
- = rechte Schulter
- = linke Schulter
- Kontakt linker Fuß

m/s

30

25

20

15

10

5

5

10

15

20

25

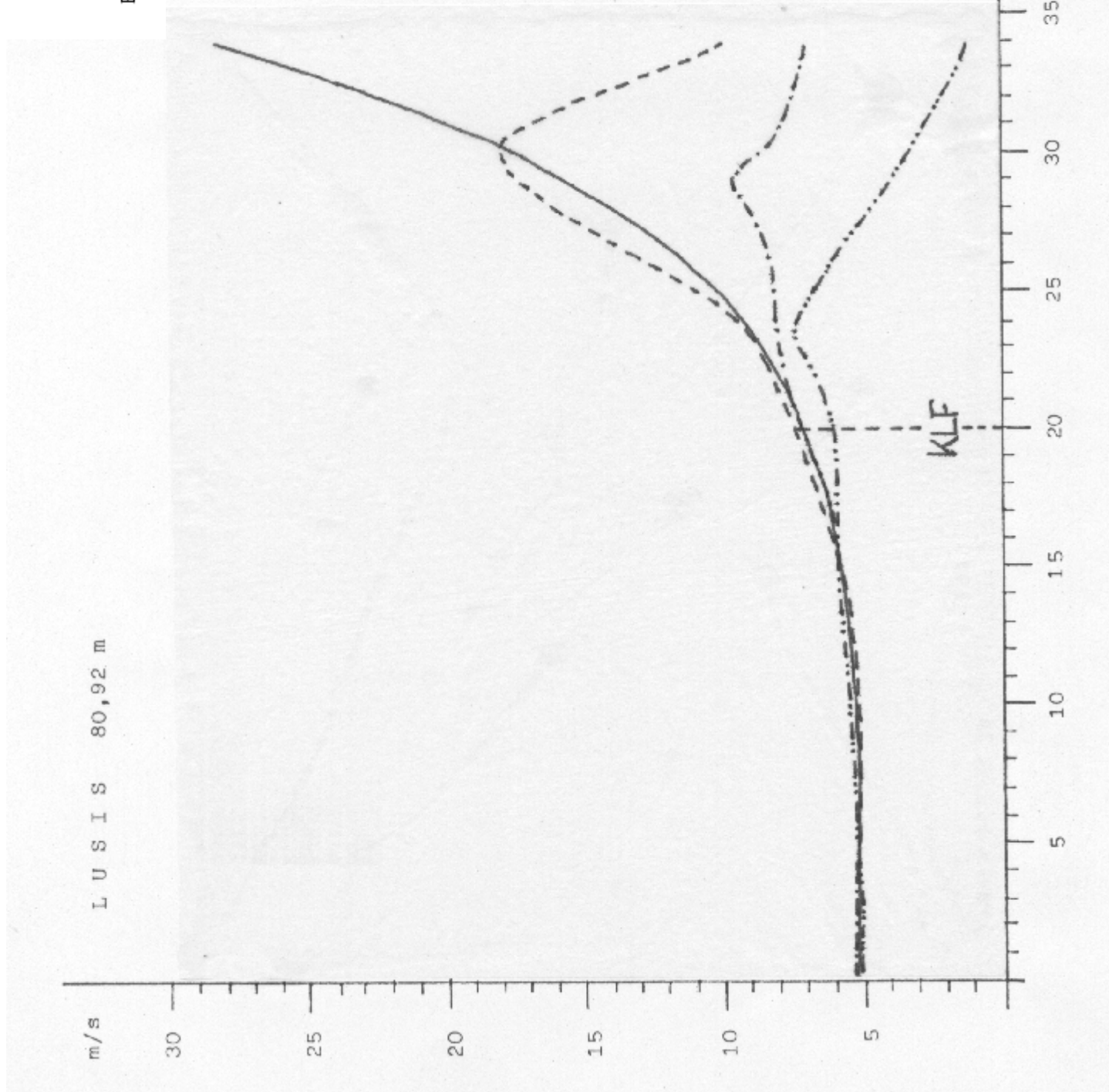
30

35

40

1/100 s

KLF



T R E V I S 79.76 m

- = Hand
- = Ellenbogen
- = rechte Schulter
- = linke Schulter
- Kontakt linker Fuß

m/s

30

25

20

15

10

5

5

10

15

20

25

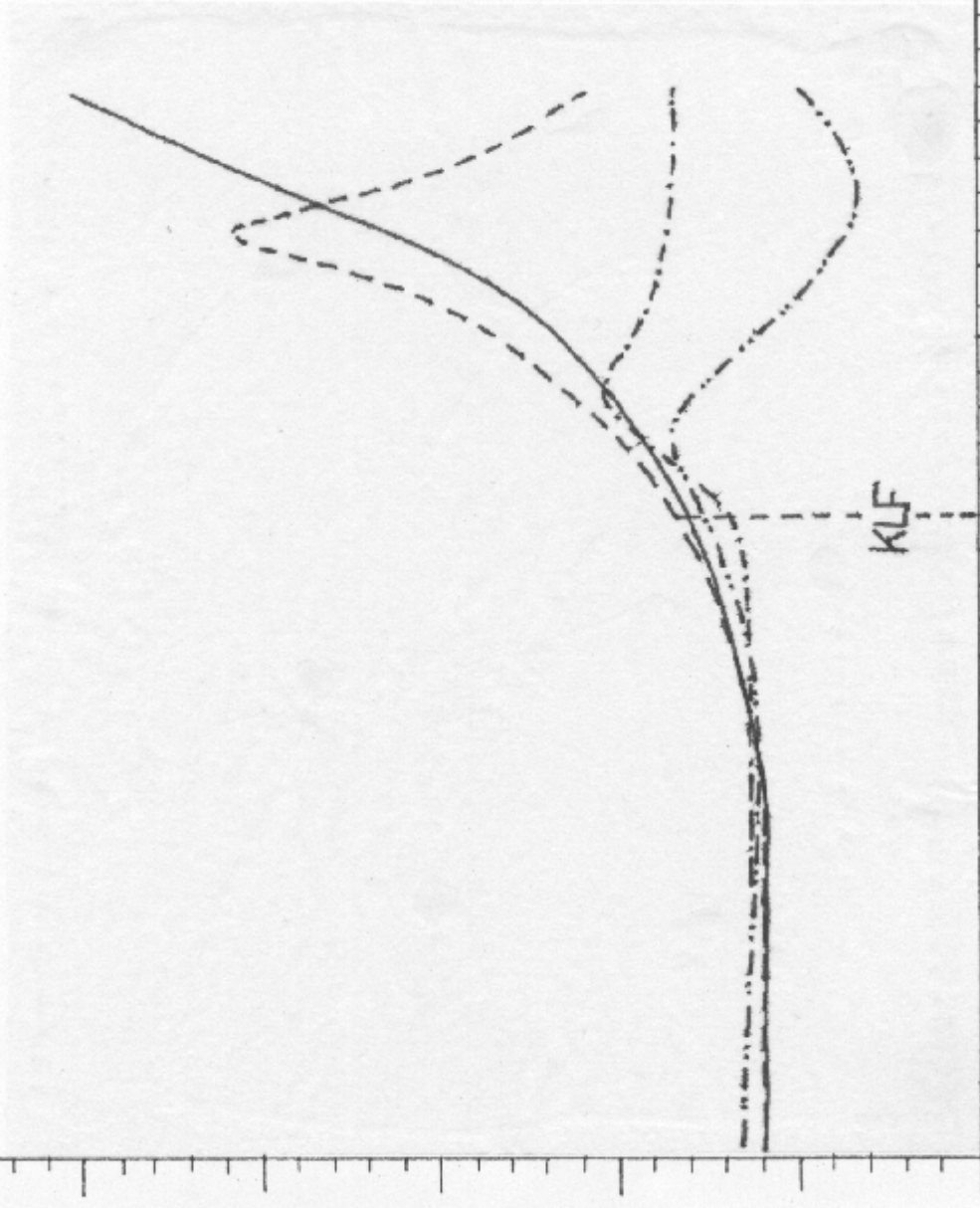
30

35

40

1/100 s

KLF



J E L T E N 77,30 m

m/s

30

25

20

15

10

5

- = Hand
  - = Ellenbogen
  - = rechte Schulter
  - = linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF

1/100 s

40

35

30

25

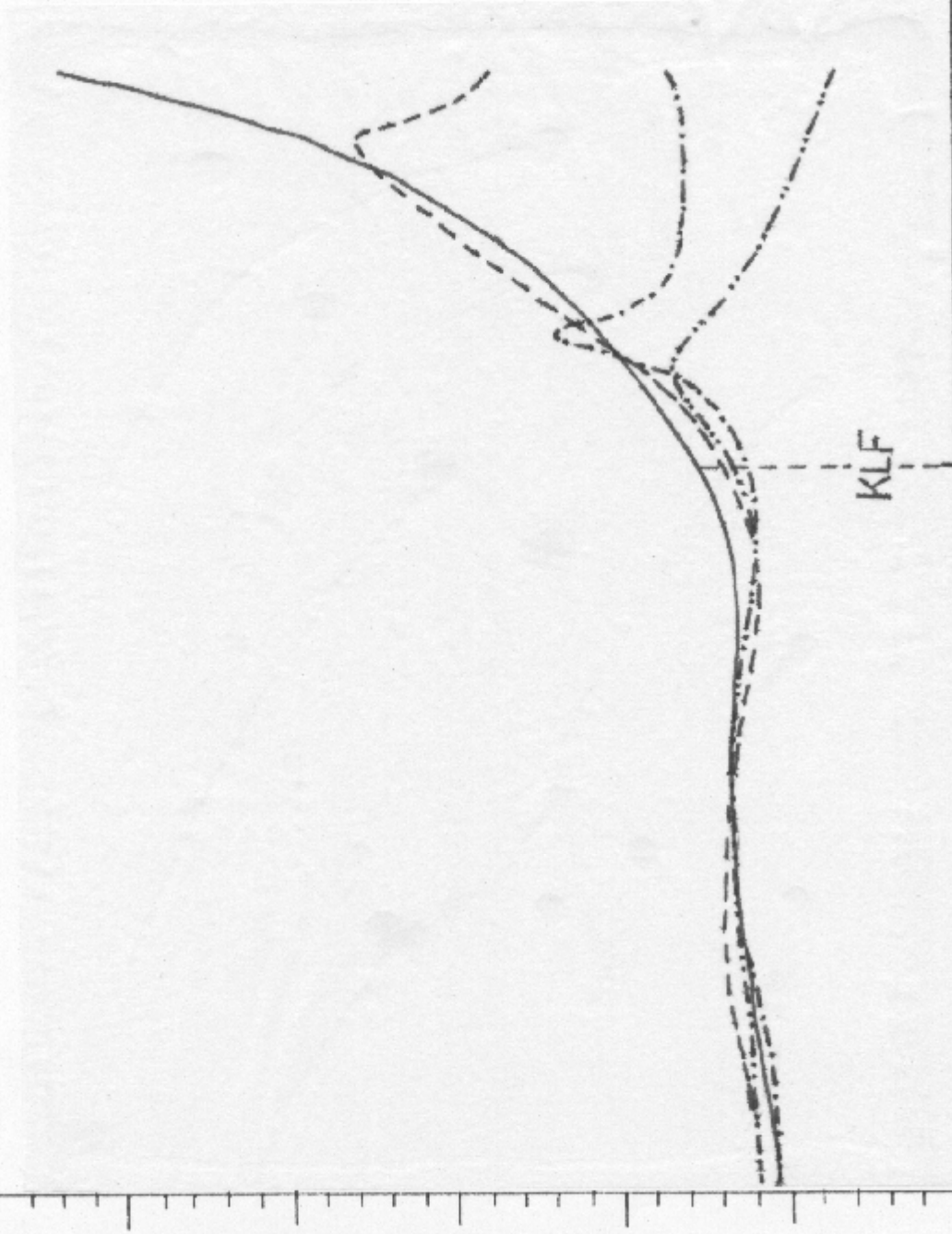
20

15

10

5

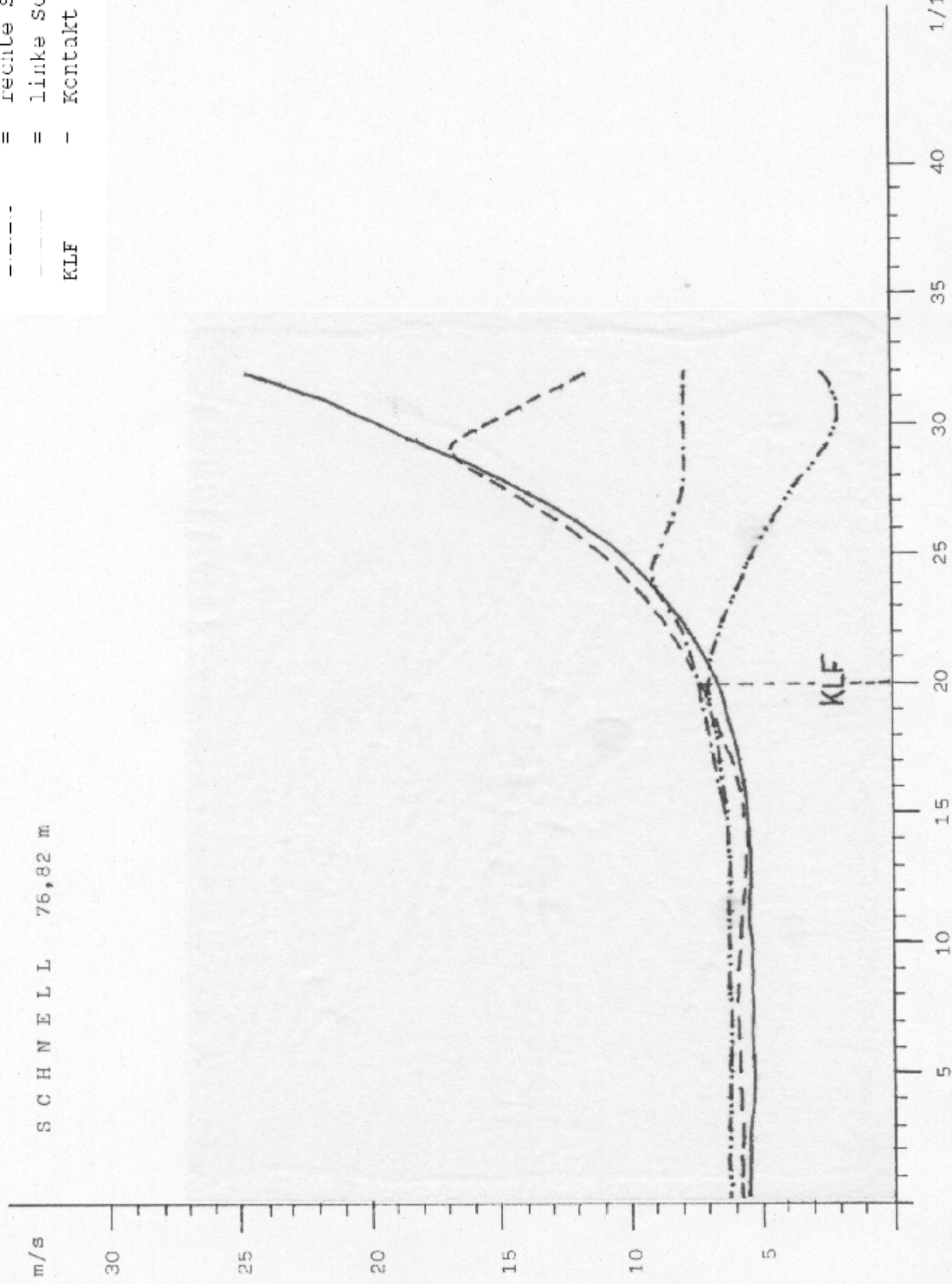
KLF





SCHNELL 76,82 m

- Hand
- - - Ellenbogen
- · - · rechte Schulter
- · - · linke Schulter
- - - Kontakt linker Fuß





T I M M E R 74,12 m

m/s

30

25

20

15

10

5

- = Hand
- = Ellenbogen
- = rechte Schulter
- = linke Schulter
- Kontakt linker Fuß

KLF

5

10

15

20

25

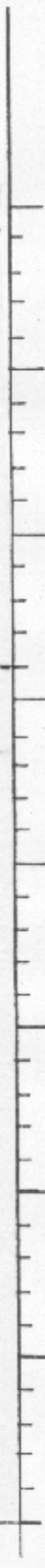
30

35

40

1/100 s

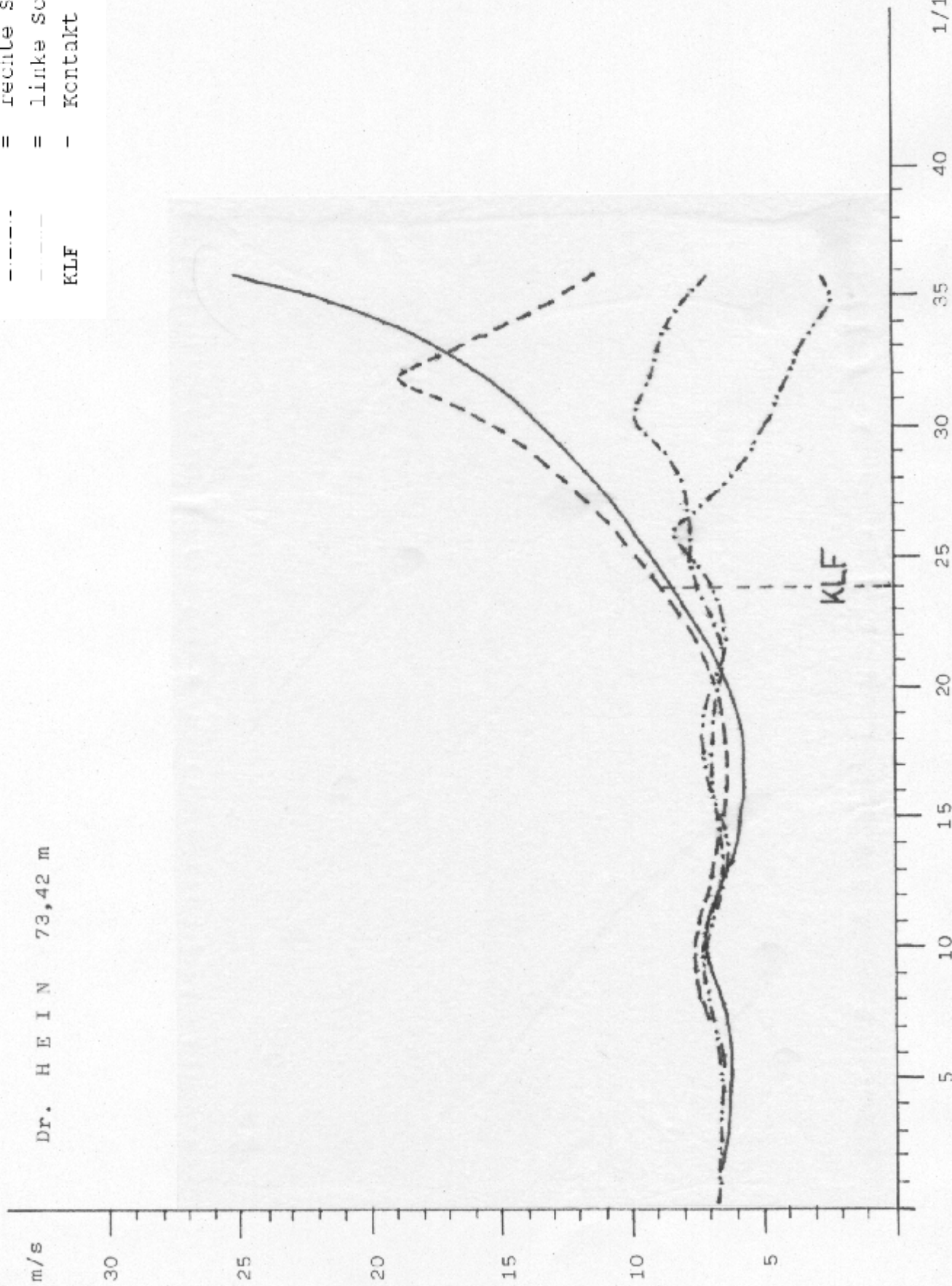
KLF



Dr. H E I N 73,42 m

- = Hand
- = Ellenbogen
- = rechte Schulter
- = linke Schulter
- Kontakt linker Fuß

KLF



S H E P P A R D 68,32 m

m/s

30

25

20

15

10

5

5

10

15

20

25

30

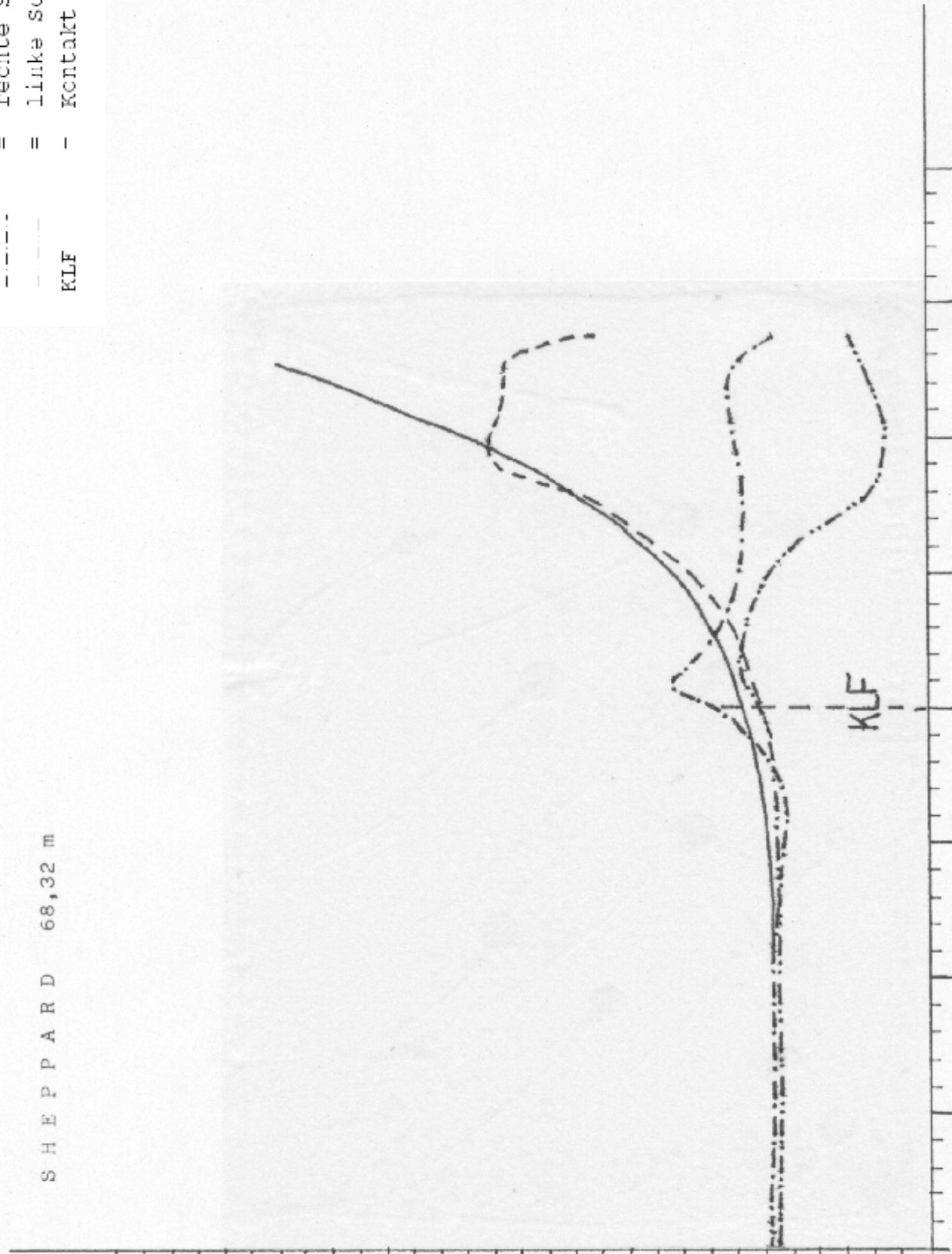
35

40

1/100 s

- = Hand
  - = Ellenbogen
  - = rechte Schulter
  - = linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF

KLF



J O H N 66,76 m

m/s

30

25

20

15

10

5

- = Hand
  - = Ellenbogen
  - = rechte Schulter
  - = linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF

1/100 s

40

35

30

25

20

15

10

5

KLF



Dr. SCHÖNBICHLER 63,80 m

m/s

30

25

20

15

10

5

- = Hand
  - = Ellenbogen
  - = rechte Schulter
  - = linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF

5

10

15

20  
KLF

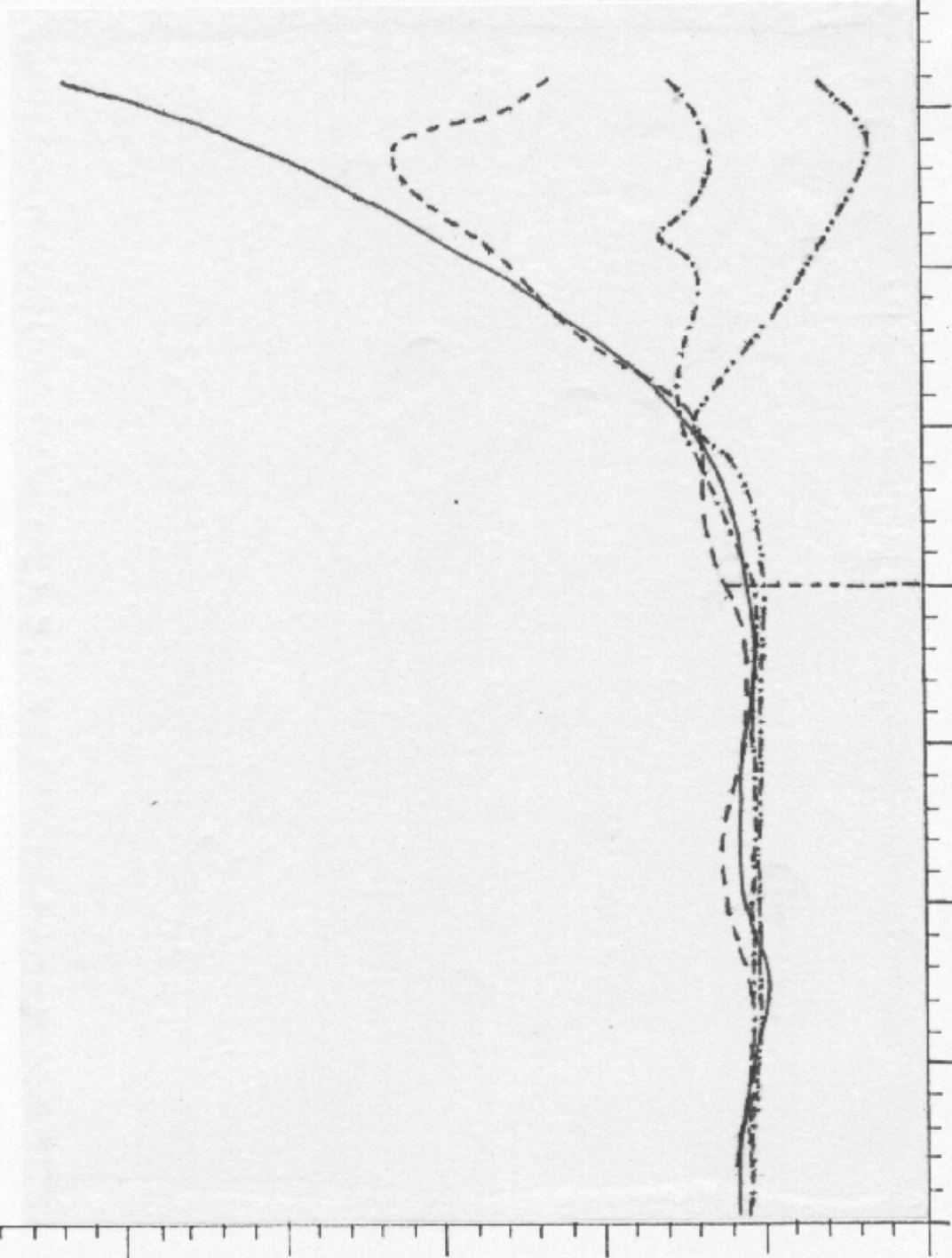
25

30

35

40

1/100 s



W E G V E R L A U F K U R V E N  
aus der seitlichen Perspektive

W O L F E R M A N N    81,48 m

- = Hand
  - = Ellenbogen
  - = rechte Schulter
  - = linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF



L U S I S 80,92 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - rechte Schulter
  - · - · - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF

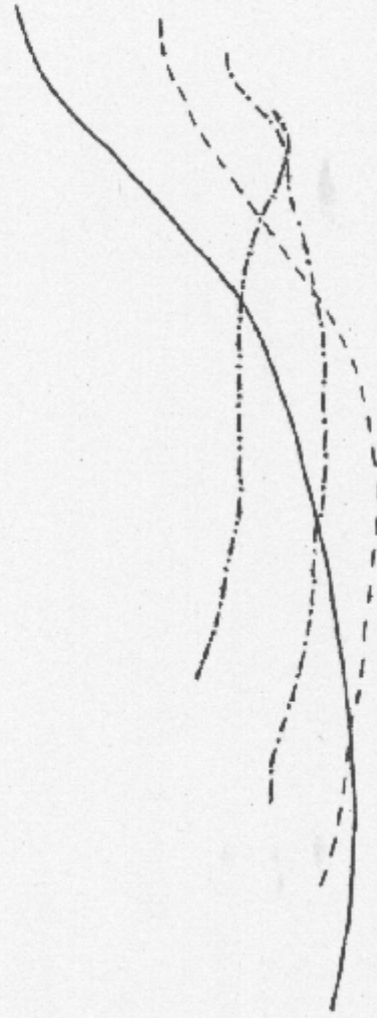


\_\_\_\_\_



T R E V I S 79,76 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - · - rechte Schulter
  - · - · - · - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF



J E L L E N 77,30 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - · - rechte Schulter
  - · - · - · - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF



\_\_\_\_\_

S C H N E I L 76,32 m

- Hand
- - - - - Ellenbogen
- · - · - · rechte Schulter
- · - · - · linke Schulter
- KLF Kontakt linker Fuß



\_\_\_\_\_

T I M M E R 74,12 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - - rechte Schulter
  - · - · - - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF





Dr. H E I N 73,42 m

- Hand
- - - - - Ellenbogen
- - - - - rechte Schulter
- - - - - linke Schulter
- KLF Kontakt linker Fuß



---

S H E P P A R D 68,32 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - rechte Schulter
  - · - · - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF



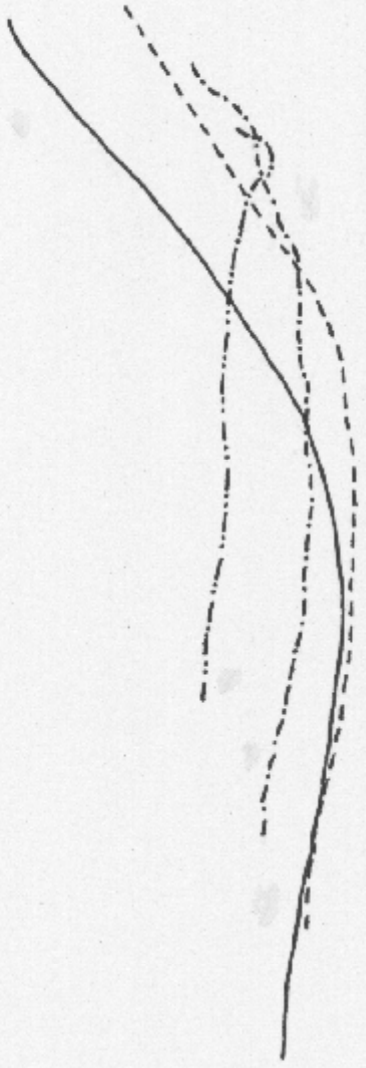
J O H N 66,76 m

- Hand
- - - - - Ellenbogen
- - - - - rechte Schulter
- - - - - linke Schulter
- KLF Kontakt linker Fuß



- Hand
- - - - - Ellenbogen
- - - - - rechte Schulter
- - - - - linke Schulter
- KLF

Dr. SCHÖNBICHLER 63,80 m




---



W E G V E R L A U F K U R V E N

aus der oberen Perspektive

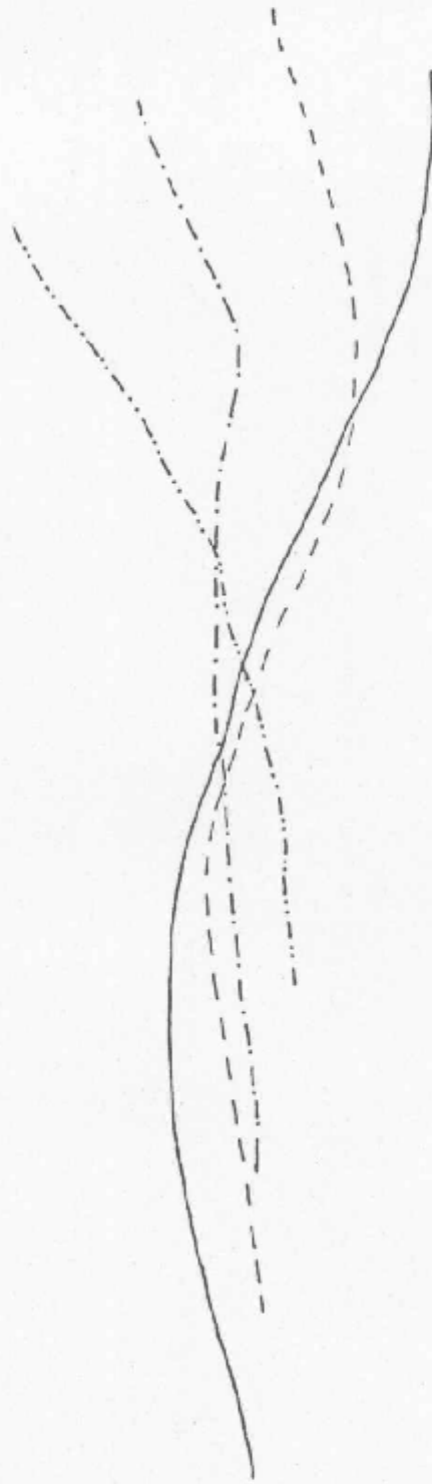
W O L F E R M A N N 81,48 m

- = Hand
- - - = Ellenbogen
- · - · = rechte Schulter
- · - · = linke Schulter
- KLF = Kontakt linker Fuß



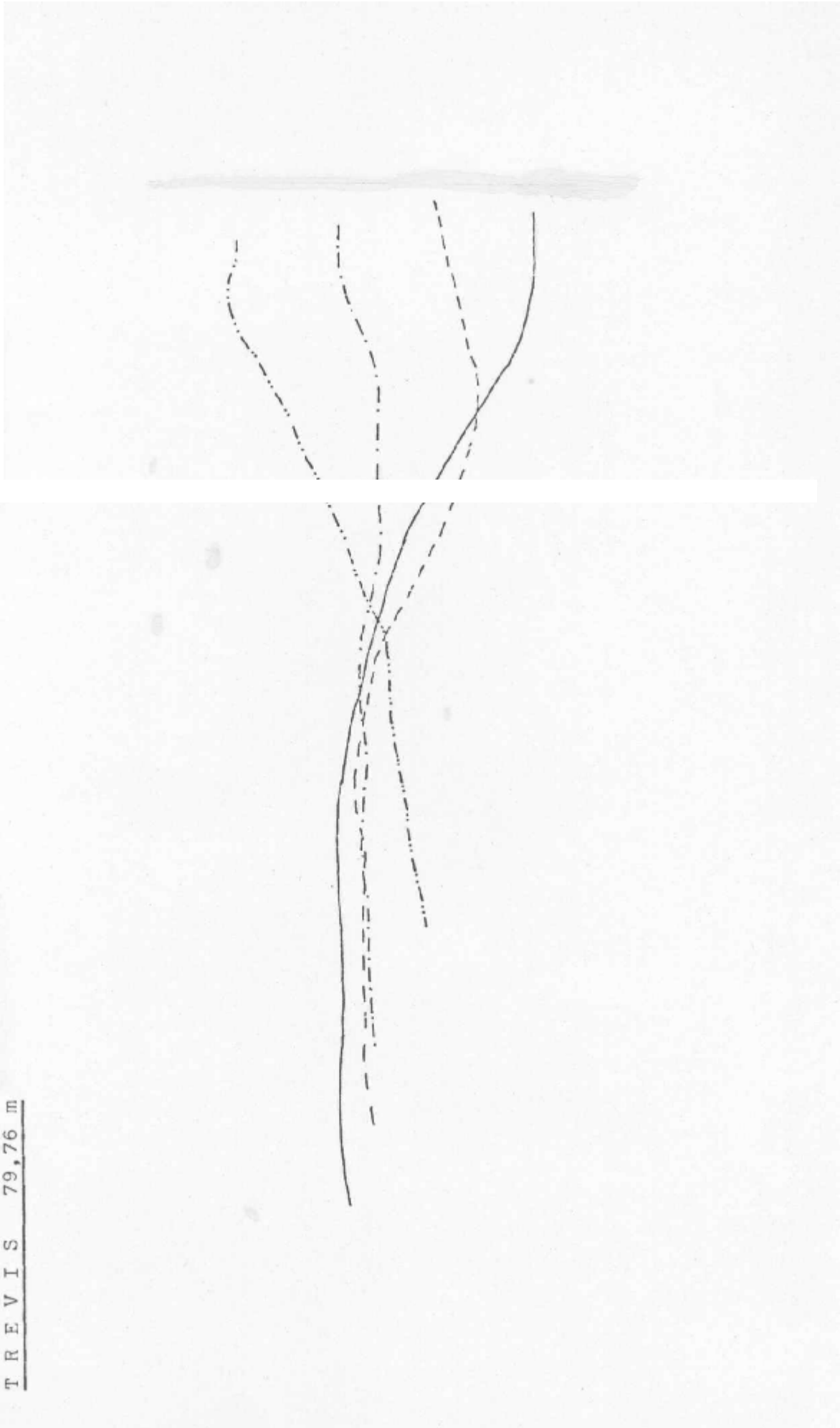
L U S I S    80,92 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - rechte Schulter
  - · - · - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF



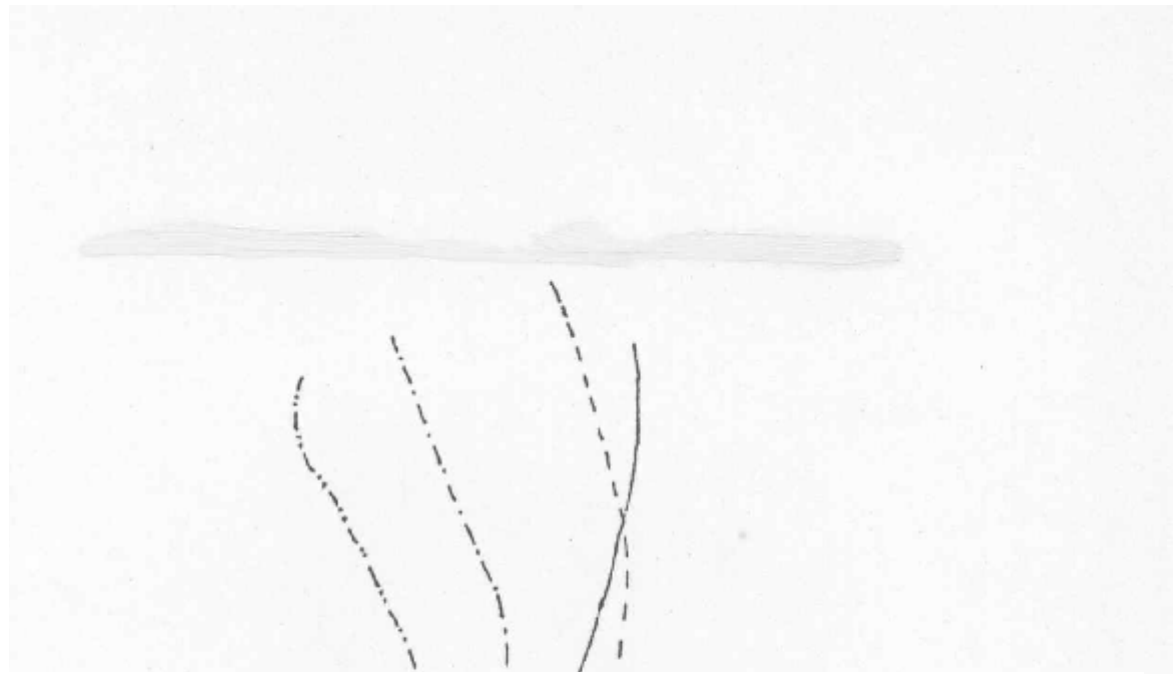
T R E V I S 79,76 m

- Hand
- - - - - Ellenbogen
- · - · - - rechte Schulter
- · - · - - linke Schulter
- KLF Kontakt linker Fuß



SCHNEEL 76,82 m

- Hand
- - - - - Ellenbogen
- · - · - · rechte Schulter
- · - · - · linke Schulter
- KLF Kontakt linker Fuß



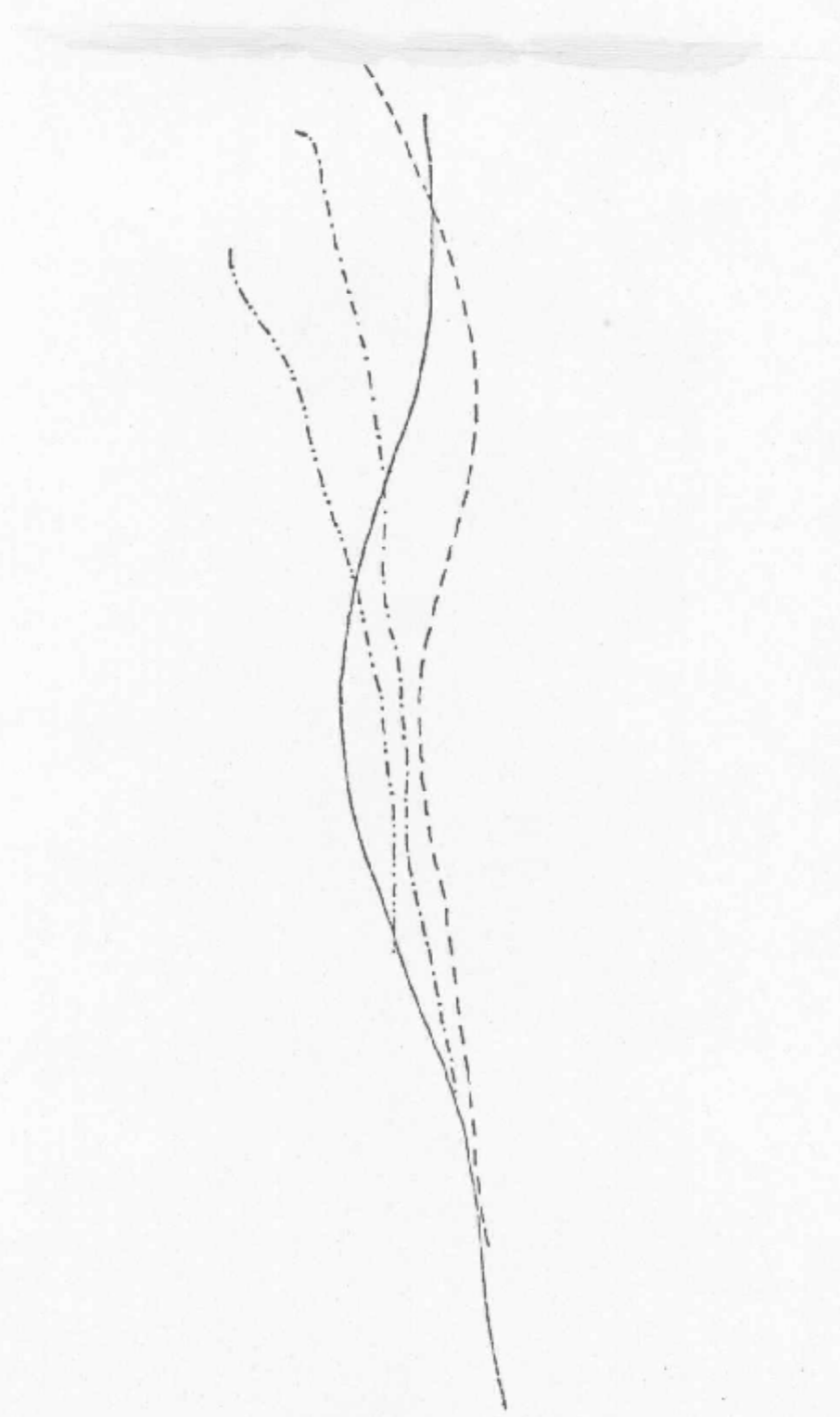
T I M M E R 74,12 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - rechte Schulter
  - · - · - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF



S H E P P A R D 68,32 m

- Hand
- - - - - Ellenbogen
- · - · - · rechte Schulter
- · - · - · linke Schulter
- KLF Kontakt linker Fuß



Dr. S C H Ö N B I C H L E R 63,80 m

- Hand
  - - - - - Ellenbogen
  - · - · - rechte Schulter
  - · - · - linke Schulter
  - Kontakt linker Fuß
- KLF

