

... geht **Detlef KUHLMANN** (Berlin) der Frage der „Karriere des Breitensports“ in der BRD nach. Sein Augenmerk richtet er insbesondere auf die Rolle der bundesdeutschen Fachverbände im Prozeß des sich wandelnden Sports. In dem Projektbericht werden Ergebnisse einer Untersuchung referiert, die der Deutsche Sportbund zusammen mit seinen über 50 Verbänden durchgeführt hat. Ziel des Projekts war, Profile des Breitensports zu identifizieren und vergleichend zu diskutieren. Keinen Zweifel läßt der Autor daran, daß durch das Wachstum des Breitensports die innere Einheit des Systems „Sport“ in Bedrängnis geraten ist.

... haben wir **Friedrich HOLZWEBER (Wien)** dafür gewinnen können, die österreichische Perspektive des von **KUHLMANN** angeschnittenen Themenbereichs eingehender zu erörtern. Aus den Ausführungen werden nicht nur die vielen Gemeinsamkeiten der Entwicklung des „Breitensports“ sichtbar, sondern auch die unterschiedlichen strategischen und ideologischen Positionen.

... führt **Jürgen SCHIFFER (Köln)** eine vergleichende Analyse der renommierten sportwissenschaftlichen Lexika, des „Sportwissenschaftlichen Lexikons (P. RÖTHIG)“, des „dreisprachigen Wörterbuchs der Sportwissenschaft (E. BEYER)“ und des „Lexikons Sportwissenschaft“ (G. THIESS & G. SCHNABEL) durch. Wie der Verfasser des interessantesten Beitrags feststellt, „schlagen sich die wissenschaftstheoretischen Probleme der Sportwissenschaft auch in den .. Lexika nieder. Wesentlich sind ... die unklaren Grenzen der Sportwissenschaft zu ihren Mutterwissenschaften sowie zwischen Sportpraxis und Sporttheorie.“

... entfallen **Hannes PATEK (Wien)** und **Ingo PEYKER (Graz)** ein exemplarisches Stück „Dopingdiskussion“ in Reaktion auf den von Karl-Heinrich BETTE & Uwe SCHIMANK im SPECTRUM 6 (1994) 2, S.24-37 verfaßten Beitrag „Selbstdiffamierung durch Doping“. Die Argumentationslinien von PATEK und PEYKER sind divergent und vielschichtig, so wie das Dopingproblem.

... stellt **Herbert HEUER (Dortmund)** das Buch von G. WULF (1994) mit dem Titel „Zur Optimierung motorischer Lernprozesse“ vor, das in seiner „konsequenten Ausrichtung an einer theoretischen Konzeption“, nämlich der von Richard A. Schmidt beeindruckt und in seiner Darstellung von zwölf Experimenten besticht. Der Rezensent kommt in seiner intensiven Auseinandersetzung mit der Publikation bei durchaus positiver Würdigung zu dem Ergebnis, daß die untersuchten Bewegungsmuster zu „unsportlich“ sind, um direkt auf die Sportpraxis übertragbar zu sein.

... nimmt **Raimund SOBOTKA (Wien)** die biomechanische Beschreibung und Analyse der V-Technik als Anlaß für den Versuch, im **Interpretorial** das Verständnis bekannter und weniger bekannter Einflußgrößen auf die Leistung im Skispringen anzubahnen.

... werden Hinweise zum **1. Internationalen Kongreß zum Thema „Skiing and Science“** (7.-13. Jänner 1996 in St. Christoph am Arberg (AUT)) gegeben. Es wird das wissenschaftliche Programm vorgestellt und der Zeitplan für die Einreichung von Kurzreferaten und Posterpräsentationen (Abstracts) präsentiert.

... werden die Fachleute namentlich angeführt, die nicht Mitglieder der ÖSG sind und sich unentgeltlich als **Gutachter** für die Beiträge des „SPECTRUMS“ zur Verfügung gestellt haben. Es ist uns ein besonderes Anliegen auch auf diesem Weg sehr herzlich dafür zu danken.

Raimund Sobotka und Konrad Kleiner

Hermann Schwameder

Erich Müller

## Biomechanische Beschreibung und Analyse der V-Technik im Skispringen

BIOMECHANICAL DESCRIPTION AND ANALYSIS OF THE V-TECHNIQUE IN SKI - JUMPING

### Zusammenfassung

Ziel der Arbeit ist es, auf der Grundlage vorliegender Untersuchungen, die V-Technik im Skispringen aus biomechanischer Sicht zu beschreiben und leistungsbestimmende Faktoren zu ermitteln. 22 Schanzensprünge von acht Skispringern der österreichischen Nationalmannschaft wurden kinematisch und dynamisch erfaßt und analysiert. Der Bewegungsablauf im Bereich des Absprungs und der ersten Flugphase (20 m) wurde mit zwei Videokameras (50 Hz) gefilmt und dreidimensional ausgewertet. Wege, Geschwindigkeiten, Winkel und Winkelgeschwindigkeiten bildeten die Basis für die kinematische Analyse der Bewegung. Die dynamische Erfassung erfolgte differenziert mittels zweier Druckmeßsohlen (40 Hz) mit jeweils 85 kapazitiven Drucksensoren und schloß den gesamten Bewegungsablauf von der Anfahrt bis zur Landung ein. Zur Beschreibung der Bewegung aus dynamischer Sicht wurden Merkmale zu Kräften, Teilkräften in definierten Fußzonen und Angriffspunkten der resultierenden Kraft ausgewählt. Diese Erhebung wurde durch die Bestimmung von Drehmomenten und Drehimpulsen während des Absprungs ergänzt. Bezüglich der erhobenen Parameter konnte bei allen Springern ein hoher Automatisierungsgrad festgestellt werden. Die interindividuellen Unterschiede und lateralen Differenzen sind zum Teil beträchtlich. Mit Hilfe statistischer Methoden konnte nachgewiesen werden, daß eine optimale Kombination von hoher vertikaler Abfluggeschwindigkeit, großem Drehimpuls beim Abflug und kleinem Winkel zwischen Körperachse und Ski nach 20 m Flug die größten Sprungweiten erlauben. Weiters erzeugten die A-Kader-Springer signifikant höhere relative Kraftwerte und größere mittlere Drehmomente während des Absprungs als die B-Kader-Springer. Abschließend werden die wichtigsten Forschungsperspektiven aufgezeigt.

### Summary

The purpose of this paper is the analysis of the V-technique in ski-jumping from the biomechanical point of view on the basis of previous investigations. 22 ski-jumps of eight members of the Austrian National-Team were measured and analyzed using kinematic and dynamic methods. The take-off and the first 20 m of the flight-phase were filmed with two panned and tilted video cameras (50 Hz). A special software was used to obtain three-dimensional kinematic data. The description of the movement in this area was realized by parameters of distances, velocities, angles and angle velocities. For dynamic measurement of the movement from the in-run to the landing two EMED-insoles (40 Hz) with 85 capacitive sensors each were used. The forces in general as well as in defined parts of the foot and the points of impact were chosen for descriptions and analyses. These measurements were added by the calculation of the angular momenta and rotation impulses during the take-off phase. According to all parameters a high level of automation could be recorded. The interindividual as well as the lateral differences were partly high. Using statistical methods it could be shown that the optimal combination of high vertical take-off velocity, big rotation impulse at

*take-off and a small angle between body and skis 20 m after the take-off caused long jumping distances. Significant differences between the A- and B-team were recorded for the relative forces and the angular momenta during the take-off phase. In the last part the perspectives for further investigations are reported.*

### 1. Problemstellung

Sportwissenschaftliche Forschungen im Bereich der Biomechanik und Trainingsmethodik haben in den letzten Jahren neben den Entwicklungen im Schanzenbau und auf dem Materialsektor zu beträchtlichen Leistungssteigerungen im Skispringen geführt. Die Leistungsportorientierung des Skispringens dürfte der Grund dafür sein, daß man sich sehr früh und intensiv mit theoretischen Grundlagen dieser Sportart beschäftigt hat. Die ersten wissenschaftlichen Betrachtungen zum Skispringen gehen in die Zwanzigerjahre unseres Jahrhunderts zurück (STRAUMANN 1926; 1927). Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen sind neben trainingsmethodischen vor allem bewegungsanalytische und biomechanische Aspekte (HOCHMUTH 1958/59; KOMI/NELSON/PULLI 1974; BAUMANN 1979; VAVERKA 1987).

Die Erfassung biomechanischer Merkmale zur detaillierten und objektiven Beschreibung der Anfahrt-, Absprung-, Flug- und Landetechnik nimmt, bedingt durch die genaueren und spezifischeren Meßmethoden, einen immer größeren Platz innerhalb der verwendeten Untersuchungsmethoden ein. Positiv beeinflusst wird dieser Trend durch die Tatsache, daß eine optimale Ansteuerung und Bewegungstechnik ohne Kenntnis ihrer quantitativen Beschreibung und Interpretation nicht möglich ist. Bewegungsbeobachtung ist zwar unverzichtbare Voraussetzung zur Sofortbeurteilung der Bewegungsausführung und zur Ansteuerung der Bewegungstechnik, durch die Subjektivität und Ungenauigkeit des Beurteilers sind allerdings Einschränkungen gegeben.

Mit Hilfe der vorliegenden Untersuchung soll eine detaillierte Beschreibung und Analyse der V-Technik im Skispringen anhand kinematischer und dynamischer Merkmale erfolgen.

Die statistische Analyse soll Einblick in die Beziehungszusammenhänge und in die Struktur der erhobenen Daten geben. Auf dieser Basis sind einerseits jene Variablen herauszufiltern, die statistisch signifikant mit dem Leistungskriterium Sprungweite korrelieren und andererseits jene Merkmale zu bestimmen, die unabhängig von der erreichten Sprungweite innerhalb der beiden Leistungsgruppen (A- und B-Kader der österr. Nationalmannschaft) statistisch signifikant unterschiedlich ausgeprägt sind.

Es wird im weiteren das Ziel verfolgt, Trainern, Springer, Wissenschaftlern und anderen Interessierten einen vertiefenden Einblick in die kinematische und dynamische Struktur der einzelnen Bewegungsphasen im Skispringen zu geben. Vor allem durch den komplexen und detaillierten Untersuchungsansatz sind neue Erkenntnisse über die Zusammenhänge einzelner Technik- und Strukturelemente zu erwarten.

## 2. Untersuchungsmethodik

### 2.1. Meßmethoden

Die Untersuchung wurde mit kinematischen und dynamischen Meßsystemen durchgeführt. Zur Bestimmung der dreidimensionalen Ortskoordinaten ausgewählter Kennpunkte wurden die Aufnahmen zweier synchronisierter Videokameras (50 Hz) verwendet. Als Bildverarbeitungs- und Auswertungsprogramm diente das Videoanalyzesystem der Fa. Peak mit einem Zusatzprogramm zur Behandlung schwenk- und neigbarer sowie in ihrer Brennweite variierbarer Kameras von DRENK (1994). Der Einsatz dieses Zusatzprogramms setzte ein ortsfestes Paßpunktesystem voraus, das im zu untersuchenden Bewegungsabschnitt an der Untersuchungsschanze installiert wurde. Als Paßpunkte dienten weiß bzw. schwarz gefärbte Tennisbälle, die auf dünnen Stahlseilen im Abstand von ca. einem Meter montiert und zusammen mit den beiden Kamerastandpunkten geodätisch vermessen wurden (Abb. 01, Abb. 02).

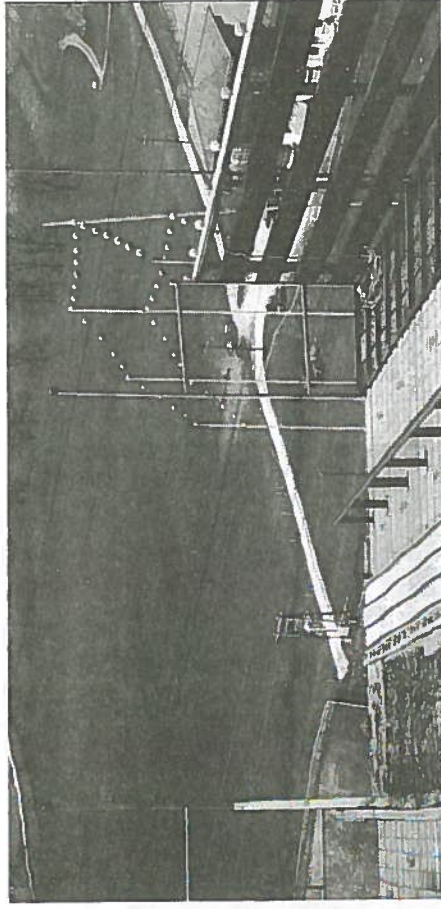


Abb. 01: Paßpunkte am Schanzenfisch und am Vorbau (von der Spur aus gesehen)

Die Kraftmessungen erfolgten mit Hilfe des Mikro-Emed-Systems der Fa. Novel, bestehend aus zwei Druckmeßsohlen (je 85 kapazitive Druckaufnehmer, Abtastrate 40 Hz) und einer mittels Kabeln verbundenen Steuerungs- und Speichereinheit (Abb. 03). Laut Aussagen der Probanden waren weder die Einschränkungen durch die Sohlen im Schuh noch das zusätzliche Gewicht und die Form des Körpergürtes besonders störend. Eine gewisse Beeinträchtigung ergab sich in der Anfahrposition durch ein stärkeres Spannen des Anzuges aufgrund der sich im Bereich des unteren Rückens befindlichen Speichereinheit. Nach erfolgter Messung wurden die Daten in einen Computer eingelesen. Die Synchronisierung mit den kinematischen Daten wurde mit Hilfe einer externen Schaltung gewährleistet.

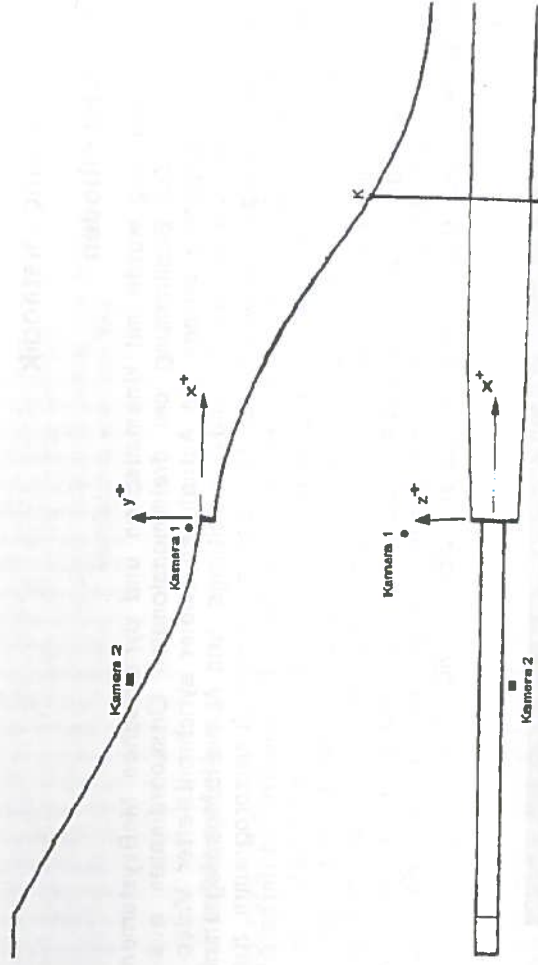


Abb. 02: Schematische Darstellung des gewählten Koordinatensystems incl. Kamerapositionen

## 2.2. Untersuchungsdurchführung, Stichprobe

Die Hauptuntersuchung fand im Herbst 1992 auf der großen Mattenschanze (Kritischer Punkt: 103 m, Keramikspur) in Stams statt. Als Probanden standen jeweils vier Mitglieder des A- und B-Kaders der österreichischen Skispringer-Nationalmannschaft zur Verfügung, von denen insgesamt 40 Versuche aufgenommen wurden. Nach Ausscheiden der fehlerhaft gemessenen Versuche konnten 22 zur Auswertung herangezogen werden.

## 2.3. Auswertung der Messergebnisse

Die kinematischen Daten wurden mit einem digitalen Filter geglättet. Die Bestimmung des Systemschwerpunktes (SSP) erfolgte aufgrund der Relativgewichts- und Teilschwerpunktsverhältnissangaben nach CLAUSER et al. (1969) in einem 22-Punkte-Modell. Die Lage der Körperachse (Verbindung von Teilschwerpunkt Oberkörper und Teilschwerpunkt Unterkörper) und die Bewegungsrichtung (Tangente an die Bahnkurve des SSP) wurden mittels eigener Software berechnet. Neben der Raumwinkelberechnung (s. Tab. 01) erfolgte für

bestimmte Fragestellungen die Ermittlung von Winkelprojektionen auf die xy-Ebene ( $'$ ) und die xz-Ebene ( $''$ ).

Für die Auswertung der dynamischen Daten wurden über die 170 Sensoren der beiden Sohlen eine  $55 \times 40$ -Matrix gelegt und die Kraftwerte in jedem Matrixfeld durch ein Interpolationsverfahren bestimmt. Für Gruppenvergleiche erfolgte eine Längennormierung der Kraftdaten in der Flugphase auf die mittlere Flugdauer. Die beiden Sohlen wurden in die Einzelzonen *links* (Spalten 1-20), *rechts* (Spalten 21-40), *Vorfuß* (Zeilen 1-39), *Ferse* (Zeilen 40-55), *Außenseite* (Spalten 1-10 und 31-40) und *Innenseite* (Spalten 11-30) geteilt. Der Angriffspunkt der resultierenden Kraft (ARK) wurde als Schwerpunkt der Einzelkraftwerte ( $x_{ij}$ ) in den Matrixfeldern definiert, wobei der Mittelpunkt der Matrix den Ursprung des Koordinatensystems bildete.

Der Drehimpuls um die Körperbreitenachse bezüglich des SSP beim Abflug wurde als Zeitintegral der während des Absprungs erzeugten Drehmomente approximiert. Die Synchronisation zwischen kinematischen und dynamischen Daten erfolgte dabei durch lineare Interpolation der Kraftwerte.

## 2.4. Merkmalsdefinitionen und Bezeichnungen

Kenn.	Bezeichnung	Definition / Erklärung
t1	Absprungsbeginn	Zeitpunkt, zu dem die Kniewinkelgeschw. vor der Streckbewegung null ist
t2	Abflug	x-Koordinate des Sprunggelenkpunktes ist null
t3	Zeit nach 10 m Flug	Zeitpunkt, zu dem der SSP 10 m zurückgelegt hat
t4	Zeit nach 20 m Flug	Zeitpunkt, zu dem der SSP 20 m zurückgelegt hat
An	Anfahrt	Phase vom Maßbeginn bis zum Absprungsbeginn
Ab	Absprung	Phase vom Absprungsbeginn bis zum Abflug
sAb	Länge des Absprungs	Strecke, die zwischen t1 und t2 zurückgelegt wird
x, y	x-, y-Koordinate	Raumkoordinaten in x- und y-Richtung
v	Geschwindigkeit des SSP	Resultierende Geschwindigkeit des Systemschwerpunktes
vn	Geschw. normal zum ST	Geschwindigkeitskomponente normal zum Schanzentisch
vy	Vertikalgeschwindigkeit	Geschwindigkeitskomponente in y-Richtung
vn'	Geschw. aus Kraftstoß	Mit Hilfe des Kraftstoßes bestimmte Geschwindigkeit
$\varphi^a$	Abflugwinkel	Schanzentischrichtung / Richtung der result. Geschwindigkeit
$\kappa$	Kniewinkel	Hüfte-Knie / Knie-Sprunggelenk
$\lambda$	Hüftwinkel	Schulter-Hüfte / Hüfte-Knie
$\mu$	Unterschenkel-Ski-Wink.	Knie-Sprunggelenk / Skispitze-Skiende
$\rho$	Körperachse-Ski-Winkel	SP Oberkörper-SP Unterkörper / Skispitze-Skiende
$\alpha$	Ski-Anstellwinkel	Skispitze-Skiende / Bewegungsrichtung
$\psi$	Skiöffnungswinkel	Skispitze re-Skiende re / Skispitze li-Skiende li
$\epsilon$	Ellbogenwinkel	Schulter-Ellbogen / Ellbogen-Handgelenk
$\sigma$	Schulterwinkel	Ellbogen-Schulter / Schulter-Hüfte
$\beta$	Ski-x-Achse	Skispitze-Skiende / x-Achse
F	Kraft	
Ax, Az	ARKx, ARKz	Angriffspunkt der resultierenden Kraft in x- und z-Richtung
M	Drehmoment	Drehmoment um SSP bezüglich der Breitenachse (z-Richtg.)
L	Drehimpuls	Drehimpuls um SSP bezüglich der Breitenachse (z-Richtung)

Tab. 01: Merkmalsdefinitionen und Bezeichnungen



Abb. 03: Druckmeßsohlen und Speichereinheit des Mikro-Emed-Systems

- Zahlenindizes  $i$  beziehen sich auf Merkmalsausprägungen zum Zeitpunkt  $t_i$
- Indizes 'An' bzw. 'Ab' beziehen sich auf die Phasen Anfahrts- bzw. Absprung
- Indizes 're' und 'li' beziehen sich auf Merkmalsausprägungen der rechten und linken Körperseite; bei Fehlen dieses Index sind jeweils die Mittelwerte von rechts und links angegeben
- Winkelprojektionen sind mit '(xy-Ebene) bzw. "(xz-Ebene) gekennzeichnet
- $\omega$  vor Winkelmerkmalen bezeichnet Winkelgeschwindigkeiten
- \* bezeichnet auf das Körpergewicht relativierte Werte
- $\bar{\quad}$  bezeichnet Mittelwerte über eine Phase

## 2.5. Fehlerabschätzung

Als geeignetes Maß zur Fehlerabschätzung erweist sich der mittlere Fehler  $\Delta f$  (Standardabweichung mehrmalig erhobener Merkmalsausprägungen  $x_{ij}$ ).

Zur Fehlerabschätzung der kinematischen Merkmale wurden die Methoden Kontrollpunktbestimmung, Segmentlängenbestimmung und Mehrfachdigitalisierung angewendet. Die Untersuchungsergebnisse zur Fehlerabschätzung kinematischer Merkmale können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Die Genauigkeit der Eichbildkoordinaten ist unter den gegebenen Aufnahme- und Auswertungsbedingungen mit Hilfe der verwendeten Algorithmen sehr hoch.
- Die Fehlerabschätzungen mit den Methoden der Segmentlängenbestimmung und der Mehrfachdigitalisierung liefern im großen und ganzen gleiche Ergebnisse. Die festgestellten mittleren Fehler sind im allgemeinen bei der zweitgenannten Methode geringfügig größer.
- Der mittlere Fehler der Kennpunktbestimmung beträgt im Bereich des Absprungs für alle drei Raumrichtungen ca.  $\pm 1,0$  cm. Die Punktbestimmungsgenauigkeit im letzten Teil der untersuchten Bewegungsphase ist aufgrund des größeren Bildausschnittes und des ungünstigen Schnittwinkels der optischen Kameraachsen deutlich schlechter. Der mittlere Fehler beträgt hier etwa  $\pm 2,0$  cm für jeden Kennpunkt in jeder der drei Raumrichtungen.
- Die konkrete Angabe des mittleren Fehlers ( $\Delta f$ ) für jedes untersuchte Merkmal erfolgt bei der Darstellung der Untersuchungsergebnisse. Die Fehler jener kinematischen Merkmale, deren Abschätzung nicht nach den erwähnten Methoden erfolgen konnte, wurden mit Hilfe des GAUß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetzes bestimmt bzw. durch jene von vergleichbaren Parametern abgeschätzt. In der Ergebnisdarstellung sind diese Werte mit \* gekennzeichnet.

- Die Bestimmungsgenauigkeiten der Kennpunkte und der erhobenen kinematischen Merkmale sind hinreichend hoch, sodaß Vergleiche und Schlußfolgerungen sowohl innerhalb dieser Untersuchung als auch zwischen dieser und anderen Untersuchungen angestellt werden können.

Zur Fehlerabschätzung der dynamischen Merkmale wurden unter Laborbedingungen Kontrollmessungen mit einer Kraftmeßplatte (Kistler) durchgeführt. Die mit dem Kistler-Meßsystem erhobenen Kraftwerte können als Sollwerte betrachtet werden. Die Untersuchungsergebnisse zur Fehlerabschätzung dynamischer Merkmale können folgendermaßen zusammengefaßt werden:

- Das Emed-Meßsystem weist bei Messungen im Bereich des Körpergewichts einen systematischen Fehler von ca. 5 % unterhalb des Sollwertes auf. Mit zunehmender Belastung bis zum Zweifachen des Körpergewichts nimmt der relative Fehler im allgemeinen etwas ab, kann bei dynamischen Abläufen aber auch Werte von 9 % erreichen. Aufgrund der Spezifik des Meßsystems steigt der relative Fehler bei Belastungen unter 250 N auf mehr als 10 %. Bei dynamischen Abläufen in diesen Belastungsgrößen können Abweichungen bis zu 25 % unterhalb des Sollwertes auftreten.
- Die mittleren relativen Fehler (Rauschen der Signale) betragen bei Kräften bis zum Körpergewicht 1,0 % und bei dynamischen Abläufen mit Kräften bis zum Zweifachen des Körpergewichts 1,8 %.
- Die Fehleranalyse bezieht sich ausschließlich auf Gesambelastungen beider Sohlen. Die relativen Fehler für Teilkräfte dürften etwa in den Größenordnungen jener für die Gesamtkräfte liegen.
- Für die Koordinaten der resultierenden Kraft ist keine Fehlerabschätzung durchgeführt worden, da in diesem Fall das Fehlerfortpflanzungsgesetz nicht sinnvoll anwendbar ist.
- Die systematischen Fehler des Meßsystems sind, da sie nur für standardisierte Situationen abschätzbar sind, nicht korrigiert worden, was bei der Darstellung und Interpretation der Untersuchungsergebnisse zu berücksichtigen ist.
- Die Fehlerabschätzung ist durch Kontrollmessungen unter Laborbedingungen durchgeführt worden. Es kann davon ausgegangen werden, daß die Fehler bei den Schanzensprüngen in ähnlichen Größenordnungen liegen.
- Aufgrund der durch die Fehleranalyse gewonnenen Erkenntnisse ist das Emed-System zur Beantwortung der vorgelegten Fragestellungen geeignet und kann dafür sinnvoll eingesetzt werden. Einschränkungen ergeben sich durch den relativ großen systematischen Fehler und die geringe Abtastfrequenz.
- Die ermittelten Meßfehler lassen aus den Meßergebnissen sowohl inter- als auch intraindividuelle Vergleiche sowie Schlußfolgerungen zu.

Bezüglich der Drehmomente wurden die mittleren Fehler jeweils für die Durchschnittswerte des mittleren und maximalen Drehmoments während des Absprungs abgeschätzt. Es ergaben sich Werte von 7,2 Nm für das mittlere und 9,6 Nm für das maximale Drehmoment. Der mittlere Fehler für den Drehimpuls beim Abflug wurde mit 1,3 Nms abgeschätzt.

## 2.6. Statistische Auswertungsmethoden

Zur Aufdeckung der Variablenstruktur wurde eine Faktorenanalyse in Form einer Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Es fanden nur jene Faktoren Berücksichtigung, deren Eigenwerte größer als 1 waren (BORTZ 1993, 503). In die weiteren statistischen Analysen ging je eine Variable pro Faktor (Faktorvariable) ein. Zur Bestimmung der multilinearen Regressionsgleichung zwischen unabhängigen Variablen und der Kriteriumsvariable (Sprungweite) wurde die Methode der schrittweisen multiplen Regression (BACKHAUS et al. 1994, 17) verwendet. Die Unterschiede

zwischen den beiden Kadergruppen wurden mit Hilfe der multivariaten Varianzanalyse geprüft.

Für die Verwendung der angeführten Methoden wird Normalverteilung der Variablen vorausgesetzt. Mit Hilfe des DAVID-Quotienten (SACHS 1992, 424) wurde diese für alle Faktorvariablen und für 94 % der übrigen 52 Variablen nachgewiesen. Signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede werden bei der Ergebnisdarstellung durch folgende Symbole und Bezeichnungen charakterisiert:

Irrtumswahrscheinlichkeit	Symbol	Verbale Bezeichnung
$p > 0.10$		nicht signifikant
$0.05 < p \leq 0.10$	(*)	fast signifikant
$0.01 < p \leq 0.05$	*	signifikant
$p \leq 0.01$	**	stark signifikant

### 3. Darstellung, Interpretation und Vergleich der Ergebnisse

#### 3.1. Technikbeschreibung nach biomechanischen Merkmalen

##### 3.1.1. Technikbeschreibung nach kinematischen Merkmalen

###### Verlaufsdarstellungen

Mit Hilfe ausgewählter kinematischer Merkmale in Form von zeitlichen Verlaufsdarstellungen wird die V-Technik im Skispringen beschrieben. Der Bewegungsabschnitt umfaßt jeweils den Zeitraum von 0.5 s vor bis 0.8 s nach dem Abflug und erstreckt sich somit auf den letzten Teil der Anfahrt, den Absprung und den ersten Teil der Flugphase.

###### Knie-, Hüft- und Unterschenkel-Ski-Winkelverlauf

Die wichtigsten Positionen innerhalb des Springer-Ski-Systems werden durch den Knie-, Hüft- und Unterschenkel-Ski-Winkel hinreichend beschrieben. Abb. 04 zeigt die Mittelwert-Verläufe der 22 Versuche bezüglich der drei Winkel im untersuchten Bewegungsabschnitt.

Die leichte Ausholbewegung vor dem Absprung ist in allen drei Winkelverläufen feststellbar. Die Streckung im Knie- und Hüftgelenk beginnt nahezu gleichzeitig, jene im Sprunggelenk setzt etwas später ein. Am schnellsten abgeschlossen ist die Streckung im Kniegelenk etwa zum Zeitpunkt  $t = 0.15$  s. Der Winkel zwischen Unterschenkel und Ski ändert sich nach 0.5 s Flug kaum mehr, der Hüftwinkel stabilisiert sich erst gegen Ende der untersuchten Bewegungsphase.

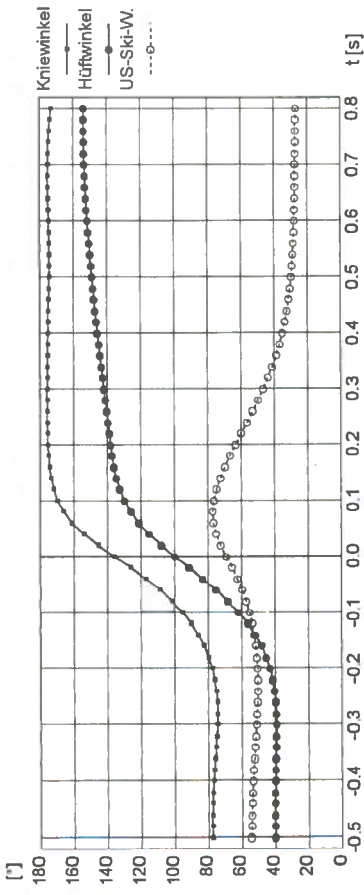


Abb. 04: Mittelwerte der Winkel-Zeit-Verläufe des Knie-, Hüft- und Unterschenkel-Ski-Winkels (Zeitpunkt  $t = 0$ : Abflug)

Die zeitliche Koordination der Streckung in den drei Gelenken kann durch die Verläufe der Winkelgeschwindigkeiten verdeutlicht werden. BAUMANN (1979, 78) und CAMPBELL (1980, 39) erachten das Erreichen der maximalen Winkeländerungen bezüglich der drei Winkel zum Zeitpunkt des Abfluges als ein wesentliches Qualitätsmerkmal eines Sprunges. Unregelmäßige Winkelgeschwindigkeit-Zeit-Verläufe, wie sie BAUMANN (1979, 78) beschreibt, oder schlechte zeitliche Koordination, die CAMPBELL (1980, 39) erhoben hat, sind in der vorliegenden Stichprobe nicht feststellbar.

Den Winkelveränderungen in Knie-, Hüft- und Sprunggelenken beim Skispringen wird in technikanalytischen Diskussionen große Bedeutung beigemessen. Größte Aufmerksamkeit wird den Veränderungen des Kniewinkels geschenkt. In Abb. 05 sind die Mittelwert- und Standardabweichungsverläufe der 22 Sprünge bezüglich des Kniewinkels dargestellt.

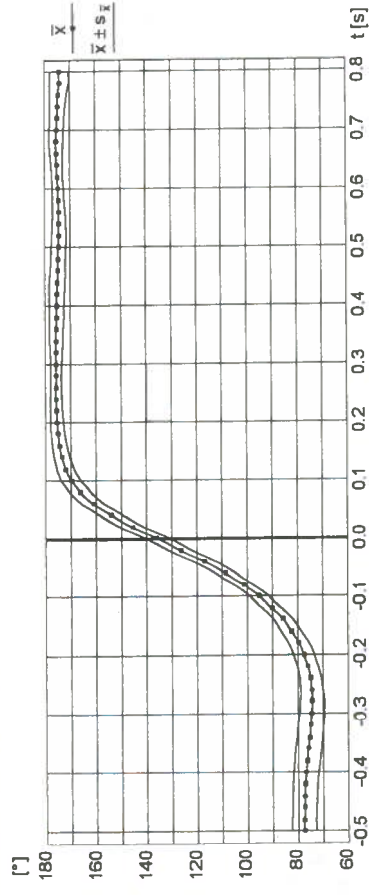


Abb. 05: Winkel-Zeit-Verlauf des Kniewinkels

Die Springer weisen im letzten Teil der Anfahrt durchschnittlich einen Kniewinkel von  $77^\circ$  auf, den sie bis zum Absprungbeginn um etwa  $4^\circ$  verringern. Obwohl eine Ausholbewegung zum Absprung nicht erwünscht ist, kann diese auch bei Spitzensprin-

gern nachgewiesen werden. Der hohe Automatisierungsgrad der Absprungbewegung und das Erzeugen zusätzlicher Muskelvorspannung können als Begründung für diese Tatsache angeführt werden. Von den 8 untersuchten Springern zeigt nur ein Proband bei einem seiner drei Sprünge keine Ausholbewegung.

Die relativ hohen Standardabweichungen in den ersten 0.3 s sind vor allem auf unterschiedliche Absprunghaltungen und die unterschiedlichen Zeitpunkte des Absprungbeginns zurückzuführen.

Knapp 0.3 s vor dem Abflug wird der kleinste Kniewinkel erreicht und es beginnt die explosive Streckung im Kniegelenk. Auffallend ist, daß nur 65 % der gesamten räumlichen und zeitlichen Streckbewegung vor dem Abflug vollzogen werden. Dieses Ergebnis stimmt mit jenem von BAUMANN (1979, 87) überein. Nach Erreichen der Kniestreckung bleibt der Kniewinkel bei nur sehr geringen interindividuellen Unterschieden nahezu konstant.

Abb. 06 zeigt exemplarisch die Kniewinkelverläufe zweier Probanden bei je drei Versuchen. Im Vergleich zu Springer B1 fährt der Proband A3 in einer wesentlich tieferen Position an, zeigt eine stärkere Variation der Ausholbewegung und führt die Streckbewegung der Beine schneller durch. Bei beiden Springern zeigt sich aufgrund der geringen intraindividuellen Unterschiede ein hoher Automatisierungsgrad der Absprungbewegung.

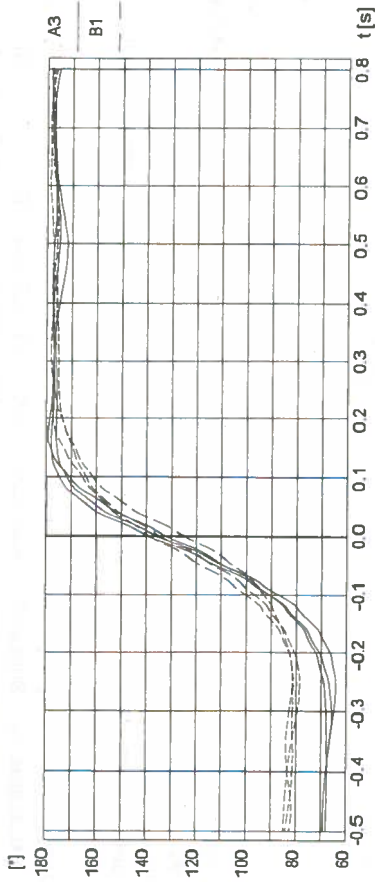


Abb. 06: Winkel-Zeit-Verläufe des Kniewinkels der Probanden A3 und B1 bei je drei Versuchen

#### Projizierter Winkel Körperachse-Ski ( $p'$ )

Der Winkel zwischen Körperachse und Ski ist der beste Indikator zur Beschreibung der relativen Position zwischen Körper und Skiern (Abb. 07). Vor allem für die Flugphase läßt sich somit die Größe der 'Kompaktheit' des Systems Springer-Ski dokumentieren.

Der Winkel beträgt anfänglich  $84^\circ$  und bleibt bis zum Zeitpunkt  $t = -0.2$  s nahezu konstant. Erst dann verringert er sich langsam bis zum Abflug auf durchschnittlich  $78^\circ$ . Dies ist ein Hinweis dafür, daß die Absprungbewegung vorwiegend in Vertikal- und nur zu einem geringen Teil in Horizontalrichtung erfolgt. Bis 0.6 s nach dem Abflug verringert sich der Winkel durch die Vorwärtsdrehung des Körpers und die Rückwärtsdrehung der Skier rasch auf  $20^\circ$ . Die anschließende Verringerung des Winkels ist nur

unwesentlich, sie hält allerdings bis zum Ende des untersuchten Bewegungsabschnittes an.

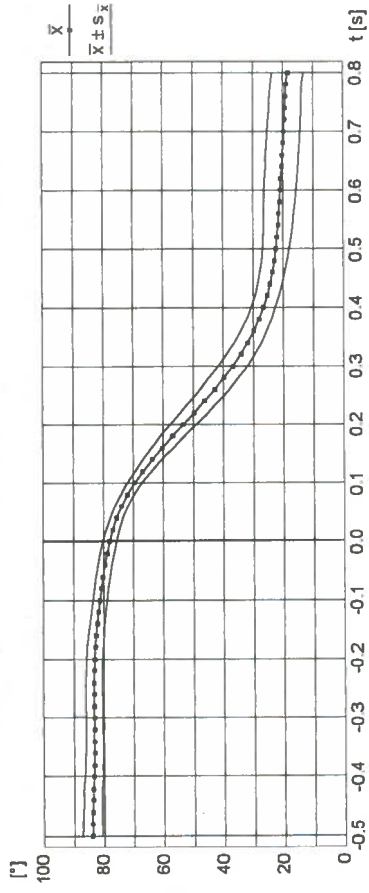


Abb. 07: Winkel-Zeit-Verlauf des projizierten Winkels Körperachse-Ski

Erwartungsgemäß sind die Unterschiede zwischen den Springern bis kurz nach dem Abflug sehr gering, vergrößern sich allerdings deutlich mit zunehmender Flugdauer.

#### Skiöffnungswinkel ( $\nu$ )

Abb. 08 zeigt den durchschnittlichen Skiöffnungswinkel-Verlauf von 22 Sprüngen und die dazugehörigen Standardabweichungen.

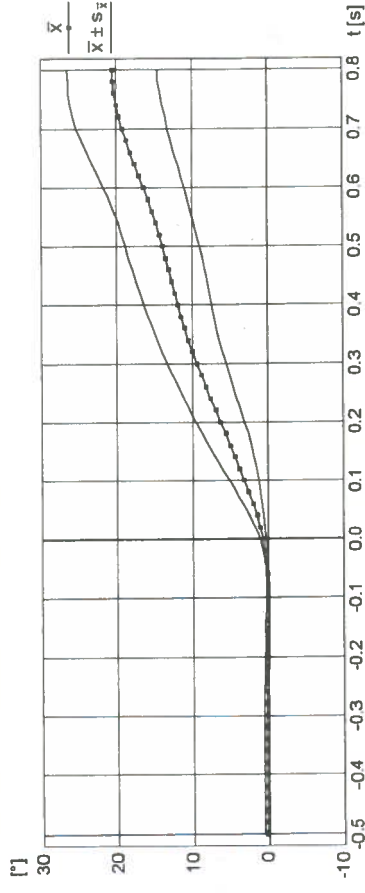


Abb. 08: Winkel-Zeit-Verlauf des Skiöffnungswinkels

Die Skiöffnung zur V-Stellung beginnt bereits unmittelbar nach dem Abflug und vergrößert sich bis zu einem Wert von durchschnittlich  $20^\circ$  nach 20 m Flug nahezu linear. Der beinahe konstante Winkel auf den letzten vier Bildern ist ein Indiz dafür, daß die 'stabile' Flugposition erreicht ist. Die relativ großen Unterschiede des Beginns und der Weite der Skiöffnung sind diesem Verlaufsdiagramm zu entnehmen. Die Standardabweichungen nehmen in Relation zu den Mittelwerten fast konstant zu und deuten auf große Differenzen zwischen den einzelnen Springern.

Exemplarisch werden in Abb. 09 die Skiöffnungswinkel dreier Springer im zeitlichen Verlauf dargestellt. Die interindividuellen Realisierungen der Skiöffnung sind darin deutlich erkennbar. Proband A1 öffnet die Skier unmittelbar nach dem Abflug und erreicht schon nach 0.4 s den nahezu konstanten Wert von 10°. Die größte Skiöffnung zeigt Springer B2 mit einem Maximalwert von 33°, den er gegen Ende der untersuchten Flugphase erreicht. Springer B4 beginnt erst 0.15 s nach dem Abflug mit der Skiöffnung und vergrößert diese bei nahezu konstanter Geschwindigkeit bis zu einem Wert von 17°, wobei der Winkelverlauf darauf hindeutet, daß die Skiöffnung im Gegensatz zu den beiden anderen Probanden in der untersuchten Flugphase noch nicht abgeschlossen ist.

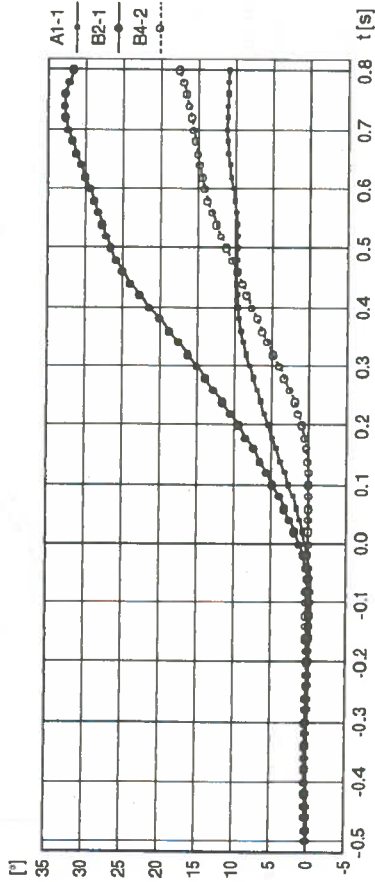


Abb. 09: Winkel-Zeit-Verläufe des Skiöffnungswinkels bei den Versuchen A1-1, B2-1 und B4-2

### Zeitpunktdarstellungen

Die Ausprägungen der einzelnen Merkmale wurden zu den vier Zeitpunkten  $t_1$  (Absprungbeginn),  $t_2$  (Abflug),  $t_3$  (10 m Flug) und  $t_4$  (20 m Flug) erhoben. Die Korrektur der zeitlichen Differenz zwischen dem betreffenden Zeitpunkt und den Meßzeitpunkten erfolgte durch lineare Interpolation der beiden entsprechenden Meßwerte. In den folgenden Tabellen sind jeweils die arithmetischen Mittelwerte ( $\bar{x}$ ), Standardabweichungen ( $s\bar{x}$ ), Maxima (max), Minima (min) sowie die mittleren Fehler ( $\Delta f$ ) der ausgewählten Merkmale angeführt.

#### Kinematische Merkmale zum Zeitpunkt $t_1$ (Absprungbeginn)

Der Absprung beginnt bei den untersuchten Sprüngen im Schnitt 0.28 ( $\pm 0.03$ ) s vor dem Abflug (Tab. 02). Die Ergebnisse liegen damit in jenen Bereichen, wie sie von vergleichbaren Untersuchungen und von Sprüngen auf Kraftmeßplatten bekannt sind (KOMI/NELSON/PULLI 1974, 440 f.; LUHTANEN/PULLI/KOMI 1987, 1147). Die Streuungen sind vor allem durch Unterschiede zwischen den einzelnen Springern bedingt, intraindividuell zeigen alle Springer bezüglich dieses Merkmals sehr hohe Konstanz.

Kenn	Merkmal	Dim	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	max	min	$\Delta f$
$t_1$	Absprungbeginn	s	-0.28	0.03	-0.33	-0.24	0.012*
$s_{Ab}$	Länge des Absprungs	m	7.1	0.6	8.3	6.1	0.298

Tab. 02: Zeit- und Wegmerkmale zum Zeitpunkt  $t_1$  (Absprungbeginn)

Die Absprungbewegung wird bei den untersuchten Sprüngen auf einer Strecke von 7.1 ( $\pm 0.6$ ) m vollzogen. Die Streubreite des Absprungbeginns reicht von 1.7 m vor bis 0.5 m nach der Ausfahrt aus dem Übergangsbogen. Die Überlagerung der Absprungbewegung mit der Ausfahrt aus dem Übergangsbogen stellt an die Springer zusätzlich koordinative Anforderungen, zumal die verschiedenen Sprungschancen zum Teil sehr unterschiedliche Profile aufweisen und durch die differierenden Anfangsgeschwindigkeiten das Absprungtiming auch mit Hilfe kinästhetischer Informationen neu erfüllt werden muß.

#### Kinematische Merkmale zum Zeitpunkt $t_2$ (Abflug; $t = 0$ )

Die x-Koordinate des SSP beträgt beim Abflug 0.299 m (Tab. 03). Die Streuung von 0.035 m wird vorwiegend durch interindividuelle Unterschiede verursacht. Intraindividuell ist die Konstanz durchwegs hoch.

Kenn	Bezeichnung	Dim	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	max	min	$\Delta f$
$x_{SSP}$	x-Koordinate des SSP	m	0.299	0.035	0.408	0.249	0.003
$v_2$	Result. Geschwindigkeit	m/s	25.64	0.30	26.13	25.13	0.029
$vn_2$	Geschw. normal zum ST	m/s	2.07	0.14	2.28	1.68	0.024*

Tab. 03: Weg- und Geschwindigkeitsmerkmale zum Zeitpunkt  $t_2$  (Abflug)

Die in der Literatur am meisten diskutierten Merkmale sind die Abfluggeschwindigkeit des SSP und deren Komponenten (Tab. 03). Die resultierende Abfluggeschwindigkeit beträgt bei der untersuchten Stichprobe durchschnittlich 25.64 m/s und weist eine Spannweite von 1.00 m/s auf. Intraindividuell sind die Unterschiede sehr gering.

Von der Schanzengröße weitgehend unabhängig ist die Geschwindigkeitskomponente normal zum Schanzentisch. Sie wird in einigen Studien als leistungsbestimmendes Merkmal bezeichnet (KOMI/NELSON/PULLI 1974, 440; GISLER/NIGG/WASER 1977, 106; VAVERKA 1987, 152). Für die untersuchte Stichprobe ergibt sich ein Mittelwert von 2.07 ( $\pm 0.14$ ) m/s. Bezüglich dieses Merkmals ist die intraindividuelle Konstanz unterschiedlich. Die springerinternen Streuungen schwanken zwischen 0.05 m/s und 0.14 m/s.

Die Geschwindigkeit des SSP normal zum Schanzentisch ist Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen. Tab. 04 zeigt einen Ergebnisvergleich bezüglich dieses Merkmals.

Autor (en)	Jahr d. US	n	Dim	$\bar{x}$	$s\bar{x}$
KOMI/NELSON/PULLI (1974)		30	m/s	2.03°	0.10
BAUMANN (1979)	1978	100	m/s	2.33	0.23
CAMPBELL (1980)	1979		m/s	2.30	
LUHTANEN/PULLI/KOMI (1987)	1976		m/s	2.07	0.27
VÄVERKA (1987)		48	m/s	1.92	0.29
SASAKI/Tsunoda (1988)			m/s	2.13	0.12
SCHWAMEDER (1995)	1992	22	m/s	2.07	0.14

• Da KOMI/NELSON/PULLI nur die Vertikalgeschwindigkeit angeben, wurde die Komponente normal zum Schanzentisch unter Berücksichtigung der bekannten Schanzentischneigung berechnet.

Tab. 04: Geschwindigkeitskomponente normal zum Schanzentisch beim Abflug nach Untersuchungen verschiedener Autoren

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchung fügen sich in jene aus früheren gut ein. Während die Mittelwertunterschiede relativ gering sind, zeigen sich deutlich größere Differenzen bezüglich der Standardabweichungen, die durch unterschiedliche Homogenität der untersuchten Stichproben bedingt sind.

In der untersuchten Stichprobe beträgt der Absprungwinkel (Tab. 05) durchschnittlich  $4.64 (\pm 0.32)^\circ$ . Als Referenz dient die Untersuchung von KOMI/NELSON/PULLI (1974, 440). Aus den angeführten Geschwindigkeitskomponenten ergibt sich für die 30 untersuchten Sprünge ein durchschnittlicher Absprungwinkel von  $5.05^\circ$ . Der Unterschied zwischen diesem Wert und jenem aus der eigenen Untersuchung dürfte auf die unterschiedlichen Schanzengrößen zurückzuführen sein.

Kenn	Merkmal	Dim	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	max	min	$\Delta f$
$\varphi^{\circ}_2$	Absprungwinkel	°	4.64	0.32	5.14	3.83	0.05
$\kappa_2$	Kniewinkel	°	135.4	5.6	151.7	124.1	0.4
$\lambda_2$	Hüftwinkel	°	99.2	7.0	117.6	83.8	0.6
$\mu_2$	Winkel Unterschenkel-Ski	°	68.8	2.0	73.1	63.9	0.4

Tab. 05: Winkelmerkmale zum Zeitpunkt  $t_2$  (Abflug)

Für die untersuchte Stichprobe beträgt der Kniewinkel im Durchschnitt  $135.4^\circ$ . Die Standardabweichung von  $5.6^\circ$  ist zwar vorwiegend durch interindividuelle Unterschiede bedingt, aber auch springerinternen sind die Differenzen zum Teil erheblich. Hüft- und Sprunggelenkwinkel beim Abflug weisen Mittelwerte von  $99.2 (\pm 7.0)^\circ$  bzw.  $68.8 (\pm 2.0)^\circ$  auf. In Tab. 06 werden die bereits vorliegenden Untersuchungsergebnisse bezüglich dieser Merkmale zusammenfassend dargestellt. Die durchschnittlichen Winkelwerte aus der eigenen Untersuchung liegen größtenteils in jenen Bereichen, wie sie aus früheren Untersuchungen belegt werden. Es fällt auf, daß die Standardabweichungen bei der eigenen Untersuchung zum Teil wesentlich geringer sind als in den anderen Studien. Diese Tatsache dürfte einerseits mit den Mehrfachversuchen und andererseits mit der hohen Dichte der untersuchten Stichprobe in Zusammenhang stehen.

Autor(en)	n	Kniewinkel		Hüftwinkel		US-Ski-W.	
		$\bar{x}$	$s\bar{x}$	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	$\bar{x}$	$s\bar{x}$
KOMI/NELSON/PULLI (1974)	30	138.4	16.5	101.5	15.3	76.2	
BAUMANN (1979)	100	156	10	106	15	79	5
CAMPBELL (1980)		136.7		93.5		69.1	
SASAKI/YAGI/Tsunoda (1990)	13	132.6	10.1	86.1	7.9	63.0	5.5
VIRMAVIRTA/KOMI (1993)	8			104	13	64.3	6.3
SCHWAMEDER (1995)	22	135.4	5.6	99.2	7.0	68.8	2.0

Tab. 06: Knie-, Hüft- und Unterschenkel-Ski-Winkel beim Abflug nach Untersuchungen verschiedener Autoren (Angaben in Grad)

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bezüglich der erwähnten Winkelmerkmale keine auffallenden Unterschiede zwischen der klassischen Technik und der V-Technik feststellbar sind.

Die Kniewinkelgeschwindigkeit beim Abflug liegt mit durchschnittlich  $477^\circ/s$  nur knapp unterhalb der maximalen Kniewinkelgeschwindigkeit ( $486 \pm 38^\circ/s$ ), die  $0.01$  s vor dem Abflug erreicht wird (Tab. 07). Die Werte schwanken zwischen  $399^\circ/s$  und  $553^\circ/s$  und die springerinternen Standardabweichungen liegen zwischen  $18^\circ/s$  und  $40^\circ/s$ . Die Geschwindigkeit der Hüftstreckung beträgt durchschnittlich  $407^\circ/s$  und ist damit deutlich niedriger als die Kniewinkelgeschwindigkeit. Die Winkelgeschwindigkeit im Sprunggelenk beträgt durchschnittlich  $167^\circ/s$  und schwankt sehr stark zwischen  $106^\circ/s$  und  $201^\circ/s$ . Springerinternen zeigt sich allerdings sehr hohe Konstanz.

Kenn	Merkmal	Dim	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	max	min	$\Delta f$
$\omega_{\kappa_2}$	Kniewinkelgeschwindigkeit	°/s	477	40	553	399	8.2
$\omega_{\lambda_2}$	Hüftwinkelgeschwindigkeit	°/s	407	49	519	331	8.5
$\omega_{\mu_2}$	WG Unterschenkel-Ski	°/s	167	22	201	106	2.7

Tab. 07: Winkelgeschwindigkeitsmerkmale zum Zeitpunkt  $t_2$  (Abflug)

#### Kinematische Merkmale zum Zeitpunkt $t_3$ (10 m Flug)

Die Flugdauer über diese Strecke beträgt durchschnittlich  $0.388 (\pm 0.005)$  s. Die y-Koordinate des mittleren Sprunggelenkpunktes liegt am Ende der Strecke durchschnittlich  $1.38 (\pm 0.09)$  m unterhalb des Schanzentisches (Tab. 08). Die Spannweite dieses Merkmals ist mit  $0.31$  m auffallend hoch, wobei die Größe der Streuungen vorwiegend durch interindividuelle Unterschiede bedingt ist. Die Vertikal Komponente der Geschwindigkeit erreicht  $10$  m nach dem Abflug einen Wert von durchschnittlich  $-5.5 (\pm 0.2)$  m/s. Die Fallgeschwindigkeiten schwanken zu diesem Zeitpunkt zwischen  $-5.2$  m/s und  $-6.0$  m/s, die springerinterne Konstanz bezüglich dieses Merkmals ist sehr hoch.



Kenn	Merkmal	Dim	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$	max	min	$\Delta f$
$y_{s3}$	y-Koord. d. Sprunggelenkp.	m	-1.38	0.09	-1.26	-1.57	0.013*
$v_{y3}$	Geschw. in y-Richtung	m/s	-5.5	0.2	-5.2	-6.0	0.07*
$\rho'_3$	Pr. Winkel Körperachse-Ski	°	28	4	35	21	0.6*
$\alpha'_3$	Projizierter Ski-Anstellwinkel	°	28	4	36	20	1.5*
$\psi_3$	Skiöffnungswinkel	°	12	4	20	4	0.5*

Tab. 08: Kinematische Merkmale zum Zeitpunkt  $t_3$  (10 m nach dem Abflug)

Der Winkel Körperachse-Ski ( $\rho'$ ) charakterisiert die 'Kompaktheit' des Systems Springer-Ski. Er beträgt nach 10 m Flug durchschnittlich  $28 (\pm 4)^\circ$ . Die interindividuellen Unterschiede sind mit einer Streubreite von  $14^\circ$  relativ hoch, wobei bezüglich beider Merkmale springerspezifische Charakteristika feststellbar sind.

Der Skianstellwinkel beträgt im Durchschnitt  $28 (\pm 4)^\circ$  und liegt damit in jenem Bereich, der in der Literatur aufgrund empirischer Messungen als optimal angeführt wird. In der Untersuchung von BAUMANN (1979, 83) ist der durchschnittliche Meßwert für dieses Merkmal mit  $36^\circ$  deutlich höher, was vermutlich auf die unterschiedlichen Flugtechniken zurückzuführen ist.

Bei hoher springerspezifischer Konstanz sind die interindividuellen Unterschiede in der untersuchten Stichprobe hinsichtlich des Skiöffnungswinkels sehr groß. Die Streubreite reicht von einem Minimalwert bei  $4^\circ$  bis zum Maximum von  $20^\circ$ . Der Mittelwert beträgt  $12 (\pm 4)^\circ$ . Vergleichende Angaben zu diesem Merkmal sind nicht bekannt.

#### Kinematische Merkmale zum Zeitpunkt $t_4$ (20 m Flug)

Tab. 09 zeigt kinematische Merkmale zum Zeitpunkt  $t_4$ . Die Winkelmerkmale zu diesem Zeitpunkt sind insofern von Bedeutung, als in den meisten Fällen hier die quasistabile Flugposition bereits erreicht ist.

Die Flugdauer für die ersten 20 m beträgt durchschnittlich 0.800 s. Der Luftstand, charakterisiert durch die y-Koordinate des mittleren Sprunggelenkpunktes, beträgt durchschnittlich  $-4.08 (\pm 0.18)$  m. Die Spannweite ist mit knapp 0.7 m zwar groß, ist allerdings fast ausschließlich durch interindividuelle Unterschiede bedingt. Bei einem exemplarischen Vergleich zweier Springer mit je drei Versuchen ist feststellbar, daß der bessere Springer trotz einer um ca. 0.6 m/s geringeren Abflugeschwindigkeit nach 20 m Flug einen um durchschnittlich 60 cm höheren Luftstand aufweist. Dieser Höhenunterschied schlägt sich in einer durchschnittlichen Weitendifferenz von 10 m nieder.

Kenn	Merkmal	Dim	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$	max	min	$\Delta f$
$y_{s4}$	y-Koord. d. Sprunggelenkp.	m	-4.08	0.18	-3.73	-4.42	0.023
$\rho'_4$	Pr. Winkel Körperachse-Ski	°	18	4	24	12	1.0
$\alpha'_4$	Projizierter Ski-Anstellwinkel	°	31	5	42	18	1.5
$\psi_4$	Skiöffnungswinkel	°	21	6	32	11	0.9

Tab. 09: Kinematische Merkmale zum Zeitpunkt  $t_4$  (20 m nach dem Abflug)

Der Winkel Körperachse-Ski ( $\rho'$ ) verringert sich gegenüber dem Zeitpunkt  $t_3$  um  $10^\circ$  auf  $18 (\pm 4)^\circ$ . Die Werte streuen intraindividuell deutlich weniger als interindividuell.

Der in der Literatur häufig diskutierte Ski-Anstellwinkel in der 'stabilen' Flugposition beträgt in der vorliegenden Untersuchung  $31 (\pm 5)^\circ$ , weist aber mit einer Schwankungsbreite von  $24^\circ$  große Unterschiede innerhalb der untersuchten Stichprobe auf. Springerintern betragen die Standardabweichungen zwischen  $1.2^\circ$  und  $5.6^\circ$ .

Der Skiöffnungswinkel vergrößert sich nach 20 m Flug auf durchschnittlich  $21^\circ$  und weist mit  $6^\circ$  eine vorwiegend interindividuell bedingte sehr große Standardabweichung auf. Unberücksichtigt bleibt bezüglich dieses Parameters die von den Springern unterschiedlich durchgeführte Art der Skiöffnung. Während einzelne Probanden mit sehr breiter Skiführung fliegen, wodurch der Skiöffnungswinkel zwangsläufig klein bleibt, überkreuzen andere Springer die Skienden und erreichen somit einen großen Skiöffnungswinkel.

Legt man die umfassende Untersuchung von BAUMANN (1979) und die eigene Untersuchung zum Vergleich zwischen klassischer Sprungtechnik und V-Technik zugrunde, kann man zusammenfassend die Flugpositionen so charakterisieren, daß das System Springer-Ski durch die V-Technik geschlossener ist. Dies zeigt sich durch einen größeren Hüftwinkel ( $+14^\circ$ ) und einen kleineren Winkel zwischen Unterschenkel und Ski ( $-5^\circ$ ). Zum besten Merkmal zur Charakterisierung der 'Kompaktheit' des Springer-Ski-Systems, dem Winkel zwischen Körperachse und Ski, sind keine vergleichbaren Untersuchungsergebnisse für die klassische Sprungtechnik bekannt.

#### Seitigkeitsmerkmale

Der Seitigkeitsaspekt im Skispringen ist bislang kaum diskutiert worden. Lediglich zur Präferenz der Seitneigung der Skier während der Flugphase bei der klassischen Flugtechnik liegen von OBERBECK (1989, 158) Angaben vor.

In einer auf symmetrische Bewegungsausführung ausgerichteten Sportart ist es in besonderem Maße notwendig, Merkmalsausprägungen der linken und rechten Körperseite zu untersuchen und gegenüberzustellen. Dreidimensionale Auswertungen ermöglichen eine differenzierte Betrachtung der Seitigkeitsausprägungen.

Im folgenden wird exemplarisch auf ein Wegmerkmal und ausgewählte Winkelmerkmale in verschiedenen Bewegungsphasen eingegangen (Tab. 10). Als Maß zur Bestimmung der Lateralitätsunterschiede wird die absolute Differenz der Merkmalsausprägungen links und rechts gewählt.

Die durchschnittlichen Rechts-Links-Differenzen der Abflugposition in Horizontalrichtung, wobei als Merkmal die Differenz der x-Koordinaten der beiden Sprunggelenkpunkte dient, betragen 4.8 cm. Zusammen mit der maximalen Differenz von 13.6 cm und der Standardabweichung wird deutlich, daß ein Großteil der Springer die Sprünge nicht achsenparallel ausführt. In dieser Ausprägung ist das Ergebnis doch erstaunlich und sollte Trainern und Springern Anlaß geben, die Sprünge hinsichtlich dieses Faktors genauer zu betrachten, da ein achsenparalleler Absprung zweifellos als Qualitätsmerkmal der Absprungbewegung gelten kann.

Bezüglich des Knie- und Hüftwinkels beim Abflug zeigen sich keine erheblichen Seitigkeitsunterschiede. Die festgestellten Rechts-Links-Abweichungen sind vor allem

auf die oben erwähnte unterschiedliche Abflugstellung der Füße zurückzuführen. So sind die maximalen Differenzen von 4,1° (Kniewinkel) bzw. 8,9° (Hüftwinkel) bei jenem Versuch festgestellt worden, bei dem auch die x-Koordinaten der Sprunggelenkpunkte maximal differieren.

Kenn	Merkmal	Dim	Merkmalsauspräg. re/li			Absolute Differenzen		
			$\bar{x}$	$s\bar{x}$	max min	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	max min
$x_{sre2}$	X-Koord. SG re	cm	-1.6	2.7	5.9	-6.8		
$x_{sli2}$	X-Koord. SG li	cm	1.6	2.7	6.8	-5.9	4.8	4.1 13.6 0.4
$k_{re2}$	Kniewinkel re	°	135.3	5.6	151.2	123.8		
$k_{li2}$	Kniewinkel li	°	135.6	5.7	152.3	124.3	1.4	1.1 4.1 0.1
$\lambda_{re2}$	Hüftwinkel re	°	100.0	7.6	115.6	82.7		
$\lambda_{li2}$	Hüftwinkel li	°	98.5	6.7	119.7	84.8	2.4	2.6 8.9 0.1
$\sigma_{re2}$	Schulterw. re	°	28.6	7.9	47.6	19.3		
$\sigma_{li2}$	Schulterw. li	°	32.5	8.8	49.8	16.2	4.5	4.4 16.1 0.2
$\epsilon_{re2}$	Ellbogenw. re	°	157.6	8.3	166.3	136.6		
$\epsilon_{li2}$	Ellbogenw. li	°	160.5	11.2	175.0	131.3	5.4	3.0 11.5 0.5
$\mu_{re}''_2$	Proj. US-Ski re	°	-3.3	2.2	0.1	-7.4		
$\mu_{li}''_2$	Proj. US-Ski li	°	5.8	6.6	19.8	-2.5	5.4	3.9 14.7 0.3
$\beta_{re}''_4$	Proj. Ski-X re	°	12.1	4.8	24.3	4.6		
$\beta_{li}''_4$	Proj. Ski-X li	°	13.5	5.3	27.8	5.3	5.1	4.2 16.5 0.7
$\beta_{re}''_4$	Proj. Ski-X re	°	11.6	5.0	21.3	3.6		
$\beta_{li}''_4$	Proj. Ski-X li	°	-9.8	4.8	-2.9	-24.8	5.9	4.5 18.4 0.1

Tab. 10: Merkmale zur Seitigkeitsbestimmung

Erheblich größer sind die Seitigkeitsunterschiede bei den oberen Extremitäten. Die durchschnittlichen Differenzen von 4,5° (Schulterwinkel) bzw. 5,4° (Ellbogenwinkel) sind auf abweichende Armpositionen, die schon während der Anfahrt eingenommen werden, und daraus resultierende unterschiedliche Arm-einsätze während des Absprungs erklärbar.

Über die Valgus-Stellung des Unterschenkels beim Abflug gibt die Projektion des Winkels Unterschenkel-Ski auf die xz-Ebene ( $\mu''$ ) Auskunft. Aus den Werten in Tab. 11 wird die Valgus-Stellung beim Abflug bei fast allen Versuchen erkennbar. Sowohl der maximale Winkel  $\mu''$  von knapp 20° als auch die Rechts-Links-Unterschiede mit einem Mittelwert von 5,4° und einem Maximum von 14,7° sind erstaunlich hoch.

Den Stellungen der Skier während der Flugphase sollte besondere Beachtung geschenkt werden, da eine asymmetrische Skiführung zusätzliche Turbulenzen hervorrufen und somit die Sprungweite negativ beeinflussen kann. Die Seitigkeitsunterschiede bezüglich des auf die Vertikalebene projizierten Winkels Horizontale-Ski betragen durchschnittlich 5,1° und erreichen bei einem Versuch ein Maximum von 16,5°. Die Projektion dieses Winkels auf die Horizontalebene repräsentiert den einseitigen Skiöffnungswinkel. Die Rechts-Links-Differenzen bezüglich dieses Merkmals sind mit durchschnittlich 5,9° und einem Maximum

einflüsse und nicht zuletzt die vom Springer bewußt eingenommene asymmetrische Flughaltung sind als Ursache für diese großen Abweichungen zu nennen.

3.1.2. Technikbeschreibung nach dynamischen Merkmalen

Verlaufsdarstellungen

Kraft-Zeit-Verläufe

In Abb. 10 sind der Mittelwert- und Standardabweichungsverlauf der gemessenen relativen Kräfte von 22 Sprüngen im untersuchten Bewegungsabschnitt dargestellt. Die Bewegungsphasen Anfahrt im geraden Teil und im Übergangsbogen, Absprung, Übergangsphase, Flug, Landevorbereitung und Landung sind darin deutlich erkennbar.

Im geraden Teil der Anfahrt sind die Kraftwerte nahezu konstant und weisen im Mittel einen Wert von 66 ( $\pm 5$ ) %KG auf. Im geraden Teil der Anfahrt liegen die gemessenen Kräfte, bedingt durch die Teilableitung der Kräfte über den Schuhkraft, den Auftrieb (nach BAUMANN 1979, 77 ca. 40 N) und aufgrund des systematischen Fehlers des Meßsystems, um ca. 20 % unterhalb der erwarteten Normalkraft.

Durchschnittlich 2 s vor dem Abflug fahren die Springer in den Übergangsbogen ein, wodurch sich die Bodenreaktionskräfte aufgrund der auftretenden Zentrifugalkraft deutlich erhöhen. Bis zur Ausfahrt aus dem Übergangsbogen nehmen die Bodenreaktionskräfte bis auf einen Wert von ca. 160 %KG zu. Die Schwankungen im Mittelwertverlauf und die höheren Streuungen lassen darauf schließen, daß es sich bei der Fahrt im Übergangsbogen um eine sehr sensible Phase handelt.

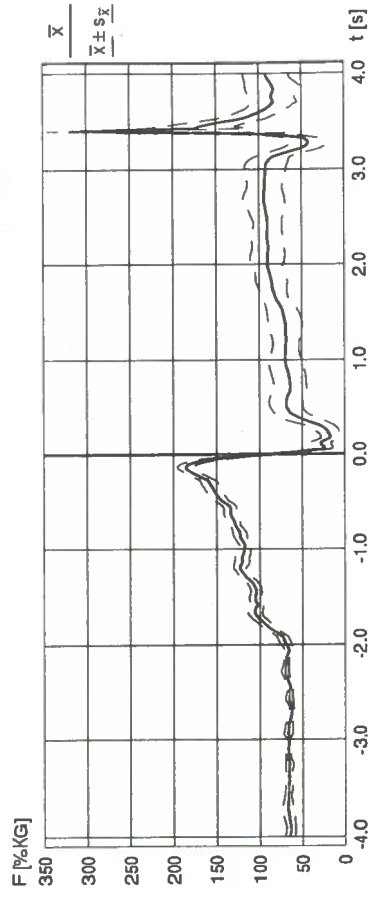


Abb. 10: Kraft-Zeit-Verlauf der relativen Gesamtkraft (Zeitpunkt t = 0: Abflug)

Obwohl die Zentrifugalkraft durch die Einfahrt in den geraden Teil des Schanzentisches ( $t = -0.26$ ) verschwindet, steigen die Bodenreaktionskräfte, bedingt durch die Absprungbewegung, weiter an und erreichen das Maximum von durchschnittlich 183 ( $\pm 8$ ) %KG zum Zeitpunkt  $t = -0.136$  s. Anschließend nehmen die Kräfte schnell ab und erreichen zum Zeitpunkt  $t = 0.18$  s das Minimum von 18 %KG.

Bei der Übergangsphase handelt es sich um einen sehr sensiblen Bewegungsabschnitt, weil der Übergang vom Absprung in den 'stabilen' Flug optimal schnell realisiert werden muß.

Die Stabilisierung der Kräfte etwa 0.5 s nach dem Abflug fällt zeitlich mit der Stabilisierung des Winkels zwischen Unterschenkel und Ski zusammen (Abb. 04). Ab diesem Zeitpunkt erhöhen sich die gemessenen Kräfte nur mehr geringfügig. Diese Kraftvergrößerung mit Zunahme der Flugdauer ist durch die Vergrößerung des Skianstellwinkels erklärbar. Inwieweit die Bahngeschwindigkeit Einfluß auf dieses Merkmal nimmt, kann nicht beurteilt werden. Die hohen Standardabweichungen verdeutlichen die großen interindividuellen Unterschiede in dieser Phase. Die gemessenen Kräfte an der Fußsole werden einerseits durch den Luftwiderstand und andererseits durch die Schubleistung verursacht. Da der Anteil dieser beiden Komponenten nicht bestimmt werden kann, werden die Kräfte in dieser Phase auch nicht weiter interpretiert.

Etwa 0.3 s vor der Landung beginnt die Landevorbereitung, die sich durch eine deutliche Entlastung der Sohlenkräfte zeigt. In der Landevorbereitung verringern sich die Kräfte gegenüber dem Ende der Flugphase auf etwa 50%. Die allmähliche Verringerung des Ski-Anstellwinkels und der Schubleistung bewirken diesen Kraftverlauf.

Wegen der geringen Abtastfrequenz kann über die Landung keine quantitative Aussage gemacht werden. Aus dem Kraft-Zeit-Verlauf ist allerdings zu erkennen, daß die Impakt-Kräfte nur sehr kurze Zeit wirken.

Von den 22 Kraft-Zeit-Verläufen werden zwei Beispiele exemplarisch herausgegriffen und diskutiert. Sowohl von der Bewegungsausführung als auch von der Weite ist der Versuch A4-2 einer der besten (103 m) und A1-1 einer der schlechtesten (75 m) innerhalb der untersuchten Stichprobe (Abb. 11).

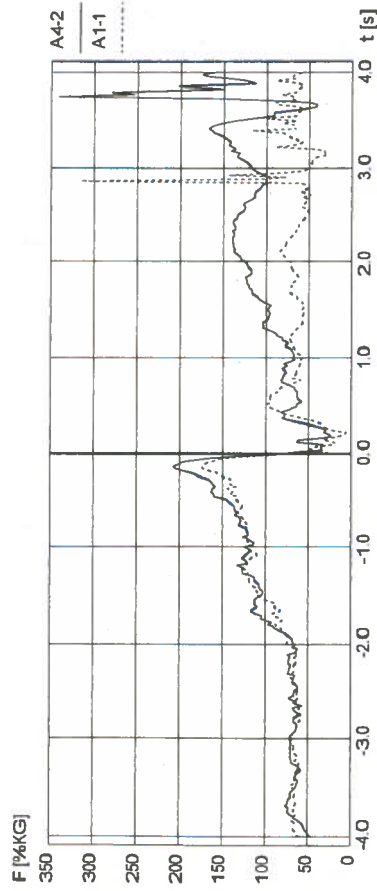


Abb. 11: Kraft-Zeit-Verläufe der Versuche A1-1 und A4-2

Im geraden Teil der Anfahrt zeigen sich zwischen den beiden Versuchen keine nennenswerten Unterschiede. Bei der Einfahrt in den Übergangsbogen erhöhen sich bei Springer A4 die Kräfte schneller und stärker, schwanken aber im ersten Teil des Übergangsbogens auch stärker als bei Springer A1. Im zweiten Teil des Übergangsbogens sind die Kraftwerte wieder sehr ähnlich. Große Unterschiede zeigen sich bezüglich der Absprungvorbereitung und des Absprungs. Etwa 0.6 s vor dem Abflug

nehmen die Kraftwerte beim Springer A4 deutlich stärker zu und liegen bis zum Abflug etwa 20 % höher als bei Proband A1. Bezogen auf den relativen Kraftnullpunkt beträgt die Differenz bezüglich des Kraftmaximums 45 %. Die Kräfte im Fersenbereich unmittelbar nach dem Abflug sind bei Springer A4 deutlicher ausgeprägt, wodurch die Übergangsphase verkürzt wird. Proband A4 realisiert im zweiten Teil der Flugphase deutlich höhere Kräfte und zeigt eine ausgeprägte Landevorbereitung, während Springer A1, möglicherweise bedingt durch eine schlechte Flugposition, den Sprung zur Landung hin 'abreißt'. Der Weitenunterschied wird durch die Differenz des zeitlichen Auftretens der Kraftmaxima deutlich erkennbar.

#### Teilkraft-Zeit-Verläufe

Die Mittelwerte der Teilkraftverläufe links und rechts sind in Abb. 12 dargestellt. Erwartungsgemäß ist eine starke Ausgeglichenheit sowohl im Verlauf als auch in der Höhe der auftretenden Kräfte in allen Phasen erkennbar, sodaß diese beiden Verlaufskurven tendenziell dem Gesamtkraftverlauf weitgehend entsprechen.

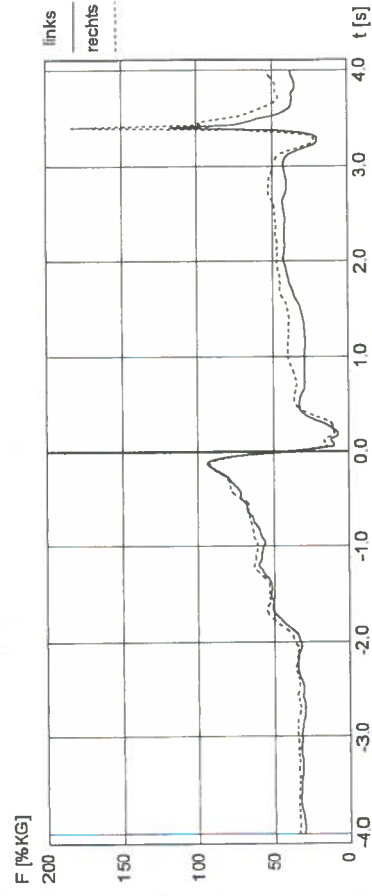


Abb. 12: Kraft-Zeit-Verläufe der relativen Kräfte rechts und links

Interessant ist die Kraftverteilung auf den Vorfuß- und Fersenbereich (Abb. 13). Im geraden Teil der Anfahrt ist eine stärkere Belastung im Fersenbereich erkennbar. Mit der Einfahrt in den Übergangsbogen steigen die Kräfte in beiden Teilzonen an, wobei eine deutlich stärkere Zunahme im Vorfußbereich erfolgt. Während die Kraft im hinteren Teil des Fußes bis zum Absprung nur geringfügig zunimmt, steigt sie im Bereich des Vorfußes auf mehr als 120 %KG an. Die Kraftzunahme unmittelbar nach dem Abflug ist darauf zurückzuführen, daß der Springer durch eine Dorsalflexion im Sprunggelenk das Heranführen der Skier zum Körper einleitet. Diese Bewegung erzeugt Kräfte im Fersenbereich, die bei fast allen Sprüngen deutlich erkennbar sind. Nach dieser Bewegung, die 0.2 s nach dem Abflug abgeschlossen ist, verteilt sich die Kraft fast ausschließlich auf den Vorfuß. Erst unmittelbar vor der Landung treten im Fersenbereich wieder Kräfte auf.

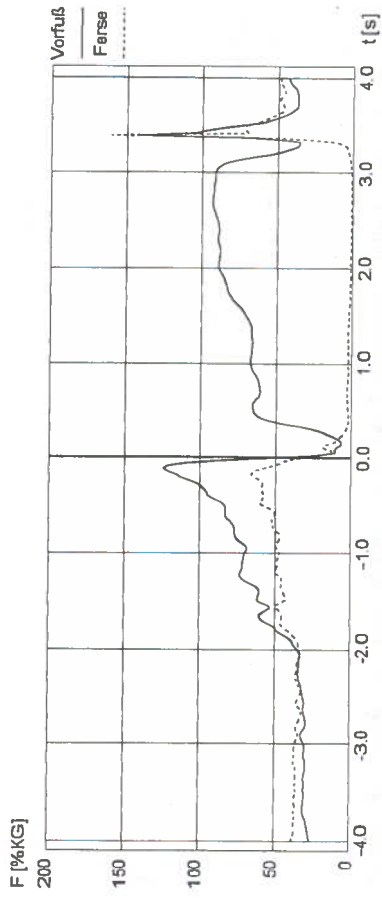


Abb. 13: Kraft-Zeit-Verläufe der relativen Kräfte im Vorfuß- und Fersenbereich

Ein weiterer Aspekt ist die Kraftverteilung bezüglich der Fußinnen- und Fußaußenseite (Abb. 14). Vor allem durch die stärkere Belastung des Ballens liegen während der Anfahrts- und Absprunghase die Kraftwerte auf der Innenseite nahezu konstant um 30 % höher als auf der Außenseite.

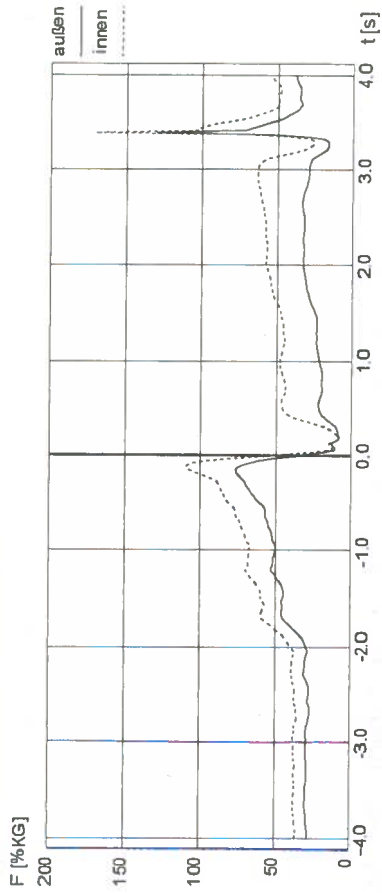


Abb. 14: Kraft-Zeit-Verläufe der relativen Kräfte außen und innen

Bedingt durch die V-Technik werden in der Flugphase die Fußinnenseiten etwa dreimal so stark belastet wie die Fußaußenseiten. Bei der Landung liegt die Belastung der Innenseite ebenfalls ca. 30 % über jener der Außenseite.

#### ARK-Zeit-Verläufe

#### ARKx-Verläufe

Die Veränderungen des Angriffspunkts der resultierenden Kraft in x-Richtung (ARKx) sind für die untersuchte Stichprobe in Abb. 15 durch Mittelwert- und Standardabweichungsverlauf dargestellt.

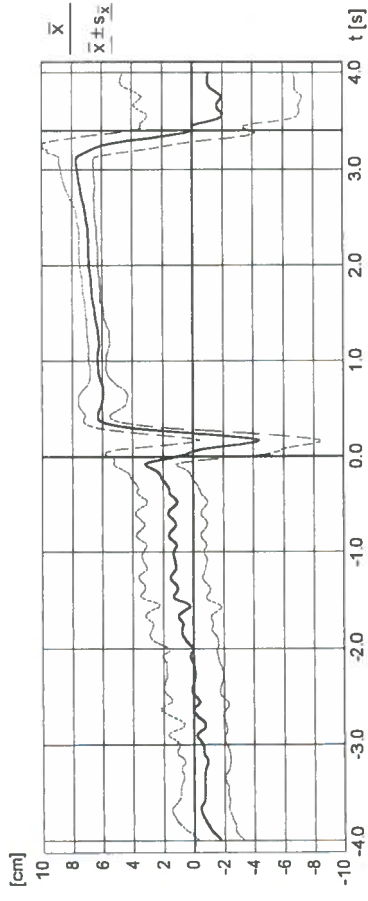


Abb. 15: Verlauf des Angriffspunkts der resultierenden Kraft in x-Richtung (ARKx)

Vom Beginn der untersuchten Bewegungsphase bis zum Abflug ist bei leichten Schwankungen tendenziell eine kontinuierliche Vorverlagerung des ARK um ca. 5 cm erkennbar. Kurz vor dem Abflug erreicht die x-Koordinate des ARK ein Maximum, verringert sich anschließend sehr rasch und nimmt 0.2 s nach dem Abflug mit -4.5 cm das Minimum an. Nach weiteren 0.2 s vergrößert sich der Wert wieder sehr rasch auf etwa 6 cm und erhöht sich bis zum Ende der Flugphase nur mehr geringfügig. Während der Landevorbereitung verlagert sich der ARKx zurück und erreicht bei der Landung etwa die Zentralposition. Mit Ausnahme der Flugphase sind die Standardabweichungen sehr hoch, was auf unterschiedliche Realisierungen der Kraftverteilung in x-Richtung hinweist.

Die ARKx-Verläufe zweier Versuche sind in Abb. 16 dargestellt. Darin sind die unterschiedlichen Positionen während der Anfahrt deutlich erkennbar. Proband B3 belastet wesentlich stärker den Vorfußbereich und zeigt erheblich größere Schwankungen während der gesamten Anfahrt als Springer A4. Keiner der beiden Springer zeigt im Übergangsbogen eine Vorverlagerung des ARK. Während des Absprungs verlagert Springer B3 im Vergleich zu Proband A4 den ARK sehr weit nach vorne. Beiden Springern gemeinsam ist die Verlagerung der Belastung in den Fersenbereich im ersten Teil der Übergangsphase und das langsame 'Herantasten' an die stabile Position, die beide Probanden ca. 1.3 s nach dem Abflug erreichen. Die Vergrößerung des ARKx-Wertes zu Beginn der Landevorbereitung bei Springer A4 wird durch die Vorbereitung auf die Telemark-Landung hervorgerufen. Durch die stärkere Belastung im Fersenbereich des vorderen Beines bei der Telemark-Landung verringert sich der ARKx-Wert sehr rasch. Eine geringe Rückverlagerung des ARK während der Landungsvorbereitung ist bei Proband B3 erkennbar. Nach der Landung mit paralleler Skiführung bleibt der Springer in starker Vorlage.

Es fällt auf, daß dieses Bewegungsmuster springerintern äußerst stabil ist. Ein Beispiel wird in Abb. 17 gegeben.

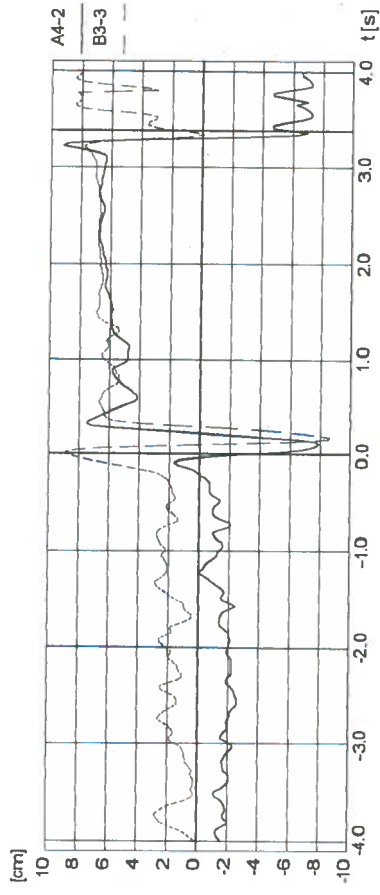


Abb. 16: ARKx-Verläufe der Versuche A4-2 und B3-3

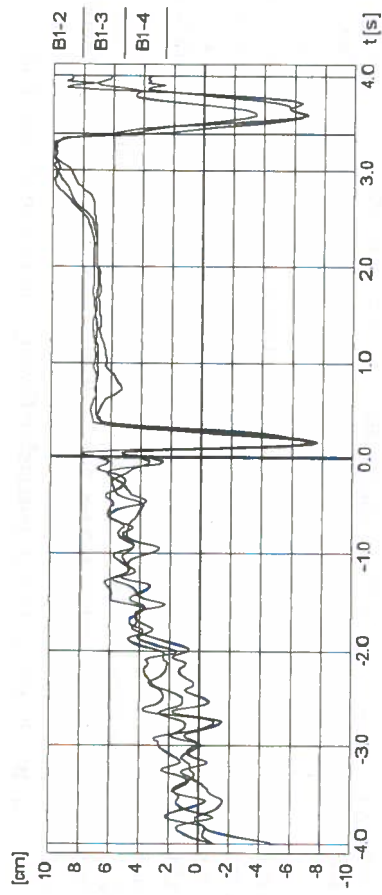


Abb. 17: ARKx-Verläufe des Probanden B1 bei jeweils drei Versuchen

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das springerinterne Bewegungsmuster bezüglich des ARKx-Verlaufes sehr stabil ist, die interindividuellen Unterschiede zum Teil aber sehr groß sind.

#### ARKz-Verläufe

Die ARK-Verläufe in z-Richtung (ARKz) beschreiben die Verschiebungen des Systemschwerpunkts in seitlicher Richtung. Erwähnenswert ist, daß sich hier in ähnlicher Weise springerspezifische Verlaufsmuster wie beim ARK in x-Richtung zeigen. Auch in der sensiblen Flugphase sind die intraindividuellen Unterschiede kaum stärker als in der Anfahrts- und Absprunghase.

#### Zeitpunkt- und Phasendarstellungen

##### Dynamische Merkmale während der Anfahrt

Bezogen auf das Körpergewicht erreichen die Springer eine Bodenreaktionskraft in vertikaler Richtung von durchschnittlich 66 % (Tab. 11). Der theoretische Wert von 82 %KG, der sich aus der Neigung der Anfahrtskurve im geraden Teil der Anfahrt ergibt,

wird deutlich unterschritten. Als Gründe dafür sind die Teilableitung der Vertikalkräfte über den vorderen Teil des Schuhsohles, der Auftrieb und der systematische Fehler des Meßsystems zu nennen.

Kenn	Merkmal	Dim	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$	max	min	$\Delta f$
$\bar{F}^*_{An}$	Mittl. relative Kraft (Anfahrt)	%KG	66	1	68	63	0.8*
$s_{\bar{F}}$	Standardabweichung dazu	%KG	5	2	8	2	
$\bar{A}x_{An}$	Mittl. ARKx (Anfahrt)	cm	-0.5	1.6	1.7	-4.0	
$s_{\bar{A}}$	Standardabweichung dazu	cm	0.7	0.5	2.1	0.2	

Tab. 11: Dynamische Merkmale während der Anfahrt

Die Standardabweichung der Kraftwerte im geraden Teil der Anfahrt innerhalb eines Versuchs ist ein Maß für die Belastungsschwankungen in dieser Phase. Im Durchschnitt betragen diese Standardabweichungen in der untersuchten Stichprobe 5 %KG, die Variationsbreite reicht von 2 %KG bis 8 %KG. Intraindividuell streuen die Werte deutlich weniger als interindividuell.

Im geraden Teil der Anfahrt liegt der Angriffspunkt der resultierenden Kraft in Fortbewegungsrichtung (ARKx) durchschnittlich 0.5 cm hinter der Fußmitte. Die Standardabweichung von 1.6 cm und die Streubreite von 5.7 cm zeigen eine große Variation bezüglich dieses Merkmals. Sie ist vor allem auf unterschiedliche Anfahrtspositionen der einzelnen Springer zurückzuführen, denn die springerinternen Standardabweichungen betragen maximal 0.6 cm.

Die Standardabweichungen des ARKz während der Anfahrt innerhalb eines Versuches sind ein Maß für die Schwankungen vor-rück in der Anfahrtsposition. Sie betragen im Durchschnitt 0.7 ( $\pm 0.5$ ) cm. Die geringen intraindividuellen Schwankungen deuten auf ein springerspezifisches Merkmal hin.

##### Dynamische Merkmale während des Absprungs und beim Abflug

In der Literatur häufig diskutierte Merkmale sind die Maximalkraft während des Absprungs und der Zeitpunkt ihres Auftretens. Die Springer der untersuchten Stichprobe erreichen relative Kraftwerte von durchschnittlich 189 ( $\pm 10$ ) %KG (Tab. 12). Die intraindividuellen Schwankungen bezüglich dieses Merkmals sind zum Teil wesentlich geringer als die interindividuellen, was aus den springerinternen Streuungen zwischen 2 %KG und 7 %KG zu entnehmen ist.

Kenn	Merkmal	Dim	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$	max	min	$\Delta f$
$F^*_{max}$	Rel. Max. Kraft w. d. Abspr.	%KG	189	10	207	170	4.0*
$Ax_2$	Verlagerung d. ARKx b. Ab.	cm	1.0	2.0	5.3	-2.4	
$vn_2$	Dynam. best. Abfluggeschw.	m/s	1.91	0.13	2.18	1.49	.05*

Tab. 12: Dynamische Merkmale während der Absprungs

Die Maximalkraft während des Absprungs war Gegenstand einer Reihe empirischer Untersuchungen. Die Ermittlung dieses Merkmals erfolgte dabei mit Hilfe von Kraftmeßplatten, die in den Schanzentisch eingebaut wurden. Tab. 13 zeigt zusammenfassend ausgewählte Untersuchungsergebnisse im Vergleich zu jenen der eigenen Untersuchung. Die in der Literatur angeführten relativen Maximalkraftwerte schwanken zwischen 225 %KG und 273 %KG. Sie liegen damit zum Teil erheblich über jenen der eigenen Untersuchung. Der systematische Fehler des für die eigenen Messungen verwendeten Meßsystems reduziert die Differenzen zwar deutlich, kann aber die Unterschiede nicht restlos auflösen.

Die bei SOBOTKA/KASTNER (1977), KASTNER (1981) und VIRMIVIRTA KOMI (1989 u. 1993) diskutierte Zweigipfligkeit im Kraftverlauf während des Absprungs ist in der eigenen Untersuchung nicht feststellbar. VIRMIVIRTA KOMI weisen in beiden Untersuchungen nach, daß das erste lokale Kraftmaximum durchschnittlich etwas höher ist als das zweite.

Merkmal	Dim	VAVERKA (1987)	VAVERKA (1987)	VIRMIVIRTA KOMI (1989)	VIRMIVIRTA KOMI (1993)	SCHWAM-EDER (1995)
Jahr d. US		1980	1982	1988	1988	1992
n		41	48	112	9	22
F <sup>*</sup> <sub>max1</sub>	%KG	234*	273*	229*	225	189
F <sup>*</sup> <sub>max2</sub>	%KG			215*	216	

\* diese Daten wurden aus den Mittelwertangaben angeführter Referenzgrößen errechnet

Tab. 13: Maximalkraftwerte nach Untersuchungen verschiedener Autoren

Die Verlagerung des Angriffspunkts der resultierenden Kräfte in Fortbewegungsrichtung vom Beginn bis zum Ende des Absprungs (Tab. 12) ist ein springerspezifisches Charakteristikum. Sechs Springer führen während des Absprungs bei allen Versuchen eine Vorverlagerung, ein Springer durchwegs eine Rückverlagerung des Angriffspunkts aus. Ein Springer verlagert den Angriffspunkt bei drei Versuchen zurück und bei einem geringfügig nach vor. Im Durchschnitt beträgt die Verlagerung 1.0 (± 2.0) cm, die Extremwerte liegen bei 5.3 cm bzw. -2.4 cm.

Die Abfluggeschwindigkeit des Systemschwerpunkts normal zum Schanzentisch (mit Hilfe des Kraftstoßes bestimmt) beträgt für die untersuchte Stichprobe bei einer Standardabweichung von 0.13 m/s im Durchschnitt 1.91 m/s und ist damit vergleichbar mit den Untersuchungsergebnissen von VAVERKA (1987, 171), der für eine Stichprobe von 48 Springern eine mit Hilfe dynamischer Methoden bestimmte Abfluggeschwindigkeit von 1.92 (±0.29) m/s angibt.

### 3.1.3. Drehmomente und Drehimpulse in der Anfahrts- und Absprungsphase

In der untersuchten Phase der Anfahrts- und während des Absprungs erzeugen alle Springer vorwärtsdrehende Drehmomente (Abb. 18). In der Phase vor dem Absprung liegen die Mittelwerte zwischen 30 Nm und 40 Nm. Durch eine vorgeneigte Körperposition gleichen die Springer offensichtlich die durch die Luftkräfte auf den Körper wirkenden rückwärtsdrehenden Drehmomente aus. Während des Absprungs erhöhen

sich die mittleren Drehmomente bis zum Zeitpunkt  $t = -0.04$  s auf 90 Nm und fallen bis zum Abflug wieder ab. Die Drehmomentänderungen sind sowohl durch Veränderungen der Bodenreaktionskräfte als auch durch Änderung des Wirkabstandes bedingt. Die Standardabweichungen liegen in Abhängigkeit von der Mittelwertgröße zwischen 10 Nm und 20 Nm, wobei die intraindividuellen Schwankungen deutlich unterhalb der interindividuellen liegen.

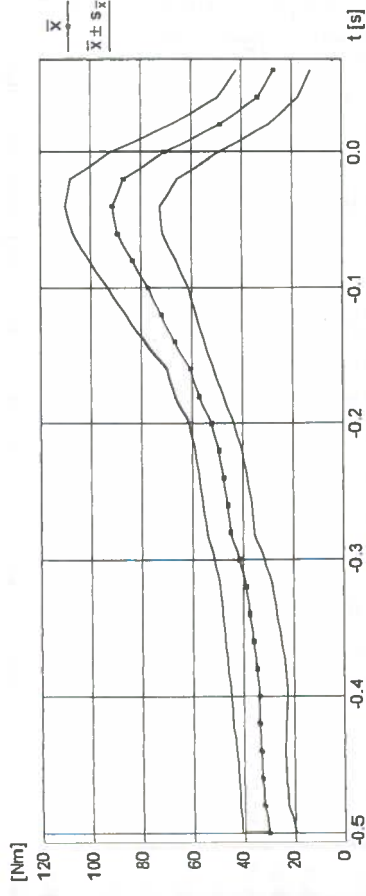


Abb. 18: Verlauf der Drehmomente in der Anfahrts- und Absprungsphase

Die Merkmale zum Bereich der Drehmomente während des Absprungs sind in Tab. 14 zusammenfassend dargestellt. Das mittlere Drehmoment während des Absprungs beträgt in der untersuchten Stichprobe  $66 (\pm 10)$  Nm. Die Streubreite ist mit dem Maximum von 126 Nm und dem Minimum von 62 Nm sehr groß.

Kennmerkmal	Dim	$\bar{x}$	$s_{\bar{x}}$	max	min	$\Delta f$	
M <sub>Ab</sub>	Mittl. Drehmoment (Abspr.)	Nm	66	10	87	51	7.2
L <sub>2</sub>	Drehimpuls beim Abflug	Nms	19	3	26	15	1.3

Tab. 14: Merkmale bezüglich der Drehmomente

Der Drehimpuls beim Absprung beträgt für die untersuchte Stichprobe im Durchschnitt  $19 (\pm 3)$  Nms. HOCHMUTH (1958/59, 43) berechnet den Drehimpuls als Produkt aus Trägheitsmoment und Winkelgeschwindigkeit und gibt einen Wert von 20.6 Nms an. Die eigenen Untersuchungsergebnisse fügen sich auch in jene von KASTNER (1981, 56) gut ein, der aufgrund kinematischer und dynamischer Messungen als Drehimpuls beim Abflug Werte zwischen 18 Nms und 23 Nms angibt. Bezüglich des zeitlichen Erreichens der maximalen Drehmomente liegt ebenfalls weitgehend Übereinstimmung vor.

### 3.2. Technikanalyse nach biomechanischen Merkmalen

Aufgrund der möglichen Abhängigkeit und dem Zusammenwirken der kinematisch und dynamisch erhobenen Merkmale werden für die analytische Datenbearbeitung alle ausgewählten Variablen gemeinsam und in ihrem Zusammenwirken betrachtet und

diskutiert. Wie bei der deskriptiven Darstellung der Ergebnisse werden alle Versuche für die statistische Analyse berücksichtigt.

#### Datenstrukturierung

Zum Aufzeigen der Struktur des erhobenen Datenmaterials gehen in die Faktorenanalyse insgesamt 63 Variable ein. Dabei sind 11 Faktoren mit einem Eigenwert größer als 1 extrahiert worden. Die Bezeichnung der Faktoren, die den jeweiligen Faktor am besten repräsentierende Variable (Faktorvariable), die Anteile und kumulierten Anteile der erklärenden Ausgangsvarianz sind in Tab. 15 zusammenfassend dargestellt.

Faktor	Bezeichnung	Variable	% Var.	kumul.
F 1	Geschwindigkeit am Schanzentisch	v <sub>1</sub>	26.2	26.2
F 2	Absprunggeschwindigkeit	vn <sub>2</sub>	17.0	43.2
F 3	Kompaktheit des Springer-Ski-Systems im Flug	p <sub>4</sub>	13.5	56.7
F 4	Geschwindigkeit der Beinsteuerung	ω <sub>Kmax</sub>	8.6	65.3
F 5	Absprunghöhe	δ <sub>3</sub>	8.1	73.4
F 6	Drehmoment und Drehimpuls	M* <sub>Ab</sub>	5.4	78.8
F 7	Seitigkeit bezüglich Kraftverteilung	A <sub>ZAb</sub>	4.7	83.5
F 8	Sprunggelenkposition während des Absprungs	ω <sub>μ<sub>2</sub></sub>	3.4	86.9
F 9	Flugposition	p <sub>3</sub>	3.1	90.0
F 10	Auftreten des Kraftmaximums beim Absprung	t <sub>Fmax</sub>	2.7	92.7
F 11	Absprungkraft	F* <sub>Ab</sub>	2.0	94.7

Tab. 15: Bezeichnung der extrahierten Faktoren mit ihren prozentualen Anteilen der Ausgangsvarianzerklärung

Es fällt auf, daß nur wenige dynamisch erhobene Merkmale mit hohen Ladungen einem Faktor zugeordnet werden. Es sind zwar weniger dynamische Merkmale unter den Ausgangsvariablen, innerhalb der extrahierten Faktoren sind sie allerdings deutlich unterrepräsentiert. Vor allem für die mittleren relativen Kraftwerte, die ARKz-Merkmale und ihre Standardabweichungen in ausgewählten Phasen hätte man eine Faktorextraktion erwartet. Dieses Ergebnis könnte ein Hinweis dafür sein, daß mit dem zugrundeliegenden Meßsystem die Merkmale nicht exakt genug bestimmbar sind.

#### Ermittlung leistungsbestimmender Merkmale

Zur Ermittlung leistungsbestimmender Merkmale gehen die 11 Faktorvariablen als unabhängige Variablen und die Sprungweite als abhängige Kriteriumsvariable in die multiple Regressionsrechnung ein. Die Ergebnisse sind in Tab. 16 zusammengefaßt.

Kenn.	Bezeichnung	b <sub>i</sub>	β <sub>i</sub>	t	p(t)
vn <sub>2</sub>	Geschwindigkeit normal z. Schanzentisch	22.67	0.408	3.33	0.004 **
M* <sub>Ab</sub>	Mittleres Drehmoment relativ zum KG	251.36	0.398	3.31	0.004 **
p <sub>4</sub>	Körperachse-Ski-Winkel	-0.77	-0.359	-3.03	0.008 **
ω <sub>Kmax</sub>	Maximale Kniewinkelgeschwindigkeit	0.06	0.292	2.36	0.031 *
const.		4.51			

Tab. 16: Ergebnisse der schrittweisen multiplen Regressionsanalyse (b<sub>i</sub>: Regressionskoeffizienten, β<sub>i</sub>: Beta-Gewichte, t: t-Werte)

Die Variablen 'Abfluggeschwindigkeit normal zum Schanzentisch', 'mittleres relatives Drehmoment während des Absprungs' und 'Körperachse-Ski-Winkel zum Zeitpunkt t<sub>4</sub>' zeigen einen stark signifikanten und die Variable 'maximale Kniewinkelgeschwindigkeit während des Absprungs' einen signifikanten Einfluß auf die Sprungweite.

Der multiple Korrelationskoeffizient r<sub>m</sub> beträgt 0.886. Das Bestimmtheitsmaß liefert das Ergebnis, daß 78.6 % der gesamten Streuung auf die durch die Regressionsfunktion erfaßten Einflüsse zurückgeführt werden können. Das Bestimmtheitsmaß erweitert sich mit einem F-Wert von 15.6 hoch signifikant von null verschieden, sodaß die Brauchbarkeit der Regressionsfunktion hinreichend nachgewiesen ist. Multikollinearität und Autokorrelation der unabhängigen Variablen liegen nicht vor.

Durch die multiple Regressionsanalyse ist nachgewiesen, daß eine schnelle Streckbewegung während des Absprungs, charakterisiert durch die Variablen vn<sub>2</sub> und ω<sub>Kmax</sub>, große mittlere Drehmomente relativ zum Körpergewicht während des Absprungs und eine kompakte Flughaltung, repräsentiert durch einen kleinen Winkel zwischen Körperachse und Ski zum Zeitpunkt t<sub>4</sub>, große Sprungweiten bewirken. Das Ergebnis kann dahingehend interpretiert werden, daß eine optimale Verbindung dieser vier leistungsbestimmenden Faktoren die effizienteste Auswirkung auf große Sprungweiten hat. Die Streckbewegung am Schanzentisch sollte zwar sehr schnell erfolgen, dabei muß aber ein hinreichend großer Drehimpuls erzeugt werden, der es erlaubt, schnell in eine gute Flugposition zu kommen, die durch ein kompaktes Springer-Ski-System charakterisiert ist.

Die Tatsache, daß die Geschwindigkeit des SSP zum Zeitpunkt des Abfluges nicht mit dem Leistungskriterium korreliert, kann dadurch begründet werden, daß sie erst in der Verbindung mit einem optimalen Abflugwinkel zu maximalen Sprungweiten führt. Untersuchungen, die dieses Ergebnis bestätigen, liegen von HOCHMUTH (1958/59, 38), KOMINELSON/PULLI (1974, 444) und GISLER/NIGGWASER (1977, 106) vor.

Die Winkelgeschwindigkeit des Unterschenkel-Ski-Winkels beim Abflug stellt aufgrund dieser Untersuchung kein leistungsbestimmendes Kriterium dar. Neben möglichen anderen Faktoren könnte dieses Ergebnis auf grundsätzlich unterschiedliche Absprungtechniken, deren Effizienz unter Trainern und Springern derzeit diskutiert wird, zurückzuführen sein. Eine Gruppe forciert dabei die Absprungbewegung über einen 'fixierten' Unterschenkel und begründet die Effektivität dieser Technik im Erreichen eines größeren Drehmoments durch Vorverlagerung des Oberkörpers, was durch die geringe Gleitreibung zwischen Skiern und Anlaufspur allerdings nur bedingt realisiert werden kann. Die andere Gruppe vertritt die Technikvariante der Kniestreckung mit Dorsalflexion im Sprunggelenk bei gleichzeitiger Fixierung des Oberkörpers und begründet den Vorteil dieser Absprungtechnik mit dem Erzeugen größerer Bodenreaktionskräfte und dem leichteren Erreichen des exakten Absprungtimings. Die Vor- und Nachteile dieser beiden Techniken können auf der Grundlage der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht begründet werden.

Das Absprungtiming als potentieller leistungsbestimmender Faktor kann durch den Kraftmaximumzeitpunkt während des Absprungs aufgrund der geringen Abtastrate nicht hinreichend genau erfaßt werden, sodaß der zufällige Zusammenhang mit der Sprungweite plausibel erscheint.

Die mittlere relative Bodenreaktionskraft während des Absprungs korreliert mit der Sprungweite ebenfalls nur zufällig und ist ein weiterer Hinweis dafür, daß nicht primär die Größe der erzeugten Kraft, sondern im wesentlichen Maß die Abflugrichtung (abhängig von Absprungimpuls, Anfahrtschwindigkeit, Schanzentischneigung, Luftwiderstand, Reibung etc.) für das Erreichen großer Sprungweiten bestimmend ist und unterstreicht damit die Forderung nach Realisierung eines optimalen Abflugwinkels.

#### Gruppenanalyse

Mit Hilfe der multivariaten Varianzanalyse sollen Mittelwertunterschiede zwischen den beiden Kadergruppen bezüglich der 11 Faktorvariablen geprüft werden. Die multivariate Signifikanzprüfung ergibt einen signifikanten Unterschied ( $p = 0.050$ ) zwischen den Kadergruppen bezüglich der Faktorvariablen. Es können daher die univariaten F-Tests herangezogen werden, um die einzelnen Variablen auf Mittelwertunterschiede zu prüfen. In Tab. 17 sind die Ergebnisse der univariaten F-Tests dargestellt. Als zusätzliche Information ist das Ergebnis der Gruppenanalyse bezüglich der Sprungweite angeführt.

Kenn.	Bezeichnung	Dim	A-Kad.	B-Kad.	F	p (F)
v <sub>1</sub>	Geschwindigkeit des SSP	m/s	25.26	25.53	2.44	0.134
v <sub>2</sub>	Geschw. normal zum ST	m/s	2.07	2.07	0.02	0.905
p <sub>4</sub>	Körperachse-Ski-Winkel	°	17.3	19.4	1.91	0.183
ω <sub>Kmax</sub>	Maximale Kriewinkelgeschw.	°/s	504.9	469.9	2.74	0.114
δ <sub>3</sub>	Oberkörper-Anstellwinkel	°	54.6	55.7	0.87	0.363
M* <sub>Ab</sub>	Mittl. Drehmoment rel. zum KG	%Nm/KG	0.106	0.096	7.64	0.012 *
A <sub>Zab</sub>	Mittl. ARKz währ. d. Absprungs	cm	-0.3	0.75	1.04	0.322
ω <sub>β2</sub>	Untersch.-Ski-Winkelgeschw.	°/s	168.2	165.5	0.00	0.957
p <sub>3</sub>	Körperachse-Ski-Winkel	°	25.4	29.4	4.13	0.056 (*)
t <sub>Fmax</sub>	Zeitpunkt von F <sub>max</sub>	s	-0.12	-0.14	3.43	0.080 (*)
F* <sub>Ab</sub>	Mittl. Kraft relativ zum KG	% KG	193	185	7.13	0.015 *
w	Sprungweite	m	95.5	89.2	3.84	0.065 (*)

Tab. 17: Gruppenmittelwerte von A- und B-Kader der Faktorvariablen und der Sprungweite sowie Ergebnisse der F-Tests zur Prüfung von Mittelwertunterschieden

Signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Versuchen der A- und B-Kader-Springer zeigen sich bezüglich der Merkmale 'mittleres relatives Drehmoment während des Absprungs' und 'mittlere relative Kraft während des Absprungs'. In beiden Fällen erreichen die A-Kader-Springer im Durchschnitt höhere Werte.

Dieses Ergebnis zeigt, daß die A-Kader-Springer während des Absprungs signifikant höhere relative Kräfte erzeugen und diese zusätzlich im Sinne des Erreichens eines großen Drehimpulses auch effektiver einsetzen können. Auffallend ist, daß sich die beiden Gruppen bezüglich der ausgewählten Geschwindigkeits- und Winkelmerkmale nicht signifikant unterscheiden. Eine Ausnahme bildet der Winkel zwischen Körperachse und Ski zum Zeitpunkt t<sub>3</sub>, bei dem sich zwischen den Kadergruppen ein fast signifikanter Unterschied dahingehend zeigt, daß die A-Kader-Springer schon nach 10 m Flug eine kompaktere Flughaltung einnehmen.

Ein fast signifikanter Unterschied zeigt sich bezüglich der Variable 'zeitliches Auftreten des Kraftmaximums während des Absprungs' dahingehend, daß die B-Kader-Springer das Kraftmaximum im Durchschnitt um 0.02 s früher erreichen. Dieses Ergebnis hängt mit dem Problem des Absprungtimings unmittelbar zusammen, das allerdings aufgrund der geringen Abtastrfrequenz des dynamischen Meßsystems mit der verwendeten Methode nicht hinreichend genau erfaßt werden kann.

Aus den Gruppenmittelwerten ist erkennbar, daß die B-Kader-Springer trotz höherer Anfahrtschwindigkeiten fast signifikant ( $p = 0.065$ ) geringere Sprungweiten erreichen. Die Qualitätsunterschiede zwischen den Sprüngen der A- und B-Kader-Springer werden dadurch verdeutlicht und sind vorwiegend durch die oben genannten Faktoren bestimmt.

#### 4. Folgerungen und Forschungsperspektiven

Als Beobachtungspunkte für das skisprungspezifische Training ergeben sich unmittelbar aus den Untersuchungsergebnissen die Realisierung einer schnellen Absprungstreckung im Sinne einer Verbesserung des azyklischen Zeitprogramms (BAUERSFELD/VOSS 1992) bei gleichzeitigem Erzeugen eines hinreichend großen Drehimpulses, der sich in der schnellen Einnahme einer kompakten Flughaltung manifestiert. Diese Faktoren stehen in enger Verbindung mit einer günstigen Anfahrtschaltung und dem richtigen Absprungtiming. Schnellinformationssysteme, die objektive Informationen über den Absprungbeginn, die Abflugposition, die erzeugte Relativkraft während des Absprungs, den Körper-Ski-Winkel und die Höhe des Sprunggelenkpunktes nach ca. 10 - 20 m bereitstellen, könnten einen wertvollen Beitrag zur Beurteilung der Effektivität und Qualität von Schanzensprüngen liefern. Ein wichtiger Forschungsansatz liegt zweifellos in der Entwicklung solcher Schnellinformationssysteme. Als Grundlage zur Auswahl kritischer Parameter, die bei der Verwendung solcher Systeme zwangsläufig notwendig sind, können Teilergebnisse dieser Untersuchung dienen.

Ein bedeutender Forschungsbereich wird in der weiteren Entwicklung skisprungspezifischer Trainingsübungen und Trainingsgeräte gesehen. Wesentliche Voraussetzung für die Effektivität von Limitationsübungen ist zweifellos die Ähnlichkeit der kinematischen und dynamischen Struktur mit jener von Schanzensprüngen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung können eine wichtige Entscheidungshilfe für die Prüfung dieser Strukturähnlichkeit bieten.

#### Literatur:

- BACKHAUS, K.; B. ERICHSON; W. PLINKE; R. WEIBER, Multivariate Analysemethoden, 7. Aufl., Berlin-Heidelberg 1994.
- BAUERSFELD, M.; G. VOß, Neue Wege im Schnellkeiltraining, Münster 1992.
- BAUMANN W., The Biomechanical Study of Ski-Jumping, in: Proceedings of International Symposium of Science in Skiing, Zao (Japan) 1979, 70-95.
- BORTZ, J., Statistik für Sozialwissenschaftler, 4., vollst. überarb. Aufl., Berlin-Heidelberg-New York 1993.
- CAMPBELL, K., Biomechanical Analysis of Take-Off Technique in Ski Jumping, in: Journal of the United States Ski Coaches Association, 3(1980)3: 35-41.



- CLAUSER, C. et al., Volume and Center of Mass of Segments of the Human Body, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio 1969 (zit. nach D. MILLER; C. NELSON, Biomechanics of Sport, Philadelphia 1973).
- DRENK, V., Bildmeßverfahren für schwenk- und neigbare sowie in der Brennweite veränderbare Kameras, in: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (Hrsg.), Schriftenreihe zur angewandten Trainingswissenschaft, 1(1994): 130-142.
- GISLER, E.; B. NIGG; J. WASER, Biomechanische Untersuchungen im Skispringen, in: F. FETZ (Hrsg.), Biomechanik des Schilaulfs, Innsbruck 1977, 98-107.
- HOCHMUTH, G., Untersuchungen über den Einfluß der Absprungbewegung auf die Sprungweite beim Skispringen, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Deutschen Hochschule für Körperkultur, 1(1958/59): 29-59.
- KASTNER, J., Konzeption eines biomechanischen Schisprungtests, Diss., Wien 1981.
- KOMI, P.; R. NELSON; M. PULLI, Biomechanik des Skisprunges, in: Leistungssport, 4(1974): 431-450.
- LUHTANEN, P.; M. PULLI; P. KOMI, A Relative Model of Human Movement With Special Reference to Ski Jumping, in: B. JONSSON (ed.), Biomechanics X-B, Vol. 6B, Baltimore 1987, 1145-1149.
- OBERBECK, H., Seitigkeitstypologie und Seitigkeitstypologie im Sport, Schorndorf 1989.
- SACHS, L., Angewandte Statistik, 7. Aufl., Berlin-Heidelberg 1992.
- SOBOTKA, R.; J. KASTNER, Registrierung des Kraftimpulses beim Skiabsprung, in: F. FETZ (Hrsg.), Biomechanik des Schilaulfs, Innsbruck, 1977, 90-97.
- STRAUMANN, R., Vom Skiweitsprung und seiner Mechanik (1. Teil), in: Ski, 20.Jg. 1926.
- STRAUMANN, R., Vom Skiweitsprung und seiner Mechanik (2. Teil), in: Ski, Jahrbuch des Schweiz. Ski-Verbandes, 22(1927): 34-64.
- VAVERKA, F., The Biomechanics of Ski-Jumping (tschechisch), Olomouc 1987.
- VIRMAVIRTA, M.; P. KOMI, The Takeoff Forces in Ski Jumping, in: International Journal of Sport Biomechanics, 5(1989): 248-257.
- VIRMAVIRTA, M.; P. KOMI, Take-off analysis of a champion ski jumper (abstract), XIVth Congress of the International Society of Biomechanics, Paris 1993, 1418-1419.

„...Mein Körper ist so unsozial.  
Ich rede, er bleibt stumm.  
Ich leb' ein Leben lang für ihn.  
Er bringt mich langsam um.“  
(Robert Gernhardt)

## Körperlose Kultur – kulturlose Körper oder: Sport zwischen Unkultur und Kultur.<sup>1</sup>

BODYLESS CULTURE - CULTURELESS BODIES; SPORTS BETWEEN CULTURE  
AND NON-CULTURE

### Zusammenfassung

Sport und Körper werden zunehmend – und in Distanz zur (noch) gängigen Kulturauffassung – mit dem Kulturbegriff verwoben. Sport und Körper gelten als auffallende aktuelle Kulturphänomene und gehen insbesondere bei jüngeren Autorengenerationen eine unproblematische Allianz ein. Von der ehemals herrschenden Auffassung der Unkultur des Sports oder einer Körper- und Sporteindlichkeit in unserer Kultur ist wenig erkennbar. Es wird nun der Frage nachgegangen, womit dieser kulturelle Aufwertungsprozeß begründet wird, was derzeit noch gegen diese kulturelle Einverleibung von Körpersport spricht und wie sich empirisch orientierte Perspektiven dieser Fragen skizzieren lassen. Als Resümee wird angeboten: Körpersport ist eine soziale Tatsache und mag als eine Facette im kulturellen Erscheinungsbild einer Gesellschaft gelten, Sport ist jedoch weder Beweis für noch Hinweis auf Kultur in einer Gesellschaft.

### Summary

„Sports“ and the „body“ are getting more and more tightly interwoven with the notion of „culture“ - the term being used in a very untraditional sense. Sports and body are considered distinct cultural phenomena of the present and they are combined in an unproblematic manner in the works of recent generations of authors. The once widespread conviction, that sports is devoid of culture has almost disappeared. So has our civilization's hostility towards sports and the body disappeared. The questions arising in this context are: How do we account for the increasing cultural appraisal of sports? What factors keep standing against the cultural incorporation of sports? What empirically oriented perspectives of these questions can be sketched? The conclusion offered is, that sports is a social phenomenon; it may be seen as one factor in the cultural landscape of a society, sports is, however, neither a proof nor an indication of „culture“ in the respective society.

<sup>1</sup> Wenn im folgenden zwischen Körper und Leib unterschieden wird, so gilt: Leib ist das Wort für den belebten und erlebten Körper, also die Seele-Körper-Einheit als abgrenzbare Ganzheitsperspektive, während Körper die biologisch-physikalische Komponenten betont (vgl. zur Fundierung dieser Differenzierung Lippe 1988, 11f und Schipperges 1981).