



Bundesinstitut
für Sportwissenschaft

2004
Band 09

**Trainings- und
Bewegungslehre
des Hochsprungs**

Wolfgang Killing



Wissenschaftliche Berichte und Materialien

SPORT & BUCH *Strauß*

Wolfgang Killing

**Trainings- und Bewegungslehre
des Hochsprungs**

1. Auflage

SPORT und *BUCH* Strauß 2004

Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Wissenschaftliche Berichte und Materialien

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über < <http://dnb.ddb.de> > abrufbar.

1. Auflage 2004
SPORT und BUCH *Strauß* GmbH
Olympiaweg 1, 50933 Köln

© Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn

Druck: Druckerei Hansen, Bergisch Gladbach

ISBN 3-89001-400-3
Printed in Germany

Zu diesem Band

Die vorliegende Arbeit gibt einen umfassenden Überblick über die internationale Entwicklung der Hochsprungtechnik und des Hochsprungtrainings; sie zeigt die wissenschaftlichen Ansätze zur sportartspezifischen Bewegungsanalyse, zur Ableitung von sportartspezifischen Anforderungsprofilen und zu Konzepten der sportartspezifischen Leistungsdiagnostik auf und beschreibt exemplarisch die individuellen Trainingskonzeptionen von Sportlern und Sportlerinnen der absoluten Weltklasse. Auch wenn der Schwerpunkt der Arbeit auf die Entwicklung in der absoluten Leistungsspitze orientiert ist, so beschäftigen sich Teilkapitel auch mit den entsprechenden Fragen des Nachwuchstrainings.

Der Autor, ehemaliger Hochspringer der internationalen Klasse und zurzeit Trainer im Deutschen Leichtathletik-Verband, gibt zu den relevanten Aspekten des Hochsprunges und des Hochsprungtrainings einen umfassenden und sehr detaillierten Überblick über die internationalen Erkenntnisse und Entwicklungen und bezieht auch umfangreiche eigene Aufzeichnungen und wissenschaftliche Arbeiten in seine Betrachtungen mit ein. Eine derartige Aufarbeitung der für den Spitzensport relevanten Informationen zu einer einzigen Sportart oder Sportdisziplin ist im deutschen Sprachraum zurzeit einzigartig.

Die Arbeit hat damit neben der Bedeutung für den Hochsprung auch für andere Sportarten Vorbildcharakter zur Aufarbeitung trainings- und bewegungswissenschaftlicher Erkenntnisse und Erfahrungen; sie ist nur möglich geworden, weil sich der Autor als Sportler, Trainer und Wissenschaftler mehr als ein Jahrzehnt mit der spezifischen Problematik des Hochsprungs in der absoluten Weltklasse befasst hat.

Über die hochsprungspezifischen Fragestellungen hinaus haben die Ausführungen des Autors zu einzelnen Detailfragen, wie z.B. zum sportartübergreifenden und sportart-spezifischen Krafttraining Relevanz für die übergreifende sportmethodische und bewegungs- und trainingswissenschaftliche Probleme. Die Veröffentlichung wendet sich zwar vorrangig an die Fachleute der Sportart Hochsprung, sie bietet darüber hinaus aber auch allen an der Weiterentwicklung von sportartspezifischen Trainings- und Bewegungslehren Interessierten wertvolle Anregungen

Dr. Martin-Peter Büch

Direktor des Bundesinstituts für Sportwissenschaft

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	7
1.1 Theorie-Praxis-Verhältnis	7
1.2 Besonderheiten spitzensportlicher Untersuchungseinheiten	10
1.3 Anforderungen an eine disziplinspezifische Leistungsdiagnostik	12
1.4 Inhaltsübersicht	13
2 Entwicklung des Flop' zur dominierenden Hochsprungtechnik	16
2.1 Zum Wandel der Hochsprungtechnik	17
2.1.1 Hochsprungstechniken bis zur Einführung des Flop'	18
2.1.2 Einfluss veränderter Rahmenbedingungen	24
2.2 Überbewertung einzelner Elemente der Hochsprungstechnik	26
2.2.1 Hochschätzung der Lattenpassage	27
2.2.2 Überbetonung der Schwungelemente	28
2.3 Hochsprung: Eine Disziplin mit vielen Freiheitsgraden	31
2.4 Einfluss des Flop auf die Leistungsentwicklung im Hochsprung	32
2.4.1 Literaturdiskussion	33
2.4.2 Untersuchungsmethodik	35
2.4.3 Ergebnisdarstellung und Diskussion	39
3 Anfängermethodik zum Erwerb der Grobform im Hochsprung	47
3.1 Literaturdiskussion	47
3.1.1 Methodik und motorisches Lernen	47
3.1.2 Analyse früherer Flopmethodiken	50
3.1.3 Zwischenergebnis	55
3.2 Untersuchungen zur Lernwirksamkeit des Lehrprogramms „Flop“	56
3.2.1 Zu den Probanden	59
3.2.2 Versuchsanlage	59
3.2.3 Darstellung der Ergebnisse	60
3.3 Diskussion und Interpretation	65
4 Strukturierungsformen sportlicher Bewegungen	68
4.1 Übersicht möglicher Ordnungsprinzipien	68
4.2 Funktionsphasen	70
4.2.1 Einfaches Funktionsphasenmodell	70
4.2.2 Komplexes Funktionsphasenmodell	72
4.3 Biomechanischer Zugang	74
4.4 Teilhöhenmodelle	76

4.4.1	Körperschwerpunkt	76
4.4.2	Teilhöhenmodell nach Hay.....	79
4.4.3	Vereinfachtes Teilhöhenmodell.....	83
4.5	Besonderheiten biomechanischer Leistungsdiagnostik im Hochsprung	85
5	Methodik eigener Untersuchungen zur Technikanalyse	87
5.1	Literaturdiskussion	87
5.1.1	Deskriptiv-normative Vorstellungen von der Hochsprungtechnik	88
5.1.2	Biomechanische Einflussgrößen der Hochsprungleistung	90
5.1.3	Zwischenergebnis	92
5.2	Entwicklung eigener Fragestellungen und Hypothesen	93
5.3	Darstellung der 3-D-Hauptuntersuchung.....	94
5.3.1	Die Untersuchungsgruppe	95
5.3.2	Erhebungs- und Auswertungsmethoden.....	97
5.3.3	Gütekriterien bei 3-D-Analysen	99
5.3.4	Messfehler in der biomechanischen LD.....	101
5.4	Darstellung ergänzender Untersuchungen.....	104
5.4.1	Untersuchungen zum Anlaufverhalten	104
5.4.2	Untersuchungen zur Lattenpassage	106
5.5	Auswertungsmethoden	107
6	Interindividuelle Varianten der Technik	108
6.1	Varianten des Anlaufes.....	109
6.2	Varianten der Absprungvorbereitung	118
6.3	Absprungvarianten.....	134
6.4	Varianten der Flugphase	146
6.5	Diskussion und Interpretation.....	154
7	Intraindividuelle Spielräume der Hochsprungtechnik.....	159
7.1	Reproduktionsrate in den einzelnen Bewegungsphasen.....	161
7.1.1	Bewegungskonstanz in den vorbereitenden Bewegungsteilen.....	161
7.1.2	Bewegungskonstanz im Absprung	168
7.1.3	Bewegungskonstanz in der Flugphase.....	172
7.2	Inter- und intraindividuelle Bewegungsfreiräume im Vergleich.....	173
7.3	Diskussion und Interpretation.....	176
8	Leistungsbestimmende Einflussgrößen des Hochsprungs.....	182
8.1	Zur Strukturierung der sportlichen Leistung	182
8.1.1	Gliederung des Hochsprungs in Teilleistungen.....	183
8.1.2	Probleme der Zuordnung von Einfluss- zu Zielgrößen	187
8.1.3	Teilhöhen und Hochsprungleistung.....	188

8.2	KSP-Höhe im Stand	190
8.3	KSP-Steigehöhe und Einflussgrößen	193
8.3.1	Explosive Sprungbeinstreckung.....	196
8.3.2	Beschleunigungsvorgänge im Absprung	199
8.3.2.1	Quotient Hubhöhe/Absprungdauer	199
8.3.2.2	Vertikaler Beschleunigungsweg	201
8.3.2.3	Absprungdauer	205
8.3.3	Anlaufgeschwindigkeit	206
8.3.4	Schwungelementeeinsatz	209
8.3.5	Wechselwirkungen zwischen den Faktoren.....	211
8.4	Lattenüberhöhung und Einflussgrößen	212
8.5	Maximale KSP-Flughöhe.....	217
8.6	Multiple Erklärungsansätze.....	219
8.7	Zusammenfassung und Diskussion.....	221
8.7.1	Erörterung von Kriterien zur Trainingsausrichtung	224
8.7.2	Ableitungen für die disziplinspezifische Leistungsdiagnostik	225
9	Untersuchungen zur speziellen Sprungarbeit im Hochsprung	227
9.1	Problementwicklung	227
9.2	Untersuchungsanlage	228
9.3	Darstellung der Ergebnisse	230
9.3.1	Kinematische Auswertung.....	230
9.3.2	Dynamometrische Auswertung.....	233
9.4	Zusammenfassung und Diskussion.....	235
9.4.1	Gemeinsamkeiten aller Sprünge	235
9.4.2	Bestätigung der Rangfolge.....	235
9.4.3	Besonderheiten einzelner Sprungformen.....	237
9.4.4	Entwicklung von Spezifitätskriterien.....	239
9.5	Forschungsperspektiven.....	242
10	Zur Entwicklung des Hochsprungtrainings.....	246
10.1	Literaturdiskussion.....	248
10.1.1	Relevante sportmotorische Grundeigenschaften	248
10.1.2	Methoden der Leistungsentwicklung.....	250
10.1.3	Entwicklung von Untersuchungsfragestellungen	254
10.2	Sekundärauswertung von Trainingskonzeptionen	255
10.2.1	Techniküberhang bis in die 60er Jahre	255
10.2.2	Hochsprungtraining in Osteuropa.....	257
10.2.3	Anglo-amerikanische Entwicklung.....	260

10.3	Deutsche Entwicklung nach Einführung der Floptechnik.....	263
10.3.2	Westdeutsche Entwicklung des Hochsprungtrainings	267
10.3.3	Die Rahmentrainingspläne	268
10.4	Eigene Auswertung von Trainingsprotokollen.....	269
10.4.1	Kaderprotokolle	269
10.4.2	Analyse ausgewählter Trainingsprotokollen von Spitzenathleten	271
10.5	Diskussion und Interpretation.....	282
11	Trainingspraktische Folgerungen.....	287
11.1	Optimierung der Hochsprungtechnik	287
11.2	Periodisierung des Hochsprungtrainings	293
11.3	Testübungen für den Hochsprung.....	297
12	Literaturverzeichnis	300

1 Einleitung

Der Hochsprung ist eine populäre Disziplin, die auch in der Sportwissenschaft große Resonanz findet. Entsprechend zahlreich sind die Beiträge zu Einzelproblemen des Hochsprungs, selten dagegen Gesamtdarstellungen. In den wenigen vorliegenden älteren Monographien zum Hochsprung¹ dominieren Vergleiche zwischen den konkurrierenden Hochsprungstechniken, die gezielte Ableitung der Trainingsinhalte aufgrund der Analyse der Disziplin unterbleibt jedoch weitgehend. Der Grund dafür liegt in der bisherigen Struktur der leichtathletischen Aus- und Fortbildung, die auf die gesamte Leichtathletik oder auf einzelne Blöcke (hier: Sprungdisziplinen) ausgerichtet ist². In den entsprechenden Lehrmaterialien werden disziplinübergreifende Gemeinsamkeiten herausgearbeitet, die Spezifika einzelner Disziplinen aber vernachlässigt. So überrascht nicht, dass das Hochsprungstraining stark an das allgemeine Leichtathletiktraining angelehnt wird. Besonderheiten des Hochsprungs wie

- die Mehrdimensionalität der Bewegungen in Anlauf, Absprung und Flug
- der kurvenförmige Anlauf und das Aufrichten aus der Innenlage im Absprung
- die nachgeordnete Bedeutung der Anlaufgeschwindigkeit und der steile Abflugwinkel
- die Ausnutzung von Rotationen und Scheinrotationen zur Ergebnisoptimierung im Flug

finden keine bzw. wenig Berücksichtigung. Diesen Besonderheiten kann nur eine spezielle Trainings- und Bewegungslehre des Hochsprungs gerecht werden. Eine spezielle Trainingslehre fragt primär danach, welche konditionellen, technischen und taktischen Merkmale das Niveau der sportmotorischen Leistungen bestimmen, in welchem Ausmaß sie an der komplexen Leistung beteiligt sind und wie sie trainiert werden können. Diesen Fragen soll in der vorliegenden Arbeit für den Hochsprung nachgegangen werden, um zu einer gleichermaßen dem aktuellen Stand der Sportwissenschaft und den Erfordernissen der Praxis genügenden Leistungsdiagnostik zu gelangen. Vorab werden grundsätzliche Besonderheiten des Gegenstandsbereiches „sportliche Höchstleistung“ diskutiert.

1.1 Theorie-Praxis-Verhältnis

Typisch für semiprofessionelle Bereiche wie den Sport, in denen neben haupt- auch neben- und ehrenamtlich Tätige gleichberechtigt arbeiten, sind Vorbehalte gegenüber theoretischem bzw. wissenschaftlichen Wissen, die in der medialen, auf schnellen Konsens ausgerichteten Rezeption von den Protagonisten gerne zu einem Gegensatz von Theorie

¹ Monographien zum Hochsprung: Weinkötz (1957), Zacharias (1978), Dick (1993), Killing (1995a).

² Lehrbücher zur Leichtathletik: Schmolinsky (1977), Wischmann (1987), Haberkorn & Plass (1992), Jonath u.a. (1995), Bauersfeld & Schröter (1998). Lehrbücher zum Sprung: Adam-Czewski & Dickwach (1991), Czington (1993), Lohmann, Hempel & Schröter (1992).

und Praxis stilisiert werden. Hintergrund dieser Auseinandersetzung sind Inkongruenzen und latente Widersprüche zwischen dem Erfahrungswissen der „Praktiker“ und dem wissenschaftlichem Wissen. Während erstere das „hochwissenschaftliche“ Wissen als ungeeignet zur Lösung ihrer trainingspraktischen Aufgaben einstufen, kritisieren Wissenschaftler das Erfahrungswissen der Trainer als nur bedingt verallgemeinerbar. Offenbar wird, dass unterschiedliche Gütekriterien angelegt werden, um die jeweils eigene Position zu begründen: Hier der sportliche Erfolg, dort der Wahrheitsgehalt gemäß wissenschaftlich-methodologischen Kriterien (vgl. Lange, 2003, S. 49). Der Theorie-Praxis-Streit ist jedoch weder formal noch inhaltlich begründet. Formal nicht, weil ein Gegensatz nur auf gleicher Ebene ausgetragen werden kann, Theorie jedoch die Reflexions- und Praxis die Handlungsebene meint, das vom Alltagswissen bestimmt wird. Matthes & Schütz verstehen darunter alles,

„... was sich die Gesellschaftsmitglieder gegenseitig als selbstverständlichen und sicheren Wissensbestand unterstellen müssen, um überhaupt interagieren zu können.“ (Matthes & Schütz, 1980, S. 20)

Neben individuellen biographisch-spezifischen Wissensbeständen gibt es auch gruppenspezifische Wissensselemente, wie das Trainerwissen. Das individuelle wie das gruppenspezifische Wissen sind erste Verständigungsbasen der Benutzer, die „in der Praxis eine gewisse Vorbewährung erfahren haben“ (Matthes & Schütz, 1980, S. 20), jedoch keinem höheren Anspruch auf Wahrheitsgehalt genügen³. Das primäre Medium des Alltagswissens ist die Sprache (weniger die Schrift), die Verknüpfung der Begriffe mit den Phänomenen erfolgt nicht mittels expliziter Definitionen, sondern aufgrund impliziter Zuordnungen, die plastizid, d.h. form- und änderbar sind. Alltagswissen ist vorläufig und dogmatisch. Es bedarf zur Bestätigung der Überprüfung mit anerkannten Methoden. Das Wissen um Trainingsformen, die durch anschließende sportliche Erfolge der Anwender legitimiert sind, trägt ... „den Charakter von Tatsachenwissen, also singulären Aussagen. Es stellt somit lediglich eine Quelle wissenschaftlichen Wissens dar.“ (Lames, 1996a, S. 48)

Durch die kritische Überprüfung nach bestem Vermögen, wie es die Wissenschaftsgemeinde (scientific community) versucht, wird aus dem alltagsweltlichen Wissen wissenschaftliches Wissen gewonnen, es wird „zum besten Wissen, das die menschliche Gesellschaft vorweisen kann“ (Popper, 1996, S. 22)⁴. Daraus eine grundsätzliche Überlegenheit wissenschaftlichen Wissens abzuleiten, wäre angesichts der Komplexheit der Handlungsebene unangemessen.

³ Dass das aus Einzelbeobachtungen gewonnene Erfahrungswissen bei Trainern, Athleten und anderen Sportinteressierten auf eine hohe Akzeptanz stößt, zeigt die große Verbreitung von Sportfachzeitschriften wie Leichtathletik-, Handball-, Basketball-, VolleyballTraining usw. (alle Philippka-Verlag Münster).

⁴ Trotz dieser intensiven Prüfung rät Popper (1996, S. 125) den Wissenschaftlern zu mehr intellektueller Bescheidenheit und kritischer Distanz gegenüber den eigenen Methoden, da sie sonst selber Gefahr laufen, dogmatisch zu werden.

„Trainer und Sportler können jedoch nicht vollständig durch nomopragmatisches Wissen oder technologische Regeln in ihrem Handeln determiniert werden. Es bleiben die situationsspezifischen Entscheidungen, die Gebrauchstheorien und der Fundus von Expertenwissen.“ (Thorhauer, 1996, S. 62)

Im Interesse optimaler Ergebnisse ist zwischen Trainern und Sportwissenschaftlern eine präzise Aufgabenteilung erforderlich. So ist die Trainingsplanung Aufgabe des Trainers, die des Wissenschaftlers ist die Erstellung eines „Metakonzeptes“ (Carl, 1996, S. 16), das dem Praktiker einen weiten Aktions- und Entscheidungsspielraum lässt.

Der Theorie-Praxis-Streit ist auch inhaltlich unbegründet, weil die Trainings- und Bewegungswissenschaft wegen ihres geringen Alters auf externe Hilfe- und Fragestellungen angewiesen ist. Diese Hilfe kann aus anderen, etablierteren Wissenschaften kommen (dort werden zumeist Methoden entlehnt, die dann dem neuen Feld angepaßt werden müssen) oder aus dem eigenen Untersuchungsfeld, eben der sogenannten „Praxis“. Alle Merkmale, die in der Trainingspraxis als wichtig gelten, sind hypothetisch leistungsbestimmend und damit untersuchenswert. Die Praxis liefert nicht nur Probleme, sondern auch erste bzw. vorläufige Antworten. Sie ist „eine wahre Fundgrube der Hypothesenformulierung“ (Wilimczik, 1968, S. 39), die von der Wissenschaft der Falsifizierung bzw. der vorläufigen Bestätigung zugeführt werden können.

„Aus den vorwissenschaftlichen, den sportartspezifischen Trainingsmethoden, den Meisterlehren und Trainingskunden hat sich zuerst die ‚allgemeine Trainingslehre‘ herausgebildet, die dann zu einer integrativen Disziplin weiterentwickelt worden ist, die wir heute ‚Trainingswissenschaft‘ nennen.“ (Letzelter, 1996, S. 30)

Man kann von Vorstufen auf dem Weg zu einer nach wissenschaftlichen Kriterien aufgebauten Trainingswissenschaft sprechen⁵. Hohmann, Lames & Letzelter (2002, S. 20) sehen die Trainingslehre als Bindeglied zwischen der Sportpraxis und der Trainingswissenschaft. Als Kennzeichen der Wissensbestände der Trainingslehre nennen sie deren unmittelbare Handlungsrelevanz, die im Unterschied zur Trainingswissenschaft auch auf nicht wissenschaftlich abgesicherten Befunden beruhen kann. Trainingswissenschaftliches Wissen dagegen ist ausschließlich wissenschaftlich fundiert, beinhaltet aber neben dem Wissen der Trainingslehre auch einen Wissensbereich, der nicht unmittelbar handlungsrelevant ist. Aufgrund des komplexen Gegenstandes der Trainingswissenschaft ist ein Spektrum an Forschungsstrategien mit je unterschiedlichen Methoden und Qualitätskrite-

⁵ Aufgrund der vermeintlichen Vorwissenschaftlichkeit der Trainingslehre wurde die Sportwissenschaft in der BRD bis in die 70er Jahre von der Sportmedizin und ihren Forschungsstrategien dominiert (siehe Carl, 2002, S. 11; aber auch Bäumlner, Court & Hollmann, 2002). Andere für die sportliche Leistung relevante Wissensbereiche wie die Sportpädagogik wurden ausgeblendet. In der DDR führte die Trainingslehre von Harre seit 1957 zu einer ganzheitlichen, alle Wissensbereiche einbeziehenden Trainingswissenschaft, die mit zeitlicher Verzögerung in der BRD das sportmedizinische Forschungsprimat überwinden half (Krug, Carl & Starischka, 2001, S. 4f; Hohmann & Lames, 2002, S. 33).

rien erforderlich. Lames, Hohmann & Letzelter (2003a, S. 9) differenzieren in Grundlagen-, Anwendungs- und Evaluationsforschung⁶. In der vorliegenden Arbeit, die der wissenschaftlich fundierten Trainings- und Bewegungslehre verpflichtet ist, werden insbesondere Strategien der Anwendungs- und Evaluationsforschung verwandt.

1.2 Besonderheiten spitzensportlicher Untersuchungseinheiten

Ausgangspunkt und Adressat der vorliegenden Arbeit ist der Hochleistungssport. Für Untersuchungen an Spitzensportlern ist eine Reihe von Besonderheiten bekannt, die für eine angemessene Problembearbeitung beachtet werden müssen.

Entsprechend dem elitären Charakter des Hochleistungssports gibt es nur eine kleine Grundgesamtheit. Die Mitglieder dieser Population sind weltweit zerstreut. Dadurch entziehen sie sich den üblichen Rekrutierungsverfahren für Experimente oder Tests weitgehend. Nur durch günstige Konstellationen, z.B. persönliche Kontakte von Sportwissenschaftlern zu sportwissenschaftlich orientierten Trainern, lassen sich einzelne Spitzenathleten für Untersuchungen gewinnen. Experimentelle Untersuchungen sind auch dann mit nur kleinen Stichproben üblich, haben oft Pilotstudiencharakter.

Sorgen um die eigene Gesundheit oder zumindest Leistungsfähigkeit mindern die Bereitschaft der Spitzensportler, Treatments im Grenzbereich der Belastbarkeit auf sich zu nehmen. Hohmann (1999, S. 23) spricht davon, dass sich im Hochleistungssport unter der Prämisse der sportlichen Entwicklung für gewöhnlich nur die Optimalvariante eines Treatments rechtfertigen lässt. Der Vergleich mit anderen Treatments oder einer Kontrollgruppe ist auf diesem Niveau nicht durchzusetzen.

Die Leistungsunterschiede zwischen den Spitzensportlern sind sehr gering, häufig mit einfachen Untersuchungsmethoden gar nicht auszumachen. Versucht man diesen Problemen dadurch auszuweichen, dass man die Untersuchungseinheit heterogener anlegt, also Spitzensportler gemeinsam mit leistungsschwächeren Athleten auswertet, steigen zwar die Streumaße und die Korrelationen an, doch leidet die externe Validität und wächst die Gefahr von Scheinkorrelationen.

Auch bei Homogenität in der Wettkampfleistung bestehen zwischen den leistungsbestimmenden Einflussgrößen erhebliche Kompensationsmöglichkeiten. Letzelter & Letzelter (1983, S. 20) sprechen vom kompensatorischen Charakter aller sportlichen Leistungen. Entsprechend sind Zusammenhänge von Ziel- und Zubringerleistungen häufig nur schwach oder unterhalb der Signifikanzschwelle ausgeprägt.

⁶ Obwohl die Autoren die drei Forschungsbereiche als gleichberechtigt einstufen, wird eine implizite Abwertung praxisnaher Methoden und Erfahrungen wie der Meisterlehren kritisiert (Krüger, 2003, S. 11f; zur Kritik an der Kritik siehe wiederum Lames, Hohmann & Letzelter, 2003b).

Sportliches Training ist langfristig. Um es in seiner Ganzheit zu erfassen, müssten einschlägige sportwissenschaftliche Untersuchungen ebenfalls langfristig sein. Doch fehlen dafür oft Zeit und Mittel. Aus kurzfristigen Untersuchungen gewonnene Ergebnisse sind nur bedingt auf größere Zeiträume zu übertragen. So können in kurzen Zeitintervallen erzielte Trainingsgewinne, z.B. durch den verfrühten Einsatz spezieller Trainingsmittel, langfristig nachteilig sein, da sie Stagnationen und Verletzungen hervorrufen.

Werden Untersuchungen im Sinne von bestimmten Trainingsinhalten als Treatment durchgeführt, stören zusätzliche körperliche Belastungen wie Vereinstraining, Schulsportunterricht oder Praxis-Fächer im Sportstudium die eindeutige Zuordnung von Effekten zu der intendierten Ursache. Gerade Spitzensportler werden ihre Leistungsentwicklung nicht zugunsten einer wissenschaftlichen Untersuchung zurückstellen⁷. Da die Randbedingungen nicht konstant gehalten oder auch nur kontrolliert werden können, ist auch die interne Validität der Untersuchungsergebnisse beeinträchtigt.

Hochleistungen erfordern ein hohes Engagement der Athleten. Bei entsprechenden Untersuchungen ist die Motivation der Probanden eine leistungsbestimmende Größe. Ohne diese fallen die Leistungen bei Tests schnell ab. Entsprechend groß ist die Gefahr von Versuchsleitereffekten und Ergebnisverzerrungen.

Da im Bereich der Trainings- und Bewegungswissenschaft diese Störgrößen nicht auszuschalten sind bzw. die hohe Komplexität nicht angemessen zu reduzieren ist, kann der Sportwissenschaftler nur selten experimentelle Versuchsanordnungen im Sinne eines Laborexperiments durchführen. Vielmehr muss er sich mit quasi-experimentellen Anordnungen begnügen (vgl. Letzelter, 1996, S. 35), die nicht zu deterministischen, sondern nur zu statistischen bzw. probabilistischen Gesetzmäßigkeiten führen. Aus den vorgenannten Gründen ist jedoch auch die Aufstellung statistischer Gesetze schwierig:

- Ist die Untersuchungsgruppe sehr klein, können einzelne Extremwerte schnell zu Verfälschungen der Ergebnisse und fehlerhaften Interpretationen führen
- Ist die Untersuchungsgruppe sehr heterogen, gelangt man zwar relativ schnell zu signifikanten Ergebnissen, doch ist die Relevanz für homogene Zielgruppen fraglich⁸.
- Ist die Untersuchungsgruppe leistungshomogen, lassen sich wegen des kompensatorischen Charakters innerhalb des komplexen Gefüges der Einflussgrößen keine signifikanten Ergebnisse erzielen.

⁷ Verlaufen beispielsweise langfristige Experimente synchron mit Periodisierungseffekten des „normalen“, parallel stattfindenden Trainings ab, wirkt das Training effektverstärkend, im umgekehrten Fall kontraproduktiv.

⁸ Als Beispiel sei die Korrelation von Maximalkraftleistung und Sprintvermögen genannt, wie sie Hoster (1979) für qualifizierte Sprinter ermittelte. Bei Sekundäruntersuchungen stellte sich heraus, dass bei der Auswertung Männer und Frauen gemeinsam verrechnet worden waren; innerhalb der Geschlechtergruppen jedoch kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden konnte (vgl. Letzelter & Siebertz, 1991, S. 45f).

- Geringe Reliabilitäten schwächen die Zusammenhänge zusätzlich, so dass trotz „wahrer“ Korrelationen die Nullhypothese beibehalten werden muss (Lienert & Raatz, 1998, S. 257f).

Damit man überhaupt zu Ergebnissen gelangt, müssen zum Teil Abstriche bei den Gütekriterien, den Signifikanzgrenzen und anderen statistischen Standards gemacht werden⁹.

Um solche Zugeständnisse zu vermeiden, werden in der vorliegenden Arbeit – wo möglich – nonreaktiven Verfahren verwandt, die sowohl im Training als auch bei Wettkämpfen eingesetzt und mit denen gleichermaßen große wie leistungsstarke Probandengruppen untersucht werden können.

1.3 Anforderungen an eine disziplinspezifische Leistungsdiagnostik

Trainer und Sportwissenschaftler versuchen, die Struktur sportlicher Leistungen aufzuschlüsseln und die Einflussgrößen gemäß ihrer Wichtigkeit zu ordnen. Ergebnis dieser Analyse ist ein Wirkmodell der Einflussparameter mit verschiedenen Hierarchieebenen und Prioritätsstufen. Die Einflussgrößen, die am stärksten zum Leistungsgefälle beitragen, müssen zu vorrangigen Trainingszielen werden, da ihre Entwicklung den größten Leistungsfortschritt verspricht.

Daraus leitet sich die Aufgabe der Leistungsdiagnostik ab, nämlich die leistungsbestimmenden Einflussgrößen und ihre jeweilige Ausprägung zu ermitteln. Während der Trainer seine Diagnose aufgrund subjektiver Einschätzungen fällt, ermittelt der Leistungsdiagnostiker objektive Daten, in der Regel quantitative Ausprägungen bezüglich relevanter Bewegungsparameter, aus denen Vergleichsnormen entwickelt werden. Dabei lassen sich nach Letzelter & Letzelter (1983, S. 22) drei Typen von Normen unterscheiden, ideale, statistische und funktionale Normen. Ideale Normen werden zumeist an einzelnen Spitzensportlern gewonnen oder rational-theoretisch konstruiert. Sie sind zwar als langfristige Zielorientierung geeignet, für die kurzfristige Trainingsarbeit jedoch wenig hilfreich, da sie von idealen Voraussetzungen in allen Zubringerleistungen ausgehen, die beim einzelnen Sportler so nicht vorliegen. Weniger anspruchsvoll sind die aus der Analyse vieler Sportler gewonnenen statistischen Normen, die ein nach Leistungen gestaffeltes Anforderungsprofil bieten. Doch gelten auch sie nicht uneingeschränkt, sondern immer nur für bestimmte Zielgruppen bzw. für Teilmengen der Zielgruppen bzw. mit erheblichen Vertrauensintervallen, beinhalten also Spielräume für individuelle Abweichungen. Für den einzelnen Sportler werden gemäß seinen individuellen Leistungsvoraussetzungen funktionale Normen entwickelt.

⁹ So erwägen Letzelter & Letzelter (1983, S. 18) für Analysen im Hochleistungssport, eine Anhebung der Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 auf 10 %.

Mithilfe umfangreichen Datenmaterials sollen in der vorliegende Arbeit leistungsbestimmende Einflussgrößen definiert, Normvorgaben errechnet und eine geeignete Leistungsdiagnostik entwickelt werden.

1.4 Inhaltsübersicht

Das vorliegende Buch umfasst neben der Einleitung zehn Kapitel. Das zweite Kapitel befasst sich mit der Entwicklung der Hochsprungtechniken bis zur Durchsetzung des Flop'. Ausgehend von volkstümlichen Hoch- und Hoch-Weitsprung-Übungen des Mittelalters werden die neuzeitlichen Hochsprungstechniken und -stilarten beschrieben. Die sportökonomischen Rahmenbedingungen, die daraus abgeleiteten Wettkampffregeln, aber auch Fehleinschätzungen betreffs der Bedeutung einzelner Technikelemente werden zur Erklärung der Technikentwicklung herangezogen. Die Auswirkungen der Einführung der Floptechnik auf die Leistungsdichte und -spitze werden anhand von Auswertungen der Weltbestenlisten der letzten 40 Jahre diskutiert.

Im dritten Kapitel wird ausgehend von einer Erörterung früherer Lehrmethoden eine methodische Reihe zum Erwerb der Floptechnik entwickelt, die in vier Grundlagen- und vier Aufbauschnitte unterteilt ist. In einer empirischen Untersuchung an Schulklassen wird die Effektivität dieser methodischen Hinführung zum Flop geprüft. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden vorgestellt und diskutiert.

Das vierte Kapitel ist methodischen und methodologischen Aspekten der Technikanalyse im Hochsprung gewidmet. Zunächst werden die verschiedenen Analyse- bzw. Gliederungsformen, welche die Bewegungslehre zur Untersuchungen sportlicher Techniken bereithält, vorgestellt und auf die Hochsprungstechnik bzw. den Flopsprung bezogen. Dabei wird das Teilhöhenmodell als bedeutsam für die Ableitung leistungsbestimmender Einflussgrößen ermittelt. Aufgrund erheblicher Kritiken am früheren Teilhöhenmodell von Hay (1973) entwickeln wir ein neues, vereinfachtes Modell. Anschließend diskutieren wir die Möglichkeiten und Probleme der einschlägigen biomechanischen Analysemethoden.

Eingangs des fünften Kapitels stellen wir den Erkenntnisstand zur Floptechnik im Leistungs- und Hochleistungssport vor und leiten daraus Fragestellungen bzw. Forschungshypothesen ab. Daraufhin werden die einzelnen Untersuchungen betreff Anlage, Probanden, Methodik und Durchführung erläutert. Im Mittelpunkt steht dabei eine dreidimensionale Analyse mehrerer Hundert Flopsprünge. Anschließend werden die Untersuchungen zum Anlaufverhalten und zur Lattenpassage vorgestellt. Eine Erörterung der Gütekriterien und typischer Messfehler bei biomechanischen Untersuchungsverfahren beschließt das Kapitel.

Basierend auf den eigenen empirischen Untersuchungen an Hochspringern wird in den Kapiteln sechs bis sieben die Floptechnik einer dreifachen Analyse unterzogen. Der besseren Nachvollziehbarkeit wegen bedienen wir uns in den Kapiteln sechs und sieben dersel-

ben, funktionalen wie chronologischer Zugangsweise und bereiten mithilfe statistischer Methoden das eigene Datenmaterial auf.

Das sechste Kapitel dient zur Darstellung der interindividuellen Spielräume. Diese können wir für alle Bewegungsteile in erheblichem, wenn auch unterschiedlichem Ausmaß nachweisen. Die Spielräume haben zumeist quantitativen Charakter, doch können wir auch bisher nicht genannte qualitative Abweichungen, sogenannte Technikvarianten, präsentieren. In der Diskussion versuchen wir, die erheblichen Technik-Spielräume in der Floptechnik einerseits bewegungswissenschaftlich zu begründen und sie andererseits tabellarisch als Technikraster zusammenzufassen.

Im siebten Kapitel wird die intraindividuelle Bewegungskonstanz im Hochsprung anhand der Auswertung einer Vielzahl von Sprüngen eines Spitzenathleten aufgezeigt. Auch hier finden sich erhebliche Abweichungen für beinahe alle Bewegungsteile. Inter- und intraindividuelle Streuparameter für zentrale Bewegungselemente werden miteinander verglichen und kategorisiert. Die unerwartet niedrige Reproduktionsrate kann als Reaktion auf externe und interne Störfaktoren dargestellt werden. Daraus ergeben sich Konsequenzen für das Technikleitbild, aber auch für das Techniktraining und den Stellenwert objektiver Ergänzungsinformationen.

Im achten Kapitel versuchen wir – aufbauend auf der vorhergehenden Technikanalyse und belegt durch den eigenen Datensatz – leistungsbestimmende Einflussgrößen des Hochsprungs herauszuarbeiten. Dazu gliedern wir die komplexe Hochsprungleistung in einem ersten Schritt in relevante Teilleistungen und setzen sie in einen statistischen Zusammenhang mit der Zielgröße. In einer Deduktionskette führen wir die Teilleistungen auf weitere Einflussgrößen bzw. Erzeugungsbedingungen zurück. Analog den erheblichen Technikfreiräumen ergeben sich einzelne bedeutsame statistische Zusammenhänge, die wir anhand von Regressionsrechnungen quantifizieren. Die abgestufte Wirksamkeit der Einflussgrößen begründen wir mit ihrer unterschiedlichen Dimensionalität. Folgerungen für die Leistungsdiagnostik beschließen das Kapitel.

Das neunte Kapitel ist mit der speziellen Sprungkraft als der wichtigsten konditionell-koordinativen Grundlage der Hochsprungleistung befasst. In der Trainingspraxis bewährte Übungen der allgemeinen und speziellen Sprungkraft werden in einer empirischen Pilotuntersuchung auf Spezifitätskriterien hin untersucht. Dabei kommen dynamometrische und kinemetrische Methoden zur Anwendung. Bei der Ergebnisdarstellung werden Gemeinsamkeiten und Besonderheiten, insbesondere aber Rangfolgen der Sprungformen bezüglich einzelner Bewegungskriterien erstellt. Anhand dieser Rangreihen werden Spezifitätskriterien und Übungskataloge für das Techniktraining und die Sprungkrafttraining entwickelt. Ein Gliederungsversuch aller Sprungformen beendet das Kapitel.

Im zehnten Kapitel analysieren wir Trainingskonzepte und -protokolle von Spitzenhochspringern. Dazu werden trainingswissenschaftliche Analyseverfahren und spezifische Fra-

gestellungen entwickelt. Mit diesen untersuchen wir zunächst Trainingskonzepte unterschiedlicher Länder aus den Jahren 1950 bis 1987. Daran schließt sich die Analyse von Trainingsprotokollen deutscher Spitzenathleten von 1988 bis 2001 an. In der Diskussion werden die Protokolle miteinander und mit den früheren Konzepten verglichen, so dass Gemeinsamkeiten, Trends und Besonderheiten herausgearbeitet werden können.

Schließlich dient das elfte Kapitel der Zusammenstellung trainingspraktischer Folgerungen der in den vorigen Kapiteln erarbeiteten Ergebnisse und Erkenntnisse. Geordnet nach den Themen Technikerwerb und -training, Trainingsplanung und -periodisierung sowie hochsprungspezifische Testformen werden Leitlinien des Trainings skizziert.

2 Entwicklung des Flop' zur dominierenden Hochsprungtechnik

Sprünge in die Weite und Höhe zählen zu den menschlichen Grundbewegungen. Das problemlose Springen auf oder über Hindernisse war für die erfolgreiche Verfolgung des Wildes oder eines Feindes bzw. bei der Flucht von Bedeutung. Nachdem über zivilisatorische Entwicklungen die Jagd und der Kampf an Bedeutung verloren, wurden sie – als Ganzes oder in Bewegungsteilen – in Bräuchen bzw. im Spiel konserviert¹⁰.

Neben dem Schießen und den Kampfsportarten aller Art finden sich auch das Werfen, das Laufen und das Springen im Brauchtum vieler Völker wieder, das bei Festen, Turnieren oder Markttagen gepflegt wurde bzw. wird. Hier einzuordnen ist der afrikanische Hochsprung, bei dem der Springer von einem Termitenhügel, sporttechnisch gesehen einem Katapult abspringend anderen Menschen über den Kopf flog, aber auch das Hoch-Weitspringen über möglichst viele nebeneinanderstehende Pferde, das im Rahmen von mittelalterlichen Volksbelustigungen durchgeführt wurde (siehe Bernett, 1996, S. 97)¹¹.

Indem die Bewegungen aus ihren ursprünglichen Zusammenhängen herausgelöst wurden, veränderte sich ihre Funktion und in der Folge ihre Ausführung (Thomas, 1999, S. 61). Immanente Kriterien oder solche, die sich aus der Funktion des sportlichen Wettkampfes als Zuschauersport ableiten lassen, gerieten in den Vordergrund und beeinflussten die Abläufe. So setzte in der Neuzeit (zuerst in den sich industrialisierenden Ländern Europas und Nordamerikas¹²) ein Trend weg von volkstümlichen Übungen hin zu den reinen, wettkampforientierten Bewegungsformen ein, wie sie schon bei den Griechen bzw. den antiken Olympischen Spielen üblich gewesen waren¹³. Nun interessierte weniger die Anzahl der Pferderücken oder anderer konkreter, in ihren Ausmaßen aber variierender Objekte des alltäglichen Lebens, die man überwand, sondern man wollte wissen, wie weit bzw. wie hoch der einzelne im Vergleich zu anderen oder zu anonymen Rekordmarken springen konnte¹⁴. Es entstanden Wettkampfstätten (so die Ständer mit stufenlos oder in Stufen verstellbaren Auflegern und die freiliegende Latte) und -regeln. Durch das sportliche Leistungsstreben, insbesondere das Bemühen um Rationalisierung und technische Beherr-

¹⁰ Zur Entwicklung der modernen zweckfreien, sportlichen Bewegungen aus früheren arbeitsbezogenen Tätigkeiten siehe Cachay & Thiel (2000, S. 47f), Meinel & Schnabel (1998, S. 19) und Thomas (1999, S. 55), für den Hochsprung Götze (1965, S. 787) und Hoke (1966, S. 527).

¹¹ Zur Entwicklung der Sprungwettbewerbe vom Mittelalter bis zur Neuzeit siehe Preisinger (1990, S. 9).

¹² Die Industrialisierung mit ihrer Freisetzung von schwerer körperlicher Arbeit und in der Folge mit wachsenden Freizeitbudgets für immer mehr Menschen schaffte die sozialen Voraussetzungen für die Entwicklung zum heutigen Massenphänomen Sport (Wohl, 1971).

¹³ Thomas (1999, S. 86) weist darauf hin, dass die Sportwetten den Sinn für ein verbindliches Regelwerk erhöhten und der wichtigste Grund für eine verschärfte Quantifizierung der Wettkämpfe war.

¹⁴ In dem Maße, wie das Messsystem sich von aus der Natur bzw. dem Alltag entliehenen Maßeinheiten (Elle, Scheffel, Morgen) weg und hin zu metrischen Angaben (Meter, Gramm, Liter) veränderte, zog diese Form der Rationalisierung auch in Freizeit und Sport ein.

schung, wurden die Bewegungen immer effektiver und es kam zu den heutigen Sportformen¹⁵.

2.1 Zum Wandel der Hochsprungtechnik

Im Vergleich zur systematischen technischen Verfeinerung in anderen Sportarten bzw. Disziplinen¹⁶ verlief die Entwicklung der Hochsprungtechnik eher diffus (Preiss, 1987, S. 18). Ganz unterschiedliche Anlaufgestaltungen betreffs Länge, Geschwindigkeit und Winkel, verschiedene Absprung-, Lattenüberquerungs- und Landungstechniken lassen sich im Hochsprung beobachten. Eine genaue Analyse erlaubt die Rückführung der verschiedenen Hochsprungstechniken auf drei Grundabläufe und ihre Variationen, die nachfolgend beschrieben werden (siehe Abb 2.1 und Tab. 2.1):

- Hoch-Weitsprung/Hocksprung/Kreuzschnepper (Anlauf frontal);
- Rollsprung/Wälzer (Anlauf von der Sprungbeinseite, Absprung mit dem lattennahen Bein);
- Schersprung/Flop (Anlauf von der Schwungbeinseite, Absprung mit dem lattenfernen Bein).

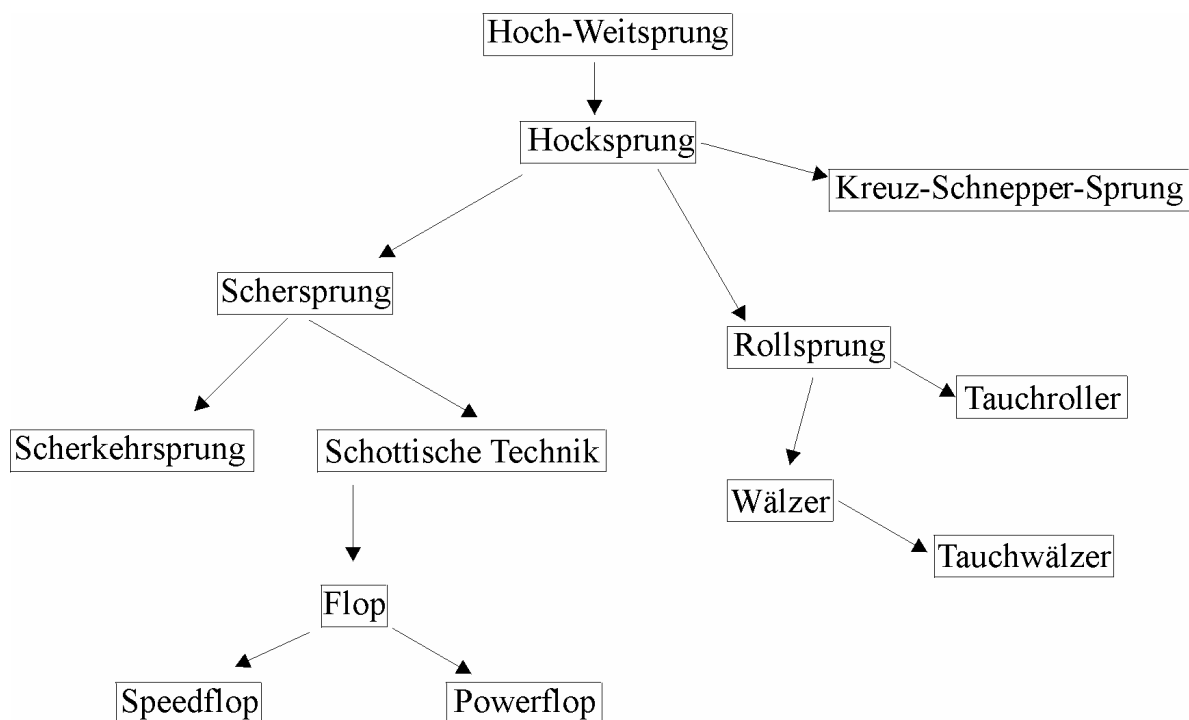


Abb. 2.1: Stammbaum der Hochsprungstechniken

¹⁵ Schon um 1850 wurden beispielsweise bei den Highland-Games erste Hochsprungrekordleistungen verzeichnet (Preisinger, 1990, S. 96f und S. 124).

¹⁶ Beispielsweise im Weitsprung verlief die Technikentwicklung über den Schritt-, den Hock- und den Hangsprung zum Laufsprung ohne inhaltliche Brüche (Jonath u.a., 1995, S. 101f).

Tab. 2.1: Die modernen Hochsprungtechniken

Technik	Varianten (Synonyme)
Hocksprung	Turnersprung, Afrikanische Technik, Weit-Hochsprung (jeweils mit Absprunghilfe) Kreuzschnepfer (Ungarischer Sprungstil)
Schersprung	Schottische Technik (Schottisch-Irische Technik, Back-Lay-Out) Scherkehrsprung (Eastern-Cut-Cff-Technik, Sweeney-Technik)
Rollsprung	Parallel-Rücken-Roller (Western Roll, Horine-Rolltechnik) Parallel-Flanken-Roller (Seitenroller) Tauchroller
Straddle/Wälzer	Parallelwälzer (Bauchwälzer, Belly-Roll-Technik) Schrägwälzer (Schwedische Wälztechnik) Tauchwälzer (Schrägtauchwälzer)
Flop	Speedflop (Flop 1) Power-Flop (Flop 2, Flop mit Straddleelementen) Sit-and-Kick-Flop (Absitz-Überstreck-Variante)
Hoke (1966), Tancic (1978a, S. 753), Killing (1989, S. 1277), Preisinger (1990, S. 85)	

2.1.1 Hochsprungstechniken bis zur Einführung des Flop'

Hocksprung

Ausgehend vom Weit-Hochsprung, bei dem die Hochsprunglatte nicht nur immer höher, sondern im Verhältnis 1:2 auch immer weiter vom Absprungpunkt (einem Sprungbrett) weggerückt wurde, war die Hocksprungtechnik die erste spezielle Technik im Hochsprung (Preisinger, 1990, S. 96). Der Springer läuft dabei im rechten Winkel auf die Latte zu, streckt das Sprungbein im Absprung explosiv und führt das Schwungbein und die Arme energisch nach vorn oben. Während der Steigephase hockt der Springer beide Beine an, um den Abstand KSP-Latte zu verringern. Hat er in dieser Hockstellung die Latte passiert, streckt er die Beine wieder und landet in der Schlußstellung.

Eine technische Verfeinerung des Hocksprungs stellt der sogenannte Kreuzschnepfer dar. Anlauf, Absprung und Anflug zur Latte sind dem Hocksprung ähnlich, doch legt sich der Athlet im Absprung und in der Steigephase stärker nach hinten und schlägt die Beine, nachdem sie die Latte passiert haben, nach unten und wirft („schnepfert“) zugleich die Hüfte nach oben. Dadurch entsteht eine schlängelnde Bewegung, bei der der Körper immer nahe an der Latte bleibt (vgl. Allwardt, 1935, S. 103).

Die liegende Lattenpassage mit der Schnepferbewegung erfordert im Absprung neben der größeren Sprungauslage auch einen stärkeren Rückwärtsdrehimpuls als beim Hocksprung, durch den zwar die Beine höher angehoben, Hinterkopf und Schulterblätter jedoch nach hinten abgesenkt werden und die Latte touchieren können. Damit beinhaltet die Kreuz-

schnepptechnik schon die grundsätzlichen Optimierungsaufgaben der modernen Hochsprungtechniken, im Absprung den Kompromiss zwischen Vertikal- und Drehimpuls und im Flug die Annäherung aller Körperteile an das Lattenniveau.

Schersprung

Beim Schersprung läuft der Linksspringer von der rechten Seite an und springt mit dem lattenfernen Bein ab. Der kraftbetonte Absprung wird durch das Vorhochschwingen des annähernd gestreckten Schwungbeines und der Arme unterstützt. Das lattennahe Schwungbein wird beinahe gestreckt bis zur Latte hochgeschwungen, mit einer leichten Seitbewegung über die Latte bewegt und dann aktiv nach unten geführt. Synchron zu dieser Abwärtsbewegung wird das Sprungbein, das bis dahin nach unten (Richtung Absprungpunkt) gehalten wurde, nach vorn oben geführt, so dass die Beine gestreckt und eben schierend aneinander vorbeibewegt werden. Während der Springer auf dem Schwungbein landet, wird das bis zur Latte angehobene Sprungbein seitlich über die Latte und von ihr weg geführt.

Durch das Nacheinander der Beine müssen nicht mehr beide Beine gleichzeitig über die Latte gehoben werden, entsprechend wird der Abstand KSP-Latte geringer und es kann bei ansonsten gleichen Voraussetzungen eine größere Sprunghöhe als beim Hocksprung erreicht werden. Wenn der Oberkörper bei der Lattenüberquerung nach vorne auf die Beine gedrückt oder nach hinten gelegt wird, im zweiten Fall spricht man von der Schottischen Technik, bzw. – wie beim Scherkehrsprung – auf die Seite gekippt wird, kann die Ökonomie des Sprunges noch gesteigert werden (Holzer u.a., 1914, S. 44). Die Vermutung liegt nahe, dass aus der schottischen Technik die Floptechnik entwickelt worden wäre, hätte es zu jener Zeit schon Schaumstoffkissen zur gefahrlosen Landung auf dem Rücken gegeben (siehe Abb. 2.2, mittlere Position). Aufgrund der Rücksichtnahme auf eine sichere (aufrechte) Landung in der Sandgrube waren die technische Vervollkommnung dieses Technikansatzes und damit die Steigerungsmöglichkeiten begrenzt, so dass sich die Hochspringer für lange Zeit ganz anderen Hochsprungstechniken zuwandten.

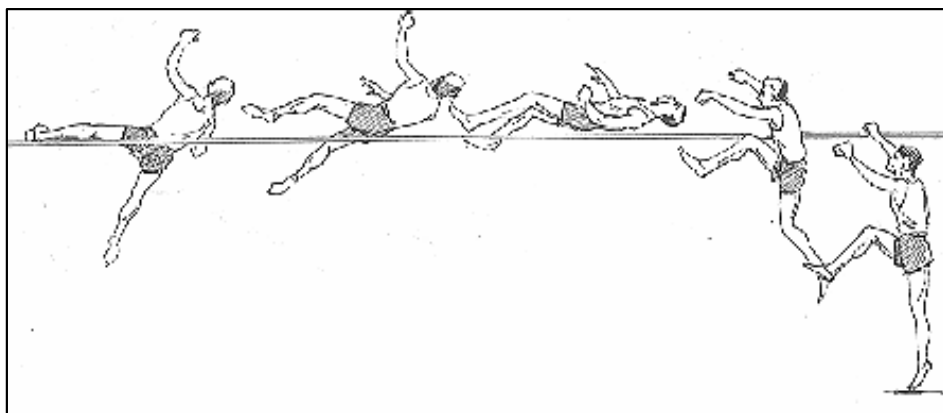


Abb. 2.2: Die Schottische Technik, eine Schersprung-Variante (Hoke, 1966, S. 529)

Rollsprung

Beim Rollsprung läuft der Linksspringer nicht mehr von der rechten Seite an die Latte heran und springt auch nicht mehr mit dem lattenfernen Bein ab, sondern nähert sich der Latte von der anderen, der linken Seite und springt entsprechend mit dem latten nahen Bein ab. Wiederum aus mittelschnellem Anlauf richtet sich der Springer in den letzten Schritten aus der Sprintvorlage auf, gelangt zum Absprung in eine leichte Rücklage und springt nach vorn oben ab. Schwungbein und Arme unterstützen durch energisches Vorhochschwingen den Absprung. Während des und nach dem Absprung kippt (rollt sich) der Springer auf die linke Seite, dadurch steigt der Oberkörper langsamer als die Beine, so dass Oberkörper und Schwungbein über der Latte in eine seitlich liegende Position gelangen. Gleichzeitig mit dieser seitlichen Neigung reißt der Springer das Sprungbein an und führt es unter dem Körper, aber über der Latte nach vorne durch. Im Lösen von der Latte streckt der Springer das Sprungbein und landet auf diesem Bein und beiden Händen, man spricht von der „Dreipunktlandung“. In der Flugphase dient das Schwungbein zum Aus-tarieren der Bewegung. Durch ein Abtauchen des Oberkörpers während der Lattenpassage kann die Rolltechnik noch verfeinert und effektiver gestaltet werden, man spricht dann vom Tauchroller (Hoke & Schmith, 1937, S. 100).

Straddle/Wälzer

Der Anlauf beim Straddle erfolgt von der gleichen Seite wie beim Rollsprung, nur aus noch spitzerem Winkel. Auch der Absprung hat Ähnlichkeit mit dem Rollsprung: Aus einer Rücklage, der sogenannten Sprungauslage, wird zugleich das Sprungbein explosiv gestreckt und das Schwungbein erst gebeugt, dann im Knie gestreckt nach vorn oben geschleudert. Beide Arme unterstützen mit einem ausholenden Vor-Hochschwung den Absprungvorgang. Das gestreckte Schwungbein wird bis zur Latte hochgeführt und taucht in etwa gleichzeitig mit dem (beim Linksspringer) rechten Führungsarm über die Latte nach unten. Die Lattenüberquerung wird zu einem Wälzen des waagrecht in der Luft liegenden Körpers mit der Bauchseite zur Latte. Während der Steige- und Drehbewegung um die Latte wird das Sprungbein zum Nachziehbein und aus der gestreckten Position am Ende des Absprungs in eine angewinkelte, abgespreizte Haltung überführt. Um beim Absprung möglichst wenig Vertikalimpuls für die Rotationen abzuzweigen, wird über der Latte durch ein Anheben des Führarms das Nachziehbein an- und von der Latte weggehoben (actio-reactio-Prinzip, vgl. Willimczik, 1989, S. 73). Der Straddlespringer landet zuerst mit dem Schwungfuß und der Hand des Führarms und rollt sich dann auf den Rücken ab.

Wenn die Wälztechnik betreffs der Lattenüberquerung auch sehr effektiv ist, da die Lattenhöhe bei gelungenen Versuchen bis auf wenige cm an die Flugbahn des KSP heran-

rücken kann¹⁷, stellt sie jedoch überdurchschnittliche koordinativ-technische¹⁸, aber auch konditionelle¹⁹ und konstitutionelle²⁰ Ansprüche an die Sportler. Daher setzte sich der Straddle nur im Männerbereich als vorrangige Technik durch²¹.

Einführung der Floptechnik

Nicht durch wissenschaftliche Analysen oder Experimente, sondern durch das Ausprobieren unterschiedlicher Lattenüberquerungsformen im Hochsprung erfand Richard (Dick) Fosbury die nach ihm benannte Floptechnik. Über den „Rückschritt“ zum Schersprung gelang ihm die zufällige Entdeckung des Flop', er hatte den Mut zur Stabilisierung und Verfeinerung des neuen Bewegungsablaufes und verhalf seiner Technik mit dem Olympiasieg 1968 in Mexiko City zur weltweiten Popularität.

Nicht ungewöhnlich bei Erfindungen wurde nach dem Olympiasieg Fosburys von Sportlern berichtet, die schon früher diese Technik angewandt haben (wollten). So weist Bernhard (1973, S. 78) in seinem Lehrbuch auf einen österreichischen Meister hin, der schon um 1960 mit einer dem Flop vergleichbaren Technik Erfolge gefeiert habe. S. Riedel belegt mit einem Foto, dass ein ostdeutscher Sportler schon 1963 in der Floptechnik die Latte überflog (Abb. 1.3). Preiss (1987, S. 25) erklärt, dass Osolin den Flop (vermutlich ist eine vergleichbare Technikvorstellung gemeint) schon in den 60er Jahren empfohlen habe. Schließlich nimmt auch die Kanadierin Debbie Brill (Bestleistung 2,00 m) für sich in Anspruch, unabhängig von und zeitgleich mit Fosbury diese Technik entwickelt zu haben, die sie den „Brill-Bend“ nannte (Brill, 1980, S. 15).

¹⁷ So z.B. Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 215; Haberkorn & Plass, 1992, S. 72; Tidow, 1994, S. 15. Eine aufgrund der besseren Vorwärtsbeweglichkeit der Wirbelsäule günstigere Lattenpassage als mit der Floptechnik, wie sie Zacharias (1994, S. 16) behauptet, konnte bei biomechanischen Untersuchungen nicht bestätigt werden. So ermittelten Waser & Nigg (1974, S. 262) bei Weltklasse-Straddlespringern ähnliche h_3 -Werte wie bei Floppern. Dem entspricht die nicht belegte Information, nach der die KSP-Flughöhe von V.Brumel bei seinem 2.28-m-Weltrekord-Sprung mit 2.37 m gemessen wurde (also $h_3 = 9$ cm).

¹⁸ Zacharias (1978, S. 1994) ist mit seiner Auffassung, der Wälzer sei bei richtiger Anleitung ähnlich schnell zu erlernen wie der Flop, weitgehend isoliert (zuletzt Hopf, 1995, S. 201). Nach Tidow (1994, S. 15) gibt es mittlerweile ... „kaum noch Institutionen und Trainer, die den Straddle leben.“

¹⁹ Wegen des kraftbetonten Absprungs bei der Straddle-Technik ist die Bedeutung der konzentrischen bzw. Maximal-Kraft für die Leistung wesentlich größer als in anderen Techniken. Nach Hollmann & Hettinger (1990, S. 202) verfügen die Frauen über durchschnittlich 70 % der Muskelkraft der Männer, bezogen auf das Körpergewicht steigt dieser Wert auf 80 %.

²⁰ Knieverletzungen, insbesondere Überlastungen der Patella-Sehne waren bei Straddlespringern verbreitet (siehe Knebel, 1977, S. 217).

²¹ Eine nachträgliche indirekte Bestätigung der begrenzten Eignung der Straddelechnik stellt der Umstand dar, dass nur Männer den mit Straddle-Elementen angereicherten kraftbetonten Flop (Powerflop oder Flop 2) erfolgreich verwandten.



Abb. 2.3: Fotodokument einer Vorform der Floptechnik (Roland Fink, 1,87 m, Leipzig, 1963; Riedel, 1998, S. 183)

Ohne diese Angaben überprüfen zu können, ist unzweifelhaft, dass die Floptechnik erst mit dem Olympiasieg Fosburys einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht und in den Folgejahren zur vorherrschenden Hochsprungtechnik wurde.

Verdrängung der alten Hochsprungtechniken durch den Flop

Immer dann, wenn neue Techniken auftauchten, dauerte es einige Zeit, bis sie sich dauerhaft gegen die alten Techniken durchgesetzt hatten. Zum Teil gab es ein Hin und Her, wie es die Weltrekordentwicklung in Tabelle 2.2 und 2.3 belegt. Im Frauenhochsprung behauptete sich der Schersprung sogar bis weit in die Straddle-Aera hinein, mit Jolanda Balas dominierte zwischen 1956 und 1965 eine Vertreterin des Scherkehrsprungs. Der leicht zu erlernende Flop setzte sich gerade bei den Frauen vergleichsweise schnell und nach wenigen Jahren in allen Klassen vollständig durch. Mit der Olympiade 1980 endete die Aera der Straddlespringer bei internationalen Meisterschaften²².

Nachdem sich der Flop als vorherrschende Technik etabliert hatte, verloren die alten Techniken im Wettkampf an Bedeutung. Sie waren entweder weniger effektiv oder nicht so leicht zu erlernen wie der Flop oder sogar gleich mit beiden Mängeln behaftet. Gegenläutende, biomechanisch begründete Positionen einzelner Autoren zugunsten der Straddle-technik²³ erscheinen, nachdem sich die Floptechnik so radikal durchgesetzt hat, eher nostalgisch motiviert.

²² Dass einige Mehrkämpfer, wie der Olympiasieger von 1988, Christian Schenk, der Straddle-technik den Vorzug gaben (1988 2,27 m), muss angesichts der ansonsten vollkommenen Verdrängung der alten Techniken durch den Flop fast als Anachronismus bewertet werden.

²³ So Tidow (1994) und Zacharias (1994).

Im Rahmen des Hochsprungtrainings behalten die früheren Hochsprungstechniken, insbesondere der Schersprung ihre Bedeutung²⁴. So bleiben die Stationen der Technikentwicklung im Hochsprung im Unterschied zu vielen anderen von der Modernisierung überholten Kulturpraktiken im Bewußtsein und Handeln erhalten.

Tab. 2.2: Weltrekordentwicklung im Hochsprung der Männer, mit Angabe der Technik

Leistung	Jahr	Name (Land)	Technikvariante
1,87	1869	J.London (Großbritannien)	Schersprung (aufrechter Rumpf)
1,89	1876	M.Brooks (England)	Hocksprung
1,94	1885	P.Davin (Irland)	Schottischer Schersprung
1,99	1908	F.Porter (USA)	Scherkehrsprung
2,01	1912	G.Horine (USA)	Flankenrollsprung
2,03	1924	H.Osborne (USA)	Rücken-Seiten-Rollsprung
2,06	1934	W.Marty (USA)	Tauchrollsprung
2,07	1936	C.Johnson (USA)	Seiten-Rollsprung
2,07	1936	D.Albritton (USA)	Parallelwälzer
2,11	1941	L.Steers (USA)	Tauchwälzer
2,12	1953	W.Davis (USA)	Tauchrollsprung
2,16	1957	J.Stepanov (UDSSR)	Tauchwälzer
2,22	1961	J.Thomas (USA)	Tauchwälzer
2,28	1963	V.Brumel (UDSSR)	Tauchwälzer
2,29	1971	P.Matzdorf (USA)	Schwedische Wälztechnik
2,30	1973	D.Stones (USA)	Speedflop
2,34	1978	W.Jatschenko (UDSSR)	Schräg-Tauchwälzer
2,35	1980	J.Wszola (Polen)	Flop (Mischform)
2,36	1980	G.Wessig (Deutschland)	Powerflop
2,37	1983	J.Zhu (China)	Speedflop
2,40	1985	R.Powarnizin (UDSSR)	Speedflop
2,45	1993	J.Sotomayor (Cuba)	Flop (Mischform)

²⁴ Beleg für die Renaissance der alten Techniken sind der 8er-Test (Drechsler, 1987, S. 778) und der Hochsprung-Mehrkampf (Killing, 1997a, S. 199), für den Anfängerbereich siehe Frey, Kurz & Hildebrand (1984, S. 101) und Haberkorn & Plass (1992, S. 94f).

Tab. 2.3: Weltrekordentwicklung im Hochsprung der Frauen, mit Angabe der Technik

Leistung	Jahr	Name (Land)	Technikvariante
1,65	1932	Jean Shiley (USA)	Schersprung
1,65	1932	Mildred Didrikson (USA)	Tauchroller
1,66	1941	Esther van Heerden (Südafrika)	Schersprung
1,71	1943	Fanny Blankers-Koen (Niederlande)	Schersprung
1,75	1956	Jolanda Balas (Rumänien)	Scherkehrsprung
1,76	1956	Mildred Mc Daniel (USA)	Straddle
1,77	1957	Cheng-Feng-Jung (China)	Scherkehrsprung
1,78	1957	Jolanda Balas (Rumänien)	Scherkehrsprung
1,91	1961	Jolanda Balas (Rumänien)	Scherkehrsprung
1,92	1971	Ilona Gusenbauer (Österreich)	Straddle
1,92	1972	Ulrike Meyfarth (Deutschland)	Flop
1,94	1972	Jordanka Blagojewa (Bulgarien)	Straddle
2,00	1977	Rosemarie Ackermann (Deutschl.)	Straddle
2,01	1978	Sara Simeoni (Italien)	Flop
2,03	1983	Ulrike Meyfarth (Deutschland)	Flop
2,05	1984	Tamara Bykova (UdSSR)	Flop
2,07	1985	Ludmilla Andonova (Bulgarien)	Flop
2,09	1987	Stefka Kostadinova (Bulgarien)	Flop

2.1.2 Einfluss veränderter Rahmenbedingungen

Populär war und ist es, neue (Hochsprung-)Techniken mit dem Hinweis auf die Kreativität der Erfinder zu begründen. Ausdruck dieser personalen Zuordnung ist die Verbindung der Technik mit dem Namen des Erfinders bzw. der Region, in der sie entstand. Der vorläufig letzte Beleg dazu ist der Fosbury-Flop²⁵. Wir gehen davon aus, dass die Entwicklung der Hochsprungtechnik nicht originär ist, sondern der Veränderung der ideellen und materiellen Rahmenbedingungen folgt. Ballreich & Ballreich (1996, S. 109) sprechen von terrain-spezifischen Vorraussetzungen für die Entwicklung neuartiger sportmotorischer Techniken

Als ideelle Voraussetzung der technischen Entwicklung kann man die Wettkampfregelel bezeichnen, die bis 1932 vorschrieben, dass der Springer die Latte mit den Beinen voraus

²⁵ Auch Preiss (1987, S. 18) führt die Technikentwicklung im Hochsprung auf Trainingsexperimente einzelner Athleten zurück, kommt jedoch im Unterschied zur allgemeinen Auffassung zu einer negativen Bewertung: Dieses Vorgehen sei unsystematisch, zeitaufwendig und exakten wissenschaftlichen Verfahren unterlegen. Angesichts des Versagens der „wissenschaftlichen Methode“ bei der Entwicklung der Hochsprungtechnik (Hay-Technik, s.u.) erscheint diese Ansicht wenig überzeugend. Wir favorisieren die Auffassung von Ballreich & Ballreich (1996, S. 110), wonach die Technikentwicklung in stärkerem Maß von der Praxis als von der Theorie vorangetrieben wird.

überqueren müßte (vgl. Jonath u.a., 1995, S. 232)²⁶. Die bei Straddle und Flop übliche Lattenüberquerung mit dem Kopf voraus war bis zu diesem Zeitpunkt also gar nicht statt- haft. Die Einschränkung war nicht willkürlich, sondern im Hinblick auf die Sicherheit der Springer bzw. die Beschaffenheit der Hochsprunganlagen aufgestellt worden, die sich in den letzten Jahrzehnten erheblich geändert haben.

Bis in die fünfziger Jahre mussten die Hochspringer in der ebenerdigen Sandgrube, den heutigen Weitsprunganlagen vergleichbar, landen (Killing, 1995b). Das erklärt, warum Techniken wie Hock- und Schersprung bevorzugt wurden, bei denen man sicher auf einem oder sogar auf beiden Beinen landen konnte. Die Springer mussten für die gefahrlose Landung einen Kompromiß zulasten der optimalen Lattenpassage eingehen bzw. zwei Ziele, die sich im Extrem gegenseitig einschränken, miteinander verbinden. So ergibt auch die damalige Regel, mit den Beinen voraus die Latte zu passieren, ihren Sinn.

Durch die Einführung der aufgeschütteten Sandhügel (60-80 cm Höhe) wurde die Falltiefe deutlich reduziert und der Aufprall gedämpft. Die Springer konnten sich nach der Lan- dung auf einem Bein und/oder einem Arm zur Seite abrollen. Techniken wie Rollsprung und Straddle ließen sich so bei relativ kleinem Gefahrenmoment ausführen, und die Vor- schriften konnten gelockert werden. Noch sicherer wurde die Hochsprunglandung, als man Anfang der 60er Jahre begann, den Sand durch Schaumstoffteile (Schnitzelhügel) zu ersetzen. Nun brauchten die mittlerweile dominierenden Straddlespringer beinahe keine Rücksicht mehr auf die Landung zu nehmen, sodass sie ihre Tauchtechnik perfektionieren konnten.

Die volle Landesicherheit erbrachten jedoch die Schaumstoffmatten, die seit ca. 1965 zum Einsatz kamen. Erst diese Sprungkissen waren die Voraussetzung dafür, dass Fosbury (und ev. andere Sportler) beim Schersprung durch seitliches Umkippen auf dem Rücken landete, dies als Vorteil erkannte und so zur Floptechnik kam²⁷. Bezeichnend ist beim Fos- bury-Flop die Namensgebung, sie weist im Unterschied zu allen technischen Vorläufern nicht auf die Lattenpassage, sondern auf die besondere, passive Weise der Landung hin (flop = plumpsen). Dies ist kein Zufall, denn der Flop ist die erste Technik, die dank der Schaumstoffkissen ohne Rücksicht auf die Landeposition entwickelt werden konnte.

So ermöglichten erst die Regeländerungen und die Anlagenverbesserung die Entwicklung der modernen Hochsprungtechniken. Die Hypothese liegt nahe, dass mit geeigneten Auf- sprunganlagen aus Schaumstoff der Flop schon vor 100 Jahren entwickelt worden wäre. Als Indiz für diese Behauptung dienen Varianten des Schersprungs wie die schottische Technik, auch als „back layout“ bezeichnet, die schon um 1900 die liegende Lattenüber-

²⁶ So wurde bei den Olympischen Spielen 1932 im Stechen ein Sprung M. Didriksons (Tauchrolltechnik) wegen unerlaubter Technik für ungültig erklärt, so dass ihre Konkurrentin M. Shiley, die mit der Schertechnik sprang, gewann (Wünsche, 1971, S. 240).

²⁷ Auch Lenk (2000, S. 7) schließt sich der Auffassung an, dass die Entwicklung der Hochsprungtechnik und die Einführung der Schaumstoffmatten in einem Zusammenhang stehen.

querungsposition ähnlich der des Flop aufweisen (s.o. Abb. 2.2). Wenn auch die Verbesserung der Aufsprunganlagen und die Lockerung der Regeln die Erfindung der Floptechnik erst möglich machten, so schmälert das Fosburys Leistung nicht, gilt dieser Umstand im Prinzip doch für jede technische Neuerung²⁸.

Auch die Bemühungen um neue Technikansätze nach Einführung des Flop' muss man in einen Zusammenhang mit den Rahmenbedingungen, hier der Vorschrift, mit nur einem Bein abspringen zu dürfen, stellen.

Relativ bekannt wurde die Hay-Technik (Hay, 1973)²⁹. Ausgehend von der Vorstellung, dass die beste Technik die sei, bei der der KSP während der Lattenpassage maximal tief liege, wollte Hay mit einer Hechtrolle bzw. einem Salto Vorwärts aus geradem Anlauf die Latte überqueren lassen. Hay errechnete, dass der KSP in der Klappmesserposition während der Überquerung 20-30 cm tiefer als die Latte läge. Diese Überlegung griff jedoch zu kurz, berücksichtigte sie doch nicht, „... dass die Einnahme und Auflösung der optimalen Klappmesserposition nur über suboptimale Lagen erfolgen kann“ (Preiss, 1987, S. 114). Damit wird die vermeintlich günstige Lage des KSP außer- und unterhalb des Körpers zunichte gemacht und sogar in ihr Gegenteil verkehrt³⁰. Der Tauchwölzer nimmt die an sich guten Überlegungen Hay's (s.u.) vorweg, mit einer Rollbewegung über der Latte die menschliche Vorwärts-Beweglichkeit bei der Lattenüberquerung optimal auszunutzen. Daher ist die Hay-Technik eher ein Rück- als ein Fortschritt. So ist es nur folgerichtig, dass die Hay-Technik – sieht man von ihrer Verwendung durch beinamputierte Hochspringer ab – bisher nicht praxiswirksam geworden ist.

Das Gleiche gilt für die Überlegung von Brogger (1990, siehe Killing, 1995b), wonach die Hochspringer aus einem turnerischen Rad abspringen und nach einer halben Drehung in der Steigephase in eine dem Flop vergleichbare Lattenpassage überleiten sollen. Auch hier wäre mit einem beidbeinigen Absprung sicher eine Leistung im Bereich der heutigen Weltrekorde zu erwarten. Sollte die Vorschrift, nach der die Springer mit nur einem Bein abspringen dürfen, aufgehoben werden, ist der Einsatz der genannten Techniken wahrscheinlich.

2.2 Überbewertung einzelner Elemente der Hochsprungtechnik

Bei allen Unterschieden in den verschiedenen Techniken war das Bemühen um eine immer ökonomischere Lattenpassage die gemeinsame treibende Kraft bei den „Erfindern“ neuer Techniken. Ähnlich wichtig, zum Teil noch bedeutsamer wurde die Rolle des Absprungs für die Leistung eingestuft.

²⁸ Erklärt aber auch, warum parallel andere Sportler/Trainer vergleichbare technische Konzepte entwickelten.

²⁹ Nachbereitungen u.a. bei Haberkorn & Plass (1992), Tidow (1994), Jonath u.a. (1995).

³⁰ Zur Kritik am Hay-Modell siehe u.a. Preiss (1987), Ballreich (1996) und Göhner (1996, S. 71).

2.2.1 Hochschätzung der Lattenpassage

Ziel der technischen Entwicklung im Hochsprung war die Überquerungsökonomie, so dass die Namensgebung für die einzelnen Hochsprungstechniken häufig aufgrund der Lattenpassage (Hocksprung, Schere, Straddle) erfolgte.

Schon frühzeitig – nach Hoke (1966, S. 527) bereits vor 1900 – stellten die Sportler und Trainer fest, dass bei gleichem Absprungimpuls die Hochsprungleistung umso besser wird, je geringer der Abstand zwischen Körperschwerpunkt und Latte ausfällt. Da der Abstand des KSP zur Lattenprojektion um so kleiner wird, je flacher der Körper über der Latte liegt, wurde die waagerechte Körperlage während der Lattenpassage zum Qualitätsmerkmal des Hochsprungs. Bei allen Grundtechniken (Hocke, Schere, Roller) wurde die Technik entsprechend verändert (siehe Tab. 2.1).

Noch günstiger wird das Verhältnis von maximaler KSP-Fluhöhe zur Lattenhöhe, wenn die Körperteile nicht mehr gleichzeitig, sondern nacheinander die Latte passieren. Auch wenn schon im alten Hocksprung, genauer gesagt, im Kreuzschnepersprung, das Nacheinander der Körperteile angestrebt wurde, so setzte sich dieses neue Ökonomieprinzip erst beim Übergang von Rollsprung zum Straddle durch. Während beim Rollsprung die Beine zur Lattenpassage unter den Körper gezogen werden und sich daher bei der Lattenüberquerung alle Körperteile zeitweise oberhalb der Latte befinden, werden die Körperteile beim Straddle nacheinander um die Latte gewälzt. Während Führarm und Schulter schon hinter der Latte abtauchen, sind Hüfte und Nachziehbein noch im Steigen bzw. Angehen der Latte begriffen. Dadurch kann der KSP im Vergleich zum Rollsprung um 10-15 cm näher an die Latte rücken bzw. die Latte bei gleicher Steigeleistung entsprechend höher gelegt werden (vgl. Knebel, 1969, S. 1582). Auch beim modernen Flop sind das Nacheinander der Körperteile, jetzt aber in der Reihenfolge Kopf-Rumpf-Beine, und die waagerechte (nun rücklings liegende) Körperposition über der Latte wesentliche Technik-elemente.

Entsprechend galt die Lattenpassage als wichtigstes Qualitätskriterium der Hochsprungstechnik. Ist diese Schwerpunktlegung zulässig, kann man fragen? Betrachtet man die geringen Leistungsunterschiede bezüglich der Lattenpassage und dagegen die deutlichen Unterschiede betreffs der Steigehöhe bei heutigen Weltklassenspringern (s.u. Kap. 8), könnte man vorschnell meinen, die Lattenpassage werde zu unrecht in den Vordergrund gerückt. Vergleicht man aber verschiedene Hochsprungstechniken miteinander, kommt man zu einem anderen Ergebnis. Während u.a. durch die immer ökonomischere Latten-

passage der neuen Sprungstile die Hochsprungleistung um ca. 40 cm verbessert wurde³¹ (siehe Abb. 2.4), kommt den Varianten bezüglich des Absprungs (z.B. Gegen- vs. Doppelarmschwung oder gebeugtes vs. gestrecktes Schwungbein) nur ein geringer Anteil an der Leistungsentwicklung zu. Das bedeutet, dass die Verbesserung der Lattepassage mit den neuen Techniken den größten Leistungsfortschritt bewirkte, ihr also in der Vergangenheit diese große Aufmerksamkeit zu Recht zuteil wurde.

Die Konzentration der Sportpraktiker und Sportwissenschaftler auf die Lattepassage ist so verständlich, darf aber nicht ins Extrem getrieben werden. Als Negativbeispiel sei auf die schon diskutierte Hay-Technik verwiesen.

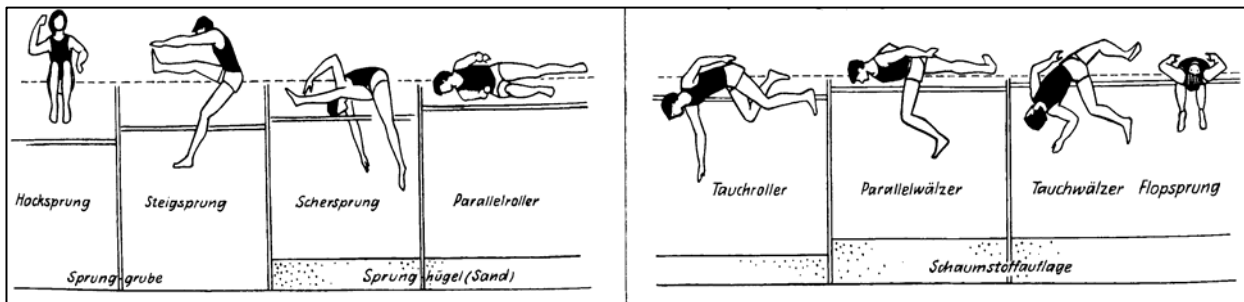


Abb. 2.4: Die Überquerungsökonomie bei verschiedenen Sprungtechniken (Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 214f)

2.2.2 Überbetonung der Schwungelemente

Die obigen Ausführungen verdeutlichen, dass frühere Anlagen und Regeln Hemmschuhe der technischen Entwicklung bzw. des Leistungsfortschritts im Hochsprung waren und zu besonderen Techniken wie Scherkehrsprung, Tauchroller und später zum Straddle führten. Um – wie es bei diesen Techniken notwendig ist – mit dem Schwungbeinfuß zuerst die Latte zu überqueren, also den untersten Körperteil zuoberst zu bringen, benötigten die Springer im Absprung viel Zeit, so dass sie die Anlaufgeschwindigkeit nur begrenzt steigern konnten. Für den seinerzeit besten Straddler der Welt, V. Brumel, gibt sein Trainer Djatschkow (hier nach Nett, 1961, S. 206) eine Anlaufgeschwindigkeit von 7.2 m/s an, andere Weltklassespringer lagen bei 6.5-6.75 m/s (Tancic, 1978a, S. 758), also deutlich unter

³¹ Ballreich (1996, S. 30) spricht von einer 30-50 cm größeren Sprunghöhe allein aufgrund der effektiveren Lattepassagen der neuen Hochsprungstechniken. Unseres Erachtens trifft eher der untere Wert zu, denn die Leistungsentwicklung der vergangenen Jahrzehnte lässt sich nur zum Teil auf die Technikentwicklung zurückführen, weitere Einflussfaktoren sind die verbesserten Rahmenbedingungen (Kunststoffbahn, Aufsprungmatte, Schuhentwicklung) und das durch trainingswissenschaftlichen Fortschritt und professionelle Vorbereitung höhere konditionelle Niveau der heutigen Sportler im Vergleich zu denen früherer Jahrzehnte. Trainingsleistungen der heute weltbesten Springer in den alten Hochsprungstechniken geben Hinweise auf den reinen Anteil der technischen Entwicklung an der Verbesserung der Hochsprungweltrekorde. Tancic (1985a) nennt Schersprungleistungen um 2.20 m für Flopspringer mit Bestleistungen von 2,35 m bis 2,40 m.

den entsprechenden Werten von Flopspringern. Dadurch war die Bewegungsdynamik bei den alten Techniken eingengt.

Die Athleten kompensierten diesen Mangel an Geschwindigkeit bzw. diese Einschränkung der Anlaufdynamik durch eine Betonung des Absprungs, insbesondere des Schwungelementeeinsatzes. Der langsame Anlauf ermöglichte den Straddlespringern, in der Absprungvorbereitung eine starke Sprungauslage vorzubereiten. Dadurch hatten die Springer im Absprung mehr Zeit und Platz, die Schwungelemente intensiv einzusetzen. Bei Hocke, Schere und Roller, insbesondere aber beim ab 1950 dominierenden Straddle wurden die tiefe Schwungbeinhocke, die starke Sprungauslage, die lang geführten Arme und das gestreckte Schwungbein zentrale Technikelemente (Abb. 2.5). Der ausladende Einsatz der Schwungelemente leistete einen wesentlichen Beitrag zum Vertikalimpuls und kompensierte teilweise die geringen Entwicklungsmöglichkeiten bezüglich der Anlaufgeschwindigkeit.

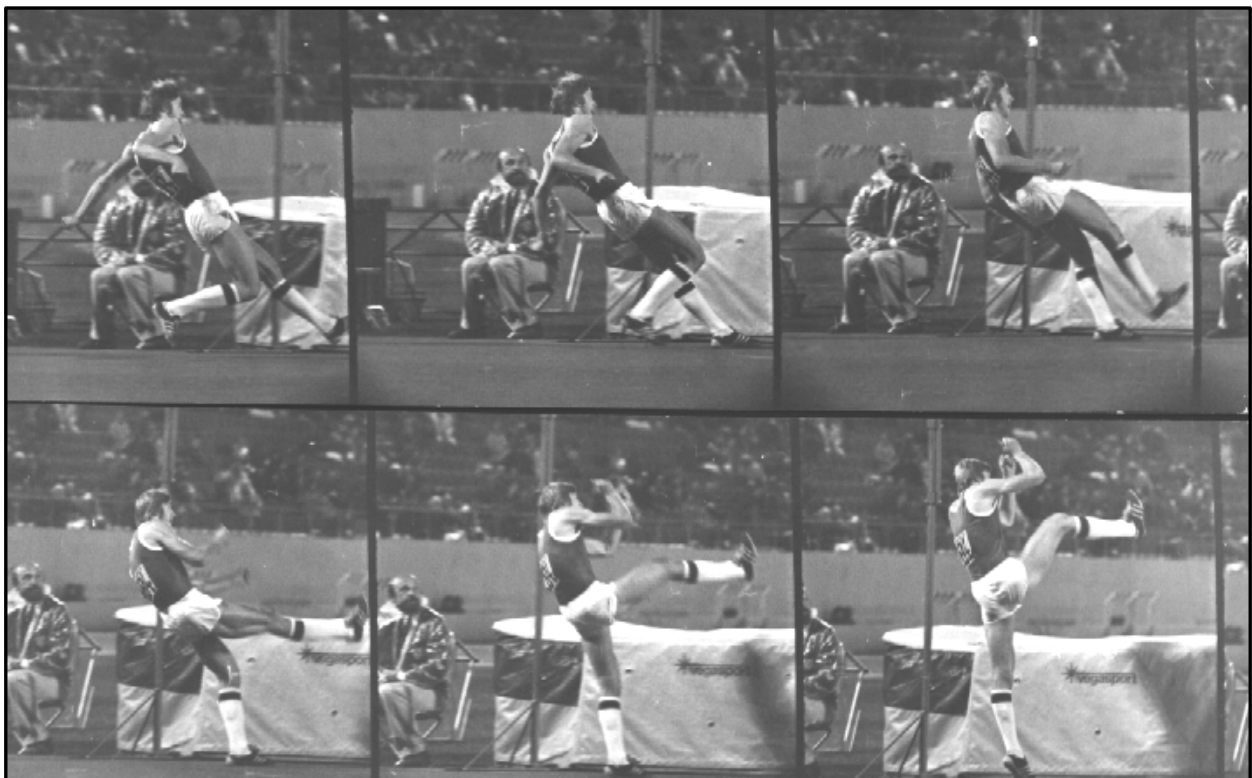


Abb. 2.5: Großräumiger Schwungelementeeinsatz bei der Straddechnik

Die starke KSP-Absenkung in der Absprungvorbereitung und der verzögerte Absprung zugunsten des intensiven Schwungelementeeinsatzes erforderten eine große Haltearbeit der Rumpf- und Beinmuskulatur. Um zu guten Leistungen zu gelangen, musste der Straddlespringer über hohe Maximalkräfte verfügen. Eine entsprechend große Rolle spielte die Entwicklung der Maximalkraft im Hochsprungtraining (vgl. Djatschkow, 1964).

Umgekehrt hatten Springer mit schlechteren Kraftvoraussetzungen, insbesondere Jugendliche und Frauen, Probleme, im Straddle zu einer guten Technik und zu guten Leistungen zu gelangen. So wichen gerade diese Gruppen immer wieder auf die älteren Techniken Schere und Roller mit geringeren Kraftanforderungen aus³². Jolanda Balas, die Ende der 50er, Anfang der 60er Jahre überragende Athletin, war als Schersprung-Interpretin daher keine Ausnahme, sondern eher typisch für den Frauenhochsprung.

Djatschkow (hier nach Nett, 1964, S. 290), in den 50er und 60er Jahren der führende Hochsprungtrainer, favorisierte den Straddle auch für Frauen, sie müssten sich die konditionellen Grundlagen eben erarbeiten. In Ermangelung einer ähnlich effektiven anderen Technik war diese Auffassung nach damaligem Erkenntnisstand vermutlich richtig.

Bei der Einführung des Flop' kam es wegen der vermeintlichen Minderachtung der Schwungelemente in dieser Technik zu erheblichen Widerständen seitens der Straddle-Befürworter³³. Hauptargumente waren der durch gestrecktes Schwungbein und lang geführte Arme höhere KSP-Abflugpunkt und der größere Schwungelemente-Impuls beim Absprung mit der Straddelechnik im Vergleich zum Flop. Ähnlich wie Hay den Fehler begangen hatte, mit der Lattenüberhöhung nur einen der leistungsbestimmenden Faktoren maximieren zu wollen, waren die Verfechter des Straddle auf den Schwungelementeeinsatz fixiert. Sie mißachteten den negativen Transfer der Ausholbewegung auf die Anlaufgeschwindigkeit. Sie verzichteten dadurch auf einen höheren Auftreffimpuls bzw. Absprung- und Vertikalimpuls.

Trotz einer immer größeren Leistungsdichte im Hochsprung favorisierten insbesondere osteuropäische Trainer und Athleten bis Ende der Siebziger Jahre die Straddelechnik³⁴. Die Erfolge von Ackermann (1977 2,00 m) und Jatschenko (1978 2,35 m), den letzten Weltrekordlern in der Straddle-Technik, stärkten diese Auffassung noch. Diese Kritiken führten zu der Überlegung, auch im Flop „lange Schwungelemente“ einzusetzen (gestrecktes Schwungbein, langer Doppelarmschwung, siehe Hopf, 1972b), man spricht vom Powerflop oder Flop 2 im Unterschied zum Speedflop oder Flop 1, der mit kurzen Schwungelementen gesprungen wird (Tancic, 1978). Eine Reihe von Weltklasseathleten

³² Dies erklärt zum Teil auch die Ausführungen von Wischmann (1960, S. 276), der auf eine Reihe von Athleten verweist, die vom Wälzer wieder zu ihren alten Techniken Scher- und Rollsprung zurückkehrten.

³³ Anfang der 70er Jahre wurde über den Hochsprung-Biotyp diskutiert. Während Vittori (1971) noch meinte, die Floptypen seien in der Minderzahl, erkannte Hopf (1972a) schon kurze Zeit später, dass das Reservoir an Talenten (Biotypen) für den Flop erheblich größer sei.

³⁴ Interessant in diesem Zusammenhang ist die Empfehlung von Tancic (1978a, S. 789 und 825) für Straddle- und Flop-2-Springer, Elemente des Flop 1 zu übernehmen, also schneller anzulaufen und abzuspringen und die Schwungelemente kürzer zu führen. Der ostdeutsche R. Beilschmidt realisierte diese Vorstellungen auf Weltklassenniveau (BL 2,31 m).

aus den Siebziger und frühen Achtziger Jahren belegen die Wirksamkeit dieser Technikvariante³⁵.

2.3 Hochsprung: Eine Disziplin mit vielen Freiheitsgraden

Die Vielfalt der Hochsprungstechniken weist auf die enormen Bewegungsfreiräume bzw. Freiheitsgrade dieser Disziplin. Der Begriff Freiheitsgrad bezeichnet hier die Anzahl der Bewegungsmöglichkeiten einzelner Gelenke oder Gelenkketten. Die Gesamtzahl der Freiheitsgrade des menschlichen Bewegungsapparates wird mit 244 angegeben (Saziorsky, 1984, S. 20 und Meinel & Schnabel, 1998, S. 55). Durch Fixierungen einzelner Gelenke oder Gelenkketten (z.B. Turnen, beidarmiger Griff der Reckstange) oder durch dominierende Bewegungsaufgaben (z.B. Entwicklung einer maximalen Geschwindigkeit in eine Hauptbewegungsrichtung wie im Weitsprung) wird der Bewegungsspielraum (die Zahl der Freiheitsgrade) eingeschränkt. Diese Einschränkungen sind im Hochsprung gering (auf den Sprungbeinstütz begrenzt). Viele Bewegungen können alternierend oder substituierend eingesetzt werden. Äußerer Indiz dieser Freiräume sind die ganz unterschiedlichen Anläufe in den einzelnen Techniken (Abb. 2.6).

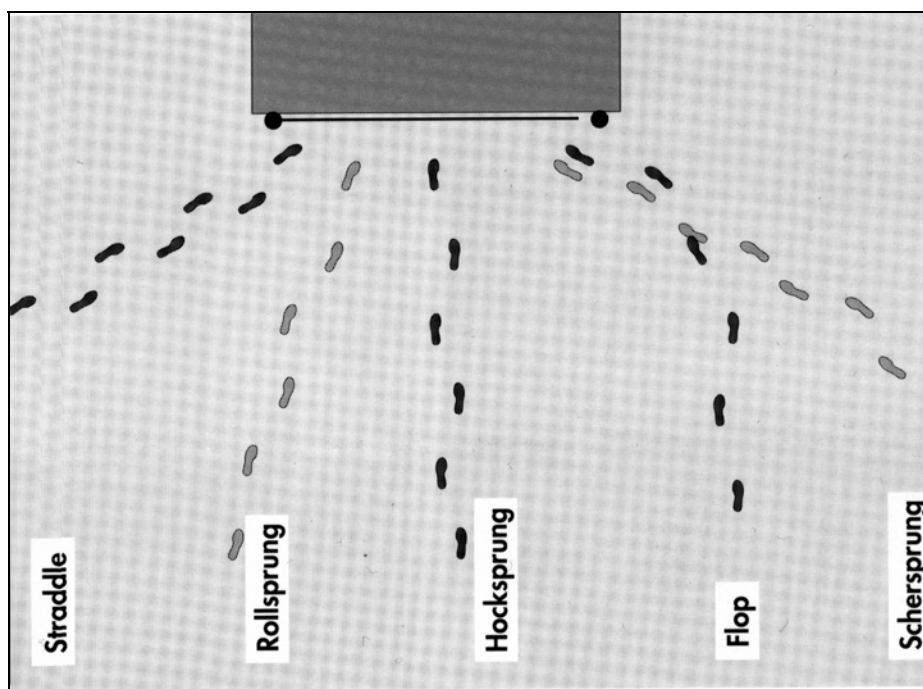


Abb. 2.6: Die Anläufe für die unterschiedlichen Hochsprungstechniken für Linksspringer (Killing, 1995a, S. 11)

³⁵ Flop-2-Springer mit internationalem Niveau waren Mayor (Hun) BL 2,24 1972, Shapka (UdSSR) 2,25 m 1974, Grigorjev (UdSSR) 2,30 1978, Killing (BRD) 2,28 m 1978, Wielart (Ned) 2,28 m 1978, Wesig (DDR) 2,36 m 1980 und Zvara (TCH) 2,36 m 1987. Die Flop-2-Springer verschwanden aber ähnlich den Straddle-Interpreten mit dem „Aussterben“ der Straddle-Trainer und -springer.

Eine derartige Varianz ist beispielsweise im Weitsprung nicht möglich. Aufgrund der Dominanz der Anlaufgeschwindigkeit für die Weitsprungleistung findet eine starke Normierung des Anlaufs (gerader Anlauf, annähernd maximale Anlaufgeschwindigkeit, entsprechend geringe Spielräume für die KSP-Verlagerung) und des Absprungs statt. Eine Abweichung (z.B. das seitliche Ausweichen) würde automatisch und deutlich die Leistung reduzieren. Durch die Transformation von primär horizontaler in primär vertikale Bewegung während des Absprungs hat die Anlaufgeschwindigkeit im Hochsprung nur bedingt Durchschlagskraft auf die Leistung. Der Flop hat über den bogenförmigen Anlauf und das Aufrichten aus der Innenlage im Absprung zusätzliche Bewegungsfreiräume, die ihn für jeden Bewegungs- und Konstitutionstyp geeignet scheinen lassen.

2.4 Einfluss des Flop auf die Leistungsentwicklung im Hochsprung

Schon mehrfach wurde auf den positiven Einfluss der Einführung der Floptechnik auf die Leistungsentwicklung im Hochsprung hingewiesen. Hollmann & Mader (2000, S. 11) nennen die Einführung des Fosbury-Flops als Beleg für die Steigerung der Weltrekorde aufgrund der technisch-biomechanischen Entwicklung. Folgt man der Ansicht der Lehrbücher, so hat die Einführung der Floptechnik insbesondere die Leistungsbreite auf allen Niveaustufen deutlich verbessert, erheblich mehr Springer als zuvor erreichen bestimmte Sprunghöhen (u.a. Jonath u.a., 1995, S. 231). Weiter oben konnten wir jedoch zeigen, dass der Verdrängungswettbewerb der neuen gegenüber den alten Techniken immer einen längerdauernden Prozess mit zeitweiligen Rückschlägen darstellt (s.o. Tab. 2.2 und 2.3). So müssen die Jahre 1969-1980 als Übergangsperiode gedeutet werden, in der Springer mit beiden Techniken den Weltstandard bestimmten.

Nachfolgend sollen Spitzenleistungen bzw. Leistungsdichte im Hochsprung vor und nach Einführung der Floptechnik untersucht werden. Die Forschungshypothesen lauten dazu

- die Einführung der Floptechnik hatte einen positiven Einfluss auf die Leistungsentwicklung im Hochsprung
- durch die Einführung der Floptechnik wurde die Leistungsdichte im Hochsprung größer

Aufgrund der zuvor ausgeführten längerdauernden Übergangszeit ist die Überlegenheit der Floptechnik gegenüber dem Straddle nicht mit einem einfachen Vorher-Nachher-Vergleich zu belegen. Vielmehr sind aufwendigere Verfahren erforderlich, die den langfristigen Trend der Leistungsentwicklung, aber auch zeitlich befristete Veränderungen berücksichtigen müssen.

Dazu werden ausgehend von einer Literaturdiskussion geeignete Methoden gesucht, mit denen die Weltranglisten der vergangenen 40 Jahre im Bezug auf die Wirksamkeit der Einführung der Floptechnik analysiert werden sollen.

2.4.1 Literaturdiskussion

Leistungsentwicklungen lassen sich in unterschiedlicher Weise darstellen und interpretieren. Bauersfeld & Schröter (1998, S. 213) orientieren sich an den Weltrekorden zu einem definierten Termin und zählen aus, wie viele Athleten in den Folgejahren diesen Wert übertreffen. So vermitteln sie eine Vorstellung von der Leistungsentwicklung in einer Disziplin. Tabelle 2.4 verdeutlicht die sprunghafte Leistungsentwicklung im Hochsprung von 1972 bis 1984. Vergleicht man die Leistungsentwicklung im Hochsprung mit der Dreisprung, ist erstere deutlich größer, dies betrifft gleichermaßen die Zuwachsraten wie die Absolutwerte.

Tab. 2.4: Zunahme der Leistungsdichte im Männerhoch- und -dreisprung von 1960-1984
Jeweils Anzahl der Springer pro Jahr mit Leistungen über den Weltrekorden von 1960 (Hochsprung 2,22 m, Dreisprung 17,03 m), nach Bauersfeld & Schröter (1998, S. 213)

Jahr	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96
Hochsprung	1	1	1	5	18	62	128	111	126	127
Dreisprung	1	-	3	5	3	10	29	39	37	31

Die Aufstellung von Bauersfeld & Schröter ist zwar eine erste Veranschaulichung des Zusammenhangs, doch hat sie gravierende methodische Mängel. Indem Weltrekorde zu willkürlich ausgewählten Terminen als Vergleichswerte herangezogen werden, macht man sich von zufälligen Entwicklungen, hier Ausreißern nach oben, abhängig. Letzelter (2000, S. 3) weist darauf hin, dass die Entwicklung der Weltrekorde große Unregelmäßigkeiten aufweist und daraus abgeleitete Trendkurven problematisch sind. Ursache außergewöhnlicher Rekorde ist das (seltene) Zusammenfallen besonders guter innerer (athletenbedingter) und äußerer Bedingungen (Witterung, Geräte usw.). Deutlich wird dieses Phänomen am sogenannten „Fabelweltrekord“ von Bob Beamon im Weitsprung, der 1968 unter extrem günstigen Umständen wie Höhenlage und Rückenwind den Weltrekord um 55 cm auf 8,90 m verbesserte. Nähme man statt des Dreisprungs den Weitsprung als Vergleichsdisziplin und statt 1960 das Jahr 1968 als Bezugsjahr, gäbe es im Weitsprung der Männer bis heute keine bzw. eine rückläufige Entwicklung zu verzeichnen (8,90 m wurden bisher erst einmal übertroffen), im Hochsprung dagegen eine sprunghafte Entwicklung entsprechend der in Tabelle 2.4 dargestellten, die man – fälschlicherweise – ausschließlich der Einführung der neuen Technik zuschreiben würde.

Tab. 2.5: Zunahme der Leistungsdichte im Männerhoch- und -dreisprung von 1964-1996 Untere Zahlenreihen: Anzahl der Springer pro Jahr mit Leistungen über den 1964 gültigen Weltrekorden (Hochsprung 2,28 m, Dreisprung 17,03 m)

Jahr	64	68	72	76	80	84	88	92	96
Hochsprung	0	0	0	4	14	44	49	51	47
Dreisprung	0	4	5	3	10	28	39	37	31

Ein hohes Niveau hatte auch der Dreisprungweltrekord von 1960 (Schmidt 17,03 m), der erst acht Jahre später übertroffen wurde, der Hochsprungweltrekord von 1960 dagegen kann als normal eingestuft werden. Nimmt man die Weltrekorde des Jahres 1964 (Hochsprungweltrekord mit 2,28 m über dem langjährigen Trend, der Dreisprungweltrekord immer noch bei 17,03 m, jetzt aber unterhalb des Trends) als Maßstab der späteren Leistungsdichte, erscheint die Entwicklung im Hochsprung nur noch geringfügig der im Dreisprung überlegen (Tab. 2.5). Entsprechend ist die Aussage der deutlich stärkeren Leistungsentwicklung im Hochsprung nach Bauersfeld & Schröder in Frage zu stellen. Geeigneter sowohl als Vergleichs- wie auch als Bezugsgrößen sind gewogene Werte wie der Mittelwert oder gleitende Durchschnitte (vgl. Bortz, 1999, S. 33).

Aufgrund dieser Kritik erscheint es sinnvoller, gewogene Mittel zur Beurteilung von Leistungsdichte und –entwicklung heranzuziehen, wie es Dickwach & Scheibe (1993, S. 33f) bei der Untersuchung der Jahresweltbestenlisten von 1965 bis 1991 unternommen haben. Sie bestimmten für die leichtathletischen Sprung- und Wurfdisziplinen jährlich die Bestleistung, die Mittelwerte der Plätze 1-10 und 11-50 und die durch gleitende Mittelwerte 7. Ordnung von zufälligen jährlichen Schwankungen gereinigten Polygonzüge der Mittelwerte. Sie ermitteln für alle Disziplinen einen steilen Leistungsanstieg in den Jahren von 1964 bis 1984-88 (Hochsprung Männer bis 1990), danach eine Stagnation bzw. sogar einen Leistungsabfall, den sie auf verstärkte Dopingkontrollmaßnahmen und gesellschaftspolitische Veränderungen zurückführen.

Bezüglich der Leistungsdichte kommen sie zu einem, den Aussagen von Bauersfeld & Schröder widersprechenden Ergebnis, dass nämlich die Kurven für den Mittelwert der besten Zehn und für den Mittelwert der Leistungen von Platz 11-50 parallel verlaufen, die Leistungsdichte gemessen an diesen beiden Parametern also konstant bleibt. Daraus leiten sie ab, dass die positiven (wie die negativen) Einflüsse sowohl für die Spitze wie für die Breite gelten.

Die Leistungsentwicklung im Hochsprung kann demnach nicht allein der Einführung der Floptechnik zugeschrieben werden, im gleichen Zeitraum machten sich weitere positive Einflüsse leistungsfördernd bemerkbar, von denen auch Springer mit anderen Hochsprungstechniken bzw. Sportler in anderen leichtathletischen Disziplinen profitiert hätten:

- materielle Verbesserungen (Schuhwerk, elastische Absprungbeläge, Aufsprungmatten)

- erhöhter Trainingsumfang
- effektivere Trainingsmethoden, -mittel und -übungen
- Verbesserung der medizinisch-physiotherapeutische Betreuung
- bessere Ernährung, Substitution, Doping
- Wechselwirkungen aller Einflussfaktoren

So ermittelte Lames (1994) bei einer Zeitreihenanalyse der jeweils weltbesten 20 Kugelstößer der Jahre 1960-1992 zwei Phasen (Rampen) deutlicher Leistungsveränderungen, eine sogenannte Dope-In-Phase der Jahre 1966-72, in denen die Leistung um 1,95 m steigt und eine Dope-Out-Phase, in der die Leistung um 0,48 m zurückgeht. Anhand eines ARIMA-Modells mit Dummy-Variablen für die Kovarianten konnte er die Wirkung der ersten Rampe signifikant, die der zweiten als nicht signifikant nachweisen. Da die Einführung der Floptechnik in den Zeitraum der ersten Rampe fällt, sind Überlagerungen nicht auszuschließen. Will man den Einfluss der Einführung der Floptechnik herausarbeiten, müssen andere, zeitgleiche oder zeitnahe Einflüsse neutralisiert werden.

Lames weist im Rahmen seiner Kugelstoßanalyse auf einen weiteren Faktor der Leistungsbeeinflussung hin: die Olympiazyklen. Jeweils im Olympiejahr lassen sich Leistungsspitzen beobachten. Lames & Letzelter (1987, S. 46f) und Dickwach & Scheibe (1993, S. 35) konnten bei ihrer Analyse ausgewählter leichtathletischer Disziplinen die olympiabedingten saisonalen Schwankungen nur eingeschränkt oder nicht für den Hochsprung bestätigen.

2.4.2 Untersuchungsmethodik

Um die Frage nach der Wirkung der Einführung der Floptechnik auf die Leistungsentwicklung im Hochsprung zu beantworten, muss zunächst ein geeignetes Untersuchungskollektiv gefunden werden. Dieses sollte ein hohes Leistungsniveau, möglichst Weltstandard aufweisen und – um geschlechtsspezifische Unterschiede herauszuarbeiten – Männer und Frauen umfassen³⁶. Daher haben wir die Jahresweltbestenlisten der IAAF der letzten 40 Jahre (1959-1999) zur Untersuchung herangezogen.

Der Leistungsfortschritt kann durch den Vergleich der Leistungen für bestimmte Platzierungen bestimmt werden. Entsprechend übernahmen wir aus den IAAF-Jahrbüchern die Leistungen der jeweils 20 Besten sowie die der 50. und 100. in unsere Ausgangsdatei. Um Ergebnisverfälschungen aufgrund herausragender Einzelleistungen zu vermeiden, bestimmten wir für jedes Jahr zusätzlich die Mittelwerte der besten 10 bzw. 20 Athleten.

³⁶ Eine Unterscheidung in eine Versuchsgruppe (flächendeckende Einführung der Floptechnik ab 1968) und eine Kontrollgruppe (vorerst keine Einführung der Floptechnik), erschien kurzzeitig realisierbar, nutzten die Hochspringer der osteuropäischen Staaten doch bis zum Ende der 70er Jahre beinahe ausschließlich die Straddle-Technik (WR 1978 Ackermann 2,00 m, Jatschenko 2,35 m). Diese scheinbar quasiexperimentellen Bedingungen werden jedoch durch eine Reihe von Ausnahmen durchbrochen, so dass diese Versuchsanordnung verworfen werden musste.

Eine Weltjahresbestenliste ist eine linksschiefe Verteilung, d.h., es gibt nur wenige Spitzen- und viele, mit absteigendem Rangplatz zunehmende mittlere Leistungen (Dickwach & Scheibe, 1993, S. 33)³⁷. Daher sind – abgesehen von den Spitzenpositionen – neben den Mittelwerten auch bestimmte, hintere Platzierungen wie der 50. oder der 100. Platz gewogene Werte, unterliegen sie doch der „Konkurrenz“ der Nachbarwerte, wonach gute Leistungen einen höheren Rang erhalten, schlechte einen niederen. Während Mittelwerte durch herausragende Einzelergebnisse (z.B. 8,90 m von Beamon, 55 cm vor dem 2., d.h., der Mittelwert der besten Zehn wird um 5,5 cm, der der besten 20 um 2,75 cm angehoben) in ihrer Ausgewogenheit beeinträchtigt werden, können bestimmte Platzierungen durch besonders gute Bedingungen für gleich eine Gruppe von Athleten verfälscht werden.

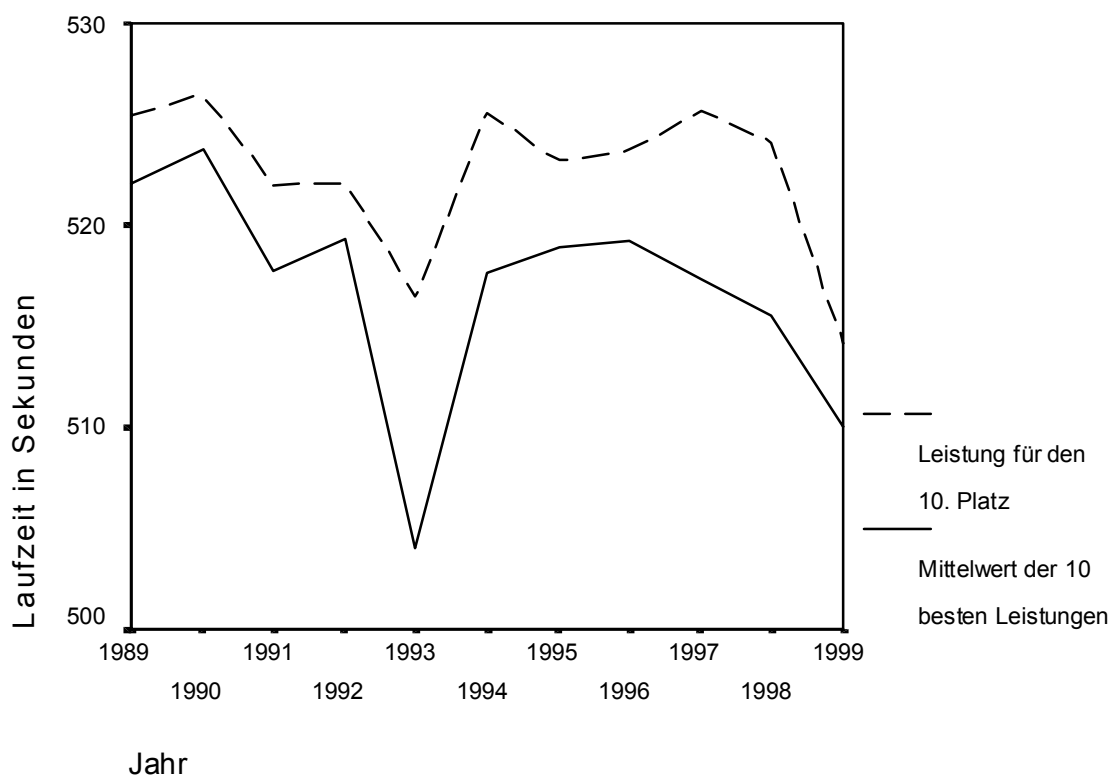


Abb. 2.7: Vergleich der zehntbesten Leistung mit dem Mittelwert der zehn besten Leistungen im 3000-m-Lauf der Frauen der Jahre 1989-1999

Ein auf die Weltrangliste durchschlagendes Ereignis dieser Art stellt der 3000-m-Endlauf der Frauen bei den chinesischen Meisterschaften 1993 dar, in und mit dem sich gleich sieben Athletinnen unter den zehn besten Läuferinnen der Welt platzieren konnten. Abbildung 2.7 verdeutlicht jedoch, dass selbst in diesem Fall der zehnte Platz einer weniger starken Abweichung unterworfen ist als der Mittelwert der besten zehn, da die chinesi-

³⁷ Wegen des unklaren Verteilungsstatus' zogen die Autoren neben dem T-Test (Voraussetzung Normalverteilung) auch den U-Mann-Whitney-Test für parameterfreie Verteilungen zum Mittelwertsvergleich heran.

schen Ergebnisse nicht bis Platz zehn der Weltrangliste durchschlugen. Sie hatten zwar einen Verdrängungseffekt für andere Läuferinnen, doch weisen diese „normale“ Ergebnisse auf, so dass der zehnte Platz im Unterschied zum Mittelwert nur leicht verbessert ist.

Immerhin weist das Beispiel grundsätzlich auf Störeffekte durch besonders gute Wettkämpfe für Mittelwerte und Rangpositionen im oberen Mittelfeld hin. Wenn gerade in einem bestimmten oberen Leistungsbereich eine Häufung guter Ergebnisse eintritt, werden die entsprechenden Werte beeinträchtigt. Dickwach & Scheibe (1993, S. 34) differenzieren daher zwischen extrem guten Leistungen, die gewöhnlich bis zu Platz acht bzw. zwölf (Mittel Platz zehn) einer Weltrangliste reichen, und normalen Leistungen.

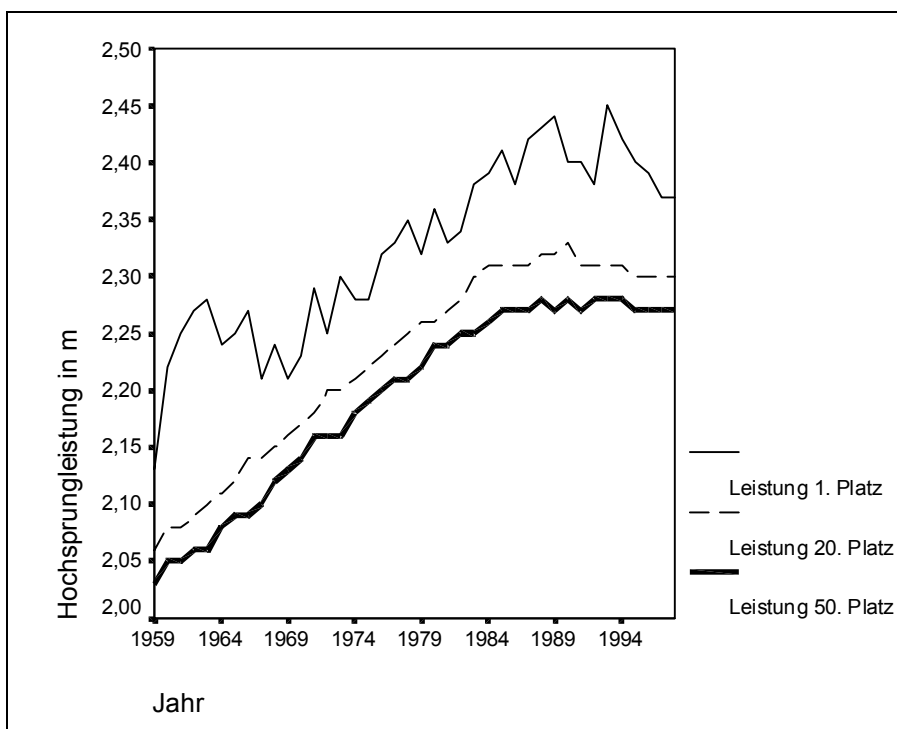


Abb. 2.8: Vergleich verschiedener Platzierungen der Weltranglisten 1959-99 für den Hochsprung der Männer

Abbildung 2.8 zeigt für den Männerhochsprung, dass mit absteigendem Rangplatz die Ausgeglichenheit der Kurven zunimmt, für die Plätze 50 und 100 verändern sich die Kurven von Jahr zu Jahr maximal um 1 cm, also um die kleinste Messeinheit³⁸. Daraus kann man ableiten, dass zufällig besonders gute Einzel- oder Gruppenergebnisse in diesem Rangbereich keinen Einfluss auf die Gewogenheit der Leistungsentwicklungskurven haben.

³⁸ Erklärend dient hier der Hinweis, dass die Leistung für einen bestimmten Platz per Zufall 1 cm höher oder niedriger liegen kann, der Mittelwert dagegen diese Schwankung nivelliert.

Um zeitgleich aufgetretene leistungsbeeinflussende Wirkfaktoren, z.B. systematisches, vermehrtes und qualitativ besseres Training, zu neutralisieren, musste eine Kontrollgruppe herangezogen werden. Wir entschieden uns für den Weitsprung als Vergleichsdisziplin, weil es sich erstens um eine Sprungdisziplin handelt und zweitens die anderen Sprungdisziplinen (Drei- und Stabhochsprung) erst seit einigen Jahren auch von Frauen wettkampfmäßig betrieben werden und daher für langfristige Untersuchungen nicht in Frage kommen (vgl. Dickwach & Scheibe, 1993, S. 38). Auch der Weitsprung profitierte von der Entwicklung des Trainings und der Materialien in den letzten Jahrzehnten (Schuhwerk, elastische Anlaufbahn, leistungsstärkere Absprungbalken), insofern neutralisiert der Vergleich beider Disziplinen die entsprechenden Auswirkungen auf die Leistungsentwicklung im Hochsprung³⁹. Daher ermittelten wir analog dem Hochsprung die entsprechenden Leistungen und Platzierungen der weltbesten Weitspringer und Weitspringerinnen.

Die vorliegenden Daten zum Hochsprung werden verrechnet und in Graphiken abgetragen, anhand derer eine erste Interpretation hinsichtlich der Fragestellung erfolgen soll. Zunächst werden die Leistungen an sich analysiert, also Trends, zyklische Phänomene und Ausreißerwerte diskutiert. Die Ergebnisse der Interpretation werden mittels statistischer Verfahren, insbesondere über Regressionsrechnungen, Mittelwertevergleich und Zeitreihenanalysen mittels des ARIMA-Modells auf Signifikanz geprüft.

Zur Überprüfung der These von der gestiegenen Leistungsdichte im Hochsprung werden die Differenzen zwischen Spitzenwerten und Leistungen für bestimmte Platzierungen gebildet und interpretiert. Im Unterschied zu Letzelter (2000), der bei seiner Analyse der Weltrekorde die Differenzen zwischen den jeweiligen Weltrekorden einerseits und dem 2. Platz bzw. dem Mittelwert der besten 20 andererseits (in Standard- bzw. z-Werten) bestimmte, möchten wir – gemäß unserer besonderen Fragestellung – auch für die jeweiligen Spitzenleistungen gewogene Werte verwenden.

Um durch besonders günstige Bedingungen erzielte überdurchschnittliche Leistungen für bestimmte vordere Ränge zu nivellieren und um Parallelität zu anderen Untersuchungen zu gewährleisten, werden für die oberen Ranglistenwerte (1-10 und 1-20) Mittelwerte bestimmt. Um Veränderungen in der Leistungsdichte zu ermitteln, werden – in Ergänzung zu Dickwach & Scheibe – zur Berücksichtigung hinterer Ranglistenplätze die Differenzen zwischen den gewogener Spitzenleistungen und den erforderlichen Leistung für den 20., 50. und 100. Platz jeden Jahres ausgewertet. Entsprechend der These müssen die Differenzen nach 1968 geringer werden.

³⁹ Einschränkung muss auf den quasiexperimentellen Charakter des Disziplinvergleichs hingewiesen werden. So wirkt die Einführung der Schaumstoff-Aufsprungmatten im Hochsprung auch bei den anderen Techniken – wenn auch in beschränktem Ausmaß – leistungsfördernd und hat kein Äquivalent im Weitsprung. Da diese Matten Ende der 60er Jahre entwickelt und nach Einführung des Flop' eine rasch Verbreitung fanden, sie also zeitgleich mit dem Flop auftraten, ist ihr Effekt auf diesem Weg nicht von dem der Technik zu separieren.

Schließlich werden Hoch- und Weitsprungdaten einander gegenübergestellt, um Störeffekte zu neutralisieren. Um Weit- und Hochsprung einander vergleichbar zu machen, werden die Leistungen anhand der Mittelwerte der jeweiligen Leistungen von 1959-1968 relativiert, wobei diese mit 100 % angesetzt werden. Die Leistungsentwicklungen werden wiederum anhand der Graphiken diskutiert und zunächst anhand der Rangreihenanalyse nach Kendall und schließlich nach einigen Transformationen mittels des T-Tests auf signifikante Unterschiede überprüft.

2.4.3 Ergebnisdarstellung und Diskussion

In Abbildung 2.9 sind die Verlaufskurven der Mittelwerte der jeweils besten 20 Hochspringer der Jahre 1960-1999 abgetragen. Die Kurven für die Männer wie für die Frauen weisen bis 1984 bzw. 1988 einen dauerhaften starken Anstieg auf, dann findet ein Abflachen bzw. bei den Männern sogar ein Nachlassen der Kurven statt. Hier kann auf einen ähnlichen Effekt geschlossen werden, wie ihn Lames (1994) für den Kugelstoß mit der Kovarianten „dope-out“ bezeichnet hat⁴⁰ und wie er mittlerweile in allen Schnellkraftdisziplinen der Leichtathletik zu beobachten ist.

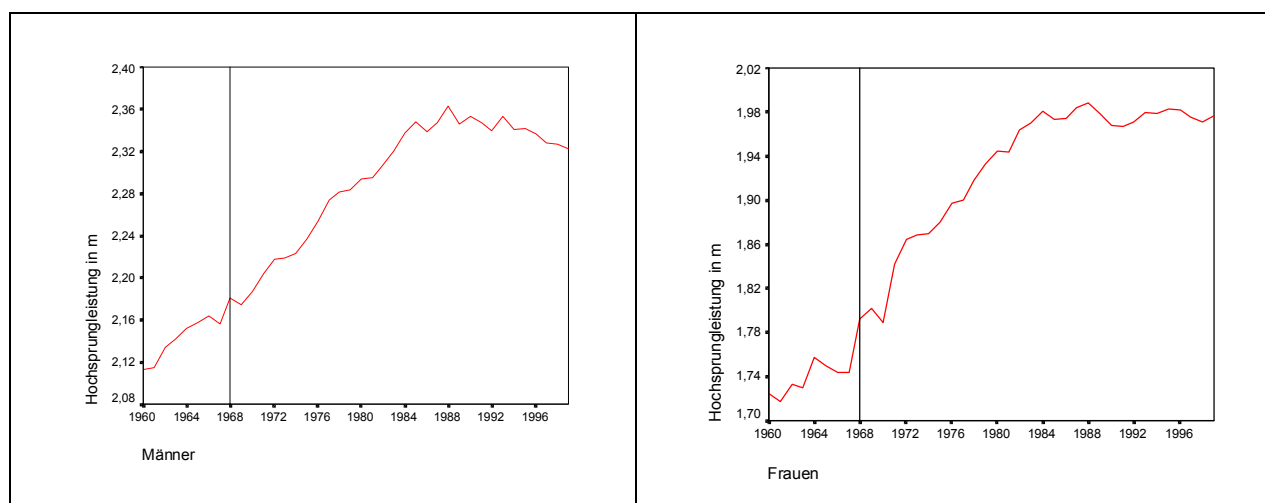


Abb. 2.9: Leistungsentwicklung der Mittelwerte der zwanzig besten Hochspringer in den Jahren 1960-1999

Während der Anstieg der Kurven bei den Männern von den 60er bis in die 80er Jahre kontinuierlich, beinahe linear verläuft, lassen sich bei den Frauen in den Jahren 1964-1973 erhebliche Schwankungen dieses gewogenen Wertes feststellen. In der Summe ist jedoch

⁴⁰ Der Name legt nahe, dass die verstärkten Trainings-Doping-Kontrollen seit dem Ende der 80er Jahre zur Leistungsstagnation bzw. -rückgang geführt haben. Doch sind auch andere Ursachen denkbar, z. B. das weltweit nachlassende Interesse an der Leichtathletik. Singler & Treutlein (2001, S. 43) stellen auch für den Frauenhochsprung einen Zusammenhang zwischen dem Leistungsrückgang nach 1988 und den vermehrten Dopingkontrollen her.

auch für die Frauen ein starker Leistungsanstieg zu verzeichnen. Die mittelfristigen Kurvenverläufe (für jeweils Zehn-Jahresabschnitte) lassen nicht erkennen, dass der Leistungsanstieg nach 1968 besonders zugenommen hätte, kurzfristig betrachtet trifft das bei den Frauen in den Jahren 1967-69 und 1970-72 zu, doch müssen entsprechend auch Rückgänge in den Jahren 1965-66 und 1970, und ein Nachlassen der Steigung ab 1973 festgestellt werden. Insofern scheint die Interpretation nicht angemessen, nach der die Zuwächse der Jahre 1970-72 als eine durch die Flopeinführung bedingte Rampe oder gar Stufe einzustufen sein.

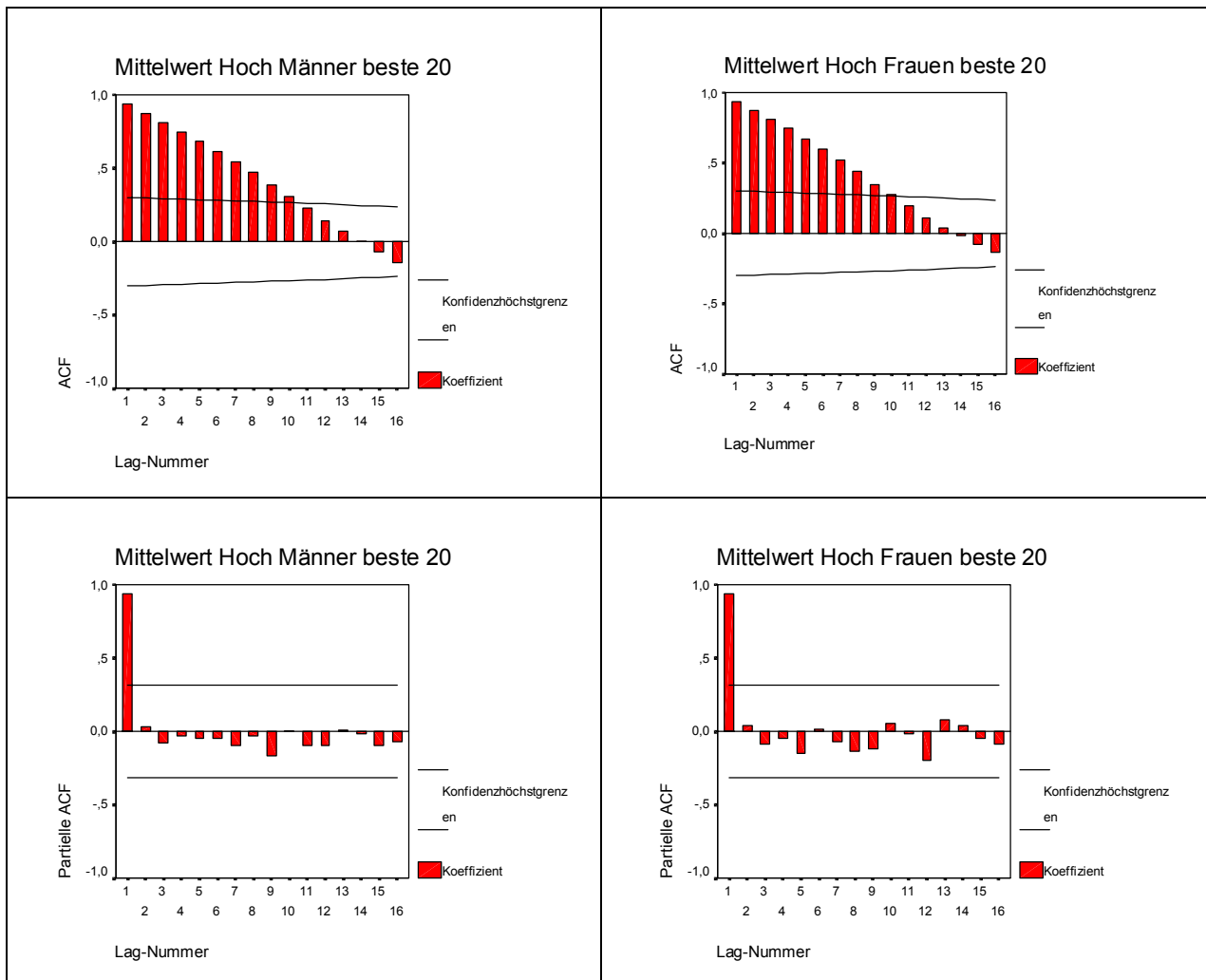


Abb. 2.10: Zeitreihenanalyse mittels des ARIMA-Modells für die Leistungsentwicklung im Hochsprung (Mittelwert der jeweils 20 weltbesten Hochspringer der Jahre 1959-1999)

Nachfolgend soll anhand der Zeitreihenanalyse und mittels Bestimmung der Regressionsgleichungen festgestellt werden, ob die Einführung der Floptechnik zu signifikanten Veränderungen im Leistungsanstieg geführt hat. Bei einer Zeitreihenanalyse werden durch Differenzbildungen zwischen den einzelnen Messzeitpunkten bestimmte Einflüsse, z.B.

Trends, herausgerechnet, so dass Auswirkungen einzelner Interventionen sichtbar bzw. bestimmbar werden (vgl. Wilhelm, 1999, S. 483f).

Die Zeitreihenanalysen in Abbildung 2.10 bestätigen, dass die Leistungsentwicklungen im Hochsprung nicht stationär sind (vgl. Bortz & Döring, 1995, S. 538f). Das ACF-Diagramm weist einen kontinuierlich abnehmenden autoregressiven Prozess an, der bis zum 9. bzw. 10. Lag signifikant ist. Durch das PACF-Diagramm wird dieses Ergebnis insofern präzisiert, dass nach Herauspartialisierung der autoregressiven Funktion 1. Ordnung die mehrjährigen Autoregressionen unbedeutend werden (Vermutung: white noise). Die überwiegend negativen Ausschläge in der PACF weisen auf die geringer werdenden Zuwächse hin, doch sind die Beträge nicht signifikant. Die Zeitreihen werden also durch einmalige Differenzbildung stationär, es handelt sich demnach um ein ARIMA-Modell (0,1,0), die Leistung eines Jahres wird primär durch die Vorjahrsleistung geprägt. Das heißt, auf diesem Weg ist keine Auswirkung der Einführung des Flop' auf die Leistungsentwicklung im Hochsprung nachzuweisen.

Untersucht man die Kurven hinsichtlich der Olympiazyklen, lassen sich jeweils besondere Leistungsanstiege in den Olympiejahren verzeichnen, die mit der Zeitreihenanalyse belegbar sind, jedoch weniger stark als im Kugelstoßen ausfallen (vgl. Lames, 1996, S. 51).

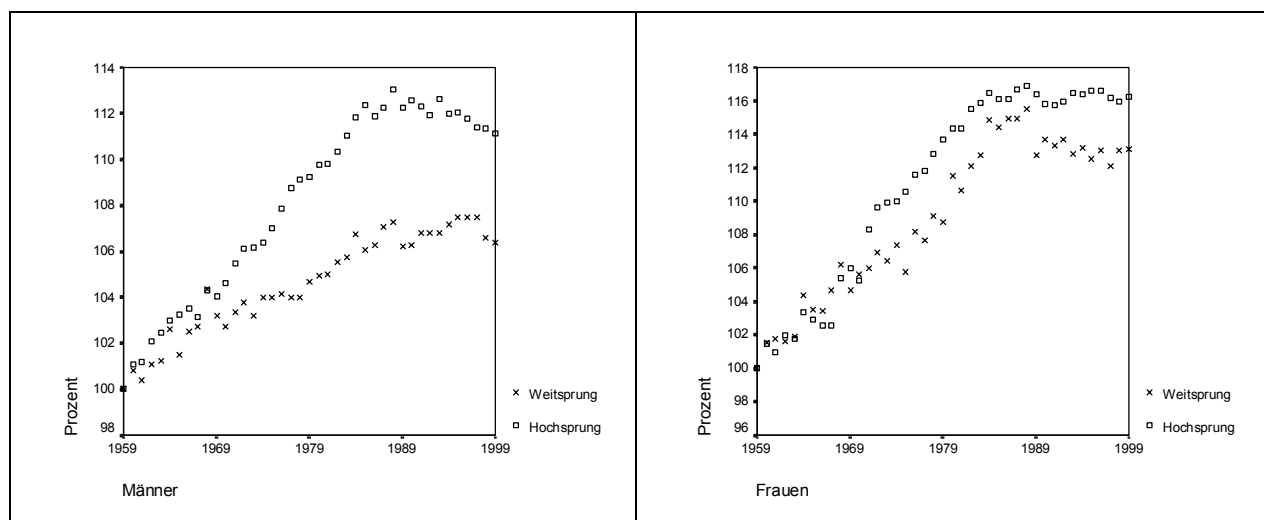


Abb. 2.11: Prozentuale Leistungsentwicklung im Hoch- und Weitsprung von 1959-1999. Mittelwerte der jährlich 20 Weltbesten in Prozent des Mittelwerts 1959-60

Nachdem die sportliche Leistung durch viele Faktoren bestimmt wird (s.o.), soll durch den Vergleich mit einer verwandten Disziplin, hier dem Weitsprung, der Einfluss anderer Einflussgrößen neutralisiert werden. Abbildung 2.11 zeigt zum einen, dass die Frauen prozentual in beiden Disziplinen einen stärkeren Leistungszuwachs aufweisen als die Männer. Die Abbildungen weisen zum anderen auf, dass die Leistungsentwicklung in den beiden

Disziplinen von 1959-1968 relativ ausgeglichen verläuft, dass sich jedoch seit 1969 die Leistungen im Hochsprung jeweils deutlich stärker als die im Weitsprung entwickelt haben, wobei die Schere bei den Männern stärker als bei den Frauen ausgeprägt ist⁴¹.

Dieses Ergebnis legt den Schluss nahe, dass im Verhältnis zum Weitsprung die Einführung des Flop' eine positive Wirkung auf die Leistungsentwicklung der jeweils zwanzig weltbesten Hochspringer gehabt hat. Dieses mit dem widersprechenden vorigen (eine rückläufige Entwicklung der absoluten Leistungen) Ergebnis verbindend, kann man folgern, dass durch die Einführung der Floptechnik der schon Ende der sechziger Jahre einsetzende Rückgang des jährlichen Leistungsanstiegs in den untersuchten Sprungdisziplinen für den Hochsprung gemindert wurde.

Um die unterschiedlichen Kurvenverläufe von Hoch- und Weitsprungleistungen zu quantifizieren, sind unterschiedliche Methoden denkbar. Lienert & Limbourg (1977, S. 22) argumentieren, dass Zeitreihenuntersuchungen zumeist heuristischen Zwecken dienen und daher auch heurostatistische Methoden zur Analyse genügen. Sie empfehlen entsprechend Rangreihen-Analysen nach Kendall. Danach werden zunächst die in Prozentzahlen ausgedrückten empirischen Werte in Rangreihen übertragen und mit einer aufgrund des Interventionstyps ermittelten „Ankerreihe“ verglichen. Da wir es bei der Einführung der Floptechnik mit einer dauerhaften Intervention zu tun haben, müssten sich Hoch- und Weitsprung vor Einführung des Flop in der Rangfolge beständig abwechseln, nach der Intervention der Hochsprung beständig den Vorrang behalten. Die Ankerreihe für den Hochsprung würde also lauten: (... ,1,2,1,2,1,2,1,2, Intervention ,1,1,1,1,1,...).

Der Blick auf die Rangpositionen in Tabelle 2.6 zeigt, dass die empirischen Daten das Modell für die Frauen bestätigen. In den Jahren vor Einführung des Flop' liegt die prozentuale Entwicklung der Weitsprungleistung sogar überwiegend vor der im Hochsprung, so dass die Ausgangssituation für die Führungsrolle des Hochsprungs nach der Intervention noch ungünstiger als im Modell ist. Doch nimmt die Hochsprungsentwicklung nach der Intervention (Einführung des Flop') einen so positiven Verlauf, dass die entsprechenden Prozentwerte durchgängig vor denen im Weitsprung liegen. Für die Männer bestand jedoch schon in den Jahren davor eine Überlegenheit des Hochsprungs, so dass die Untersuchungsmethode trotz der dauerhaften Überlegenheit des Hochsprungs nach der Intervention zu keinem signifikanten Ergebnis führen kann bzw. ungeeignet ist.

⁴¹ Die überragende Entwicklung im Frauenweitsprung der 80er Jahre und der starke Leistungsabfall in den folgenden Jahren mag ebenfalls mit der dope-in-dope-out-Problematik zusammenhängen. Beachte hier die Abhängigkeit der Weitsprung- von der Sprintleistung und die entsprechenden Entwicklungen im Frauensprint.

Tab. 2.6: Rangpositionen der auf den Mittelwert der Jahre 1959-60 bezogenen Hochsprungmittelwerte der 20 Weltbesten im Verhältnis zu den entsprechenden Werten im Weitsprung und zum Interventionsmodell „Stufe“

Jahr	59	60	61	62	63	64	65	66	67	1968	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
Modell	1	2	1	2	1	2	1	2	1	Inter- vention	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Männer	2	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Frauen	1	1	2	1	1	2	2	2	2		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nachdem die Transformation in Rangreihen einen Informationsverlust darstellt, suchten wir nach anderen, höherskaligen Analyseverfahren. Indem die prozentualen Leistungsentwicklungen in beiden Disziplinen um den durchschnittlichen jährlichen Zuwachs in der Disziplin mit dem geringeren Zuwachs (also der Steigung der Regressionsgeraden für den Weitsprung⁴²) gemindert werden $[y = x-(n-1)b]$, erreicht man für diese Disziplin Stationarität, die jährliche Abweichungen beruhen ausschließlich auf Nicht-Trendkomponenten. Dadurch werden beide Entwicklungen mathematisch-statistisch vergleichbar. Schlicht (1988, S. 73) empfiehlt im anderen Zusammenhang, nach der Eliminierung der Trends die Residuen mittels des T-Tests auf statistische Bedeutsamkeit zu prüfen. Wir führten daher T-Tests für unabhängige Stichproben für die vier untersuchten Jahrzehnte durch. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1.7 zusammengefasst.

Tab. 2.7: T-Test für unabhängige Stichproben zum Vergleich der korrigierten prozentualen Leistungsverläufe, bezogen auf den Mittelwert der 20 Weltbesten des Jahres 1959-1960 in Hoch- und Weitsprung

Zeitraum	Männer		Frauen	
	T-Test	Signifikanz	T-Test	Signifikanz
1959-1968	1,595	0,128	-0,982	0,339
1969-1988	7,520	0,000	5,937	0,000
1969-1978	17,796	0,000	6,575	0,000
1989-1999	13,773	0,000	6,204	0,000

Für die Jahre vor Einführung des Flop' ließen sich erwartungsgemäß keine signifikanten T-Werte bestimmen. Für die drei folgenden Intervalle sind die Unterschiede zwischen den Entwicklungen der zwanzig weltbesten Hoch- und Weitspringer für Männer und Frauen hochsignifikant, wobei die Unterschiede im vierten Zeitraum nur Ergebnisse der unterschiedlichen Anstiege im zweiten und dritten Zeitraum darstellen. Die geringeren T-Werte (Mittelwertsunterschiede) bei den Frauen weisen auf den stärkeren Leistungsanstieg in beiden Disziplinen hin, der sich bei der Beseitigung der Trends nivellierend bemerkbar macht.

⁴² Nachdem aufgrund der prozentualen Umformung die Konstanten der Regressionsgleichungen jeweils nur geringfügig von 100 (Prozent) abwichen, erschien uns diese Umformung zulässig.

Immerhin kann auf diesem Umweg der positive Einfluss des Flop' und eventueller anderer, zeitgleich einsetzender, dauerhafter Interventionen auf die Leistungsentwicklung als statistisch abgesichert belegt werden. Hier zu beachten ist, dass Zeitreihenanalysen nur das zeitliche Abfolgeverhältnis, nicht notwendig Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln. Lienert & Limbourg (1977, S. 22) sprechen daher von interventionsbezogenen, nicht interventionsbedingten Änderungen. So können über den Vergleich zum Weitsprung zwar eine Reihe von Einflussfaktoren neutralisiert werden, jedoch nicht alle. Hier ist an die Einführung der Hochsprungmatten gedacht, die im Weitsprung keine Entsprechung hat, jedoch auch für die anderen Hochsprungstechniken von Vorteil war, so dass der starke Leistungsanstieg im Jahrzehnt nach Einführung des Flop' durchaus auch auf Leistungssteigerungen in der Straddelechnik zurückzuführen sein kann.

Zur Untersuchung der These, dass die Leistungsdichte nach Einführung der Floptechnik insbesondere bei den Frauen stark zugenommen habe, werden die Differenzen zwischen dem Mittelwert der jeweils besten zehn Springer eines Jahres und den entsprechenden Leistungen für den 20., 50. und 100. Platz untersucht. Abbildung 2.12 zeigt diese Differenzen für den Hoch- und den Weitsprung der Männer und der Frauen. Die Graphiken verdeutlichen, dass der grobe Verlauf der verschiedenen Differenzen einem liegenden S vergleichbar ist, dass also zunächst große Differenzen zwischen den Spitzenwerten und den 20., 50. und 100. Plätzen auftreten, diese zwischen 1960 und ca. 1975 kleiner werden, also eine zunehmende Dichte der Leistungen besteht, um dann bis ca. 1990-1995 größer zu werden und sich schließlich zu stabilisieren. Dieser große Trend wird durch viele und erhebliche Ausreißer in seiner Aussagekraft geschwächt.

Differenziert man nach Disziplinen und Geschlecht, lassen sich Besonderheiten ausmachen. Bei den Männern verlaufen in beiden Disziplinen die linearen Anpassungs- bzw. Trendlinien annähernd waagrecht, nur die Differenzen zur Leistung für den 100. Platz nehmen leicht zu. Eingedenk der Zunahme der Absolutleistungen ist diese Zunahme jedoch zu vernachlässigen. D.h., die Leistungsdichte ist, absolut gemessen, über den gesamten Zeitraum in beiden Disziplinen nicht größer geworden.

Bei den Frauen dagegen weisen die Anpassungslinien jeweils parallele Verläufe auf, wobei für die Weitspringerinnen das liegende S ansteigende Tendenz aufweist und entsprechend dem Trend zu immer größeren Differenzen zwischen Spitzenleistungen und mittleren bzw. hinteren Ranglisten-Leistungen führt. Relativiert werden muss diese Aussage insofern, dass die Leistungen in den vergangenen 40 Jahren erheblich zugenommen haben. Setzt man die verschiedenen Differenzen in Beziehung zu den absoluten Leistungen, fällt die Zunahme der Differenzen deutlich geringer aus.

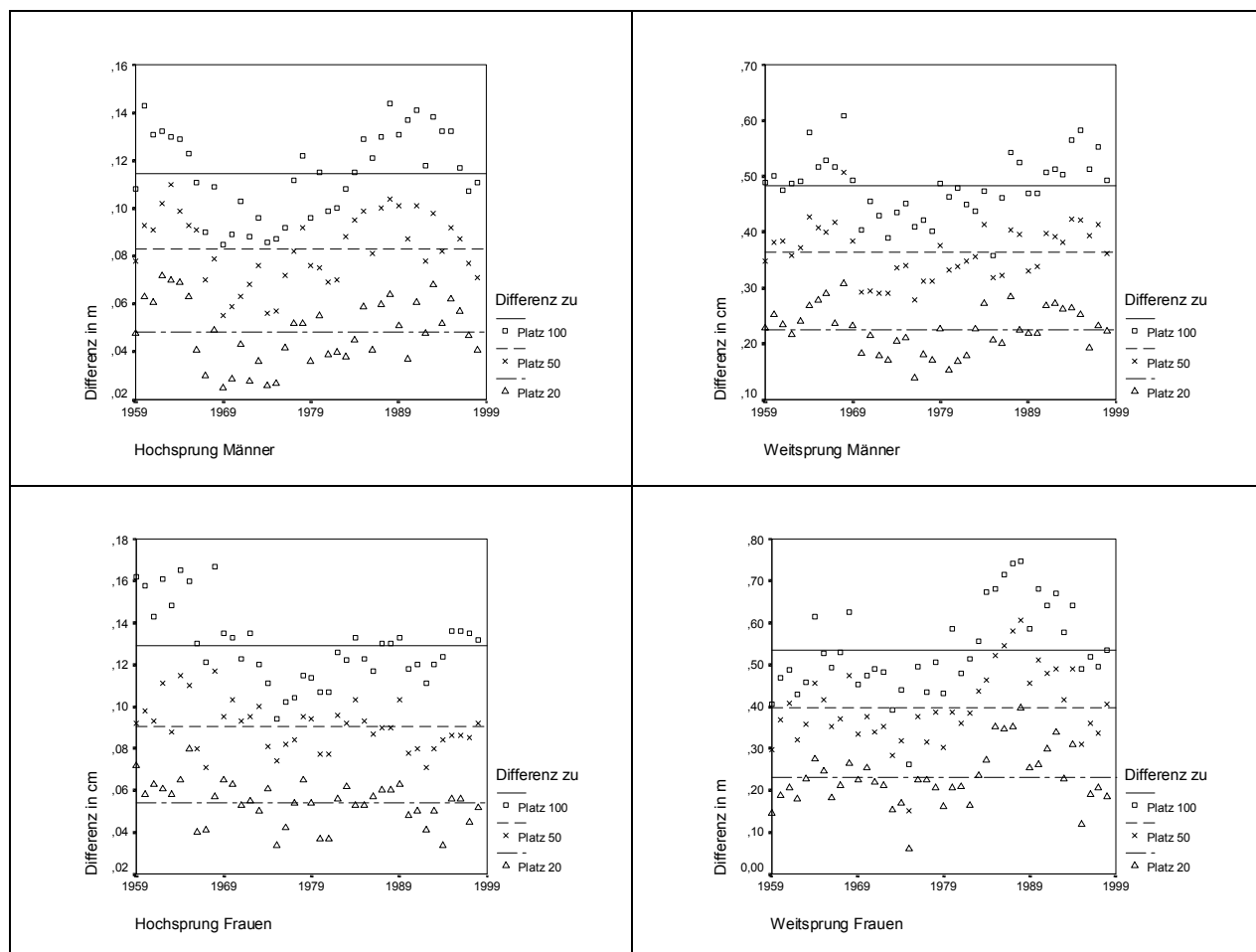


Abb. 2.12: Differenzen zwischen dem Mittelwert der zehn weltbesten Hoch- und Weit-
springer und dem 20., 50. und 100. der Weltrangliste der Jahre 1959-1999

Bei den Hochspringerinnen dagegen hat das liegende S, ohnehin schwach ausgeprägt, ebenso wie die Anpassungslinien fallende Tendenz, d.h., die Differenzen werden geringer. Wiederum bezogen auf die auch im Hochsprung gestiegenen Absolutleistungen, ist die Abnahme der Differenzen noch gravierender, d.h., die Unterschiede zwischen der absoluten Weltspitze und den hinteren Weltranglistenplätzen werden geringer. Dadurch wird die zweite Hypothese, dass die Einführung des Flop' insbesondere bei den Frauen zu einer höheren Leistungsdichte geführt hat, gestützt und kann als bestätigt angenommen werden.

Während unsere Ergebnisse für den Frauenweitsprung, im Prinzip auch für Männerhoch- und Weitsprung mit dem durch Mittelwertsvergleiche ermittelten Dickwach & Scheibe (1993, S. 36) übereinstimmen, gibt es für den Frauenhochsprung eine leichte Diskrepanz. Während wir sinkende Abstände zwischen dem Mittelwert der besten Zehn und den festgesetzten hinteren Ranglistenplätzen feststellten, gehen Dickwach & Scheibe von unveränderten Abständen zwischen den Mittelwerten der Leistungen von Platz 1-10 und Platz 11-50 aus. Diese Diskrepanz kann zweifach relativiert werden:

- Zum einen haben sich die Autoren im Vergleich zu unserer Untersuchung auf die oberen 50 Weltbestenlistenleistungen beschränkt (der Mittelwert der Leistungen 11-50 entspricht etwa der Leistung für Rang 30), wogegen wir mit der Bestimmung der Differenz zur Leistung für den 50. und 100. Platz eine größere Verteilung untersucht haben. Betrachtet man die Trendlinien in Abbildung 2.12, stellt man für den Abstand Mittelwert Platz 1-10 zum 20. Platz nur eine geringe Neigung der Trendlinie fest. Bei den größeren Abständen (50., 100. Platz) wird die Abnahme der Differenzen größer.
- Zum anderen nehmen die Autoren keine Relativierung in Bezug auf die gestiegenen Absolutwerte in dem Sinne vor, dass ein Betrag von 15 cm bei Absolutwerten von 2,00 m und 1,90 m eine relativ kleinere Differenz ist (7,5 %) als bei Absolutwerten von 1,80 m und 1,70 m (8,3 %). D.h., die von Dickwach & Scheibe ermittelten gleichen Differenzen bedeuten, relativ gesehen, eine erhöhte Leistungsdichte.

Beide Aspekte schwächen die Diskrepanz zwischen dem Befund von Dickwach & Scheibe und unserem Ergebnis entscheidend ab, so dass wir weiterhin von der Richtigkeit unserer Ergebnisse und unserer Folgerungen, also dem positiven Einfluss der Flopeinführung auf die Leistungsdichte im Frauenhochsprung ausgehen können.

Als Erklärung für die unterschiedliche Entwicklung der Leistungsdichten bei Männern und Frauen kann die schon weiter oben aufgestellte These dienen, nach der die zuvor dominierende Hochsprungtechnik, der Straddle, über seine hohen Anforderungen an die Halte- und Funktionsmuskulatur für Männer besser als für Frauen geeignet war, so dass die Männer nur geringfügig, die Frauen jedoch erheblich von der Einführung des Flop profitierten.

Damit können die eingangs formulierten Hypothesen, nach denen die Einführung der Floptechnik sowohl das Leistungsniveau als auch die Leistungsdichte im Hochsprung verbessert haben, für die Frauen voll, und für die Männer nur betreffs des gestiegenen Leistungsniveaus als vorläufig bestätigt gelten.

3 Anfängermethodik zum Erwerb der Grobform im Hochsprung

Als Dick Fosbury in der zweiten Hälfte der 60er Jahre den Flop „erfand“, geschah das nicht aufgrund methodischer Überlegungen, sondern eher spontan bzw. zufällig. In der Folgezeit analysierten Sportpädagogen und Bewegungswissenschaftler die neue Technik und erörterten insbesondere, wie der Flop Anfängern optimal zu vermitteln sei. So wurde in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl von methodischen Hinführungen zur Floptechnik entwickelt. Die unterschiedlichen Lehrwege werden im Folgenden beschrieben und in ihren Stärken und Schwächen analysiert. Aufgrund dieser Analysen möchten wir in einer Art Synthese eine neue Flopmethodik entwickeln, empirisch überprüfen⁴³ und in ihren Ergebnissen diskutieren.

3.1 Literaturdiskussion

3.1.1 Methodik und motorisches Lernen

Es ist eine grundsätzliche und längst noch nicht gelöste Frage, ob es beim Erlernen von Bewegungen im Hinblick auf die Entwicklung einer eigenverantwortlichen Persönlichkeit und hier speziell motorischer Handlungskompetenz sinnvoller ist, dass der Trainer/Lehrer eine Technik vorgibt, die sich zur Lösung der Bewegungsaufgabe bewährt hat, oder dass der Schüler für eine allgemeine Bewegungsaufgabe selbständig Lösungswege entwickeln muss⁴⁴. Wir sind der Auffassung, dass die letztgenannte Auffassung ihren besonderen Wert für die allgemeine Bewegungsschulung insbesondere in künstlerisch ästhetischen Sportarten hat, nicht aber in Disziplinen, deren Wirksamkeit sich in Metern und Sekunden festmachen lässt. Zudem legt die Ausrichtung auf den Leistungssport eine frühzeitige Orientierung an Bewegungssollwerten nahe (Neumaier, 1997, S. 186). Für diese Disziplinen/Sportarten muss nach Wegen gesucht werden, wie der Sportler schnell und stabil zu effektiven Bewegungsabläufen und guten Leistungen kommt. Das impliziert, dass er auf die Erfahrungen von Generationen seiner Vorgänger zurückgreifen und sie sich zunutze machen muss. Solche Erfahrungen kristallisieren sich in der Regel in einem Lehrprogramm.

⁴³ Die Untersuchung wurde 1995/96 gemeinsam mit Kruber (Universität Landau) durchgeführt; dazu erschienen bisher mehrere Publikationen: Killing & Kruber (1995a+b) und Kruber & Killing (1996).

⁴⁴ Letztere Auffassung korrespondiert mit Forderungen der Reformpädagogen Anfang des 20. Jahrhunderts, wonach das Kind selbständig Bewegungsaufgaben entdecken und anschließend lösen soll (Übersicht dazu bei Gruppe & Krüger, 1991, S. 119). Reformpädagogische Aspekte finden sich auch in der Kritik von Hopf (1995, S. 202), der vom Kind und vom Leben ausgehend Lernvorgänge initiieren möchte.

Die Beiträge zum Erwerb der Floptechnik wurden primär von „Praktikern“ getragen, entsprechend wurde mehr um die richtige Methodik als um die richtige Theorie gerungen. Dabei wurde zu oft vergessen, dass die Methodik das motorische Lernen erleichtern soll, es aber nicht ersetzen kann. Nach Volger (1990, S. 17) ist die Übungsreihe als Anregung für den Übungsleiter oder Sportlehrer zu verstehen, Bewegungsfertigkeiten zu vermitteln. Ebenso wichtig wie die Auswahl einer geeigneten Methodik ist die Optimierung der Begleitumstände des Lernens:

- Schaffen einer lernfreundlichen Situation
- Berücksichtigung der jeweiligen Innensicht des Lernenden, Hopf (1995, S. 202) spricht von der Erlebniswelt des Lernenden
- Beachtung des Alters/Lernalters des Lernenden, das späte Schulkindalter als „bestes motorisches Lernalter“ (Meinel & Schnabel, 1998, S. 289)⁴⁵
- Erzeugung und Erhalt der Motivation über den gesamten Lernprozess
- Einhaltung zentraler Lernprinzipien:
„vom Einfachen zum Schweren“, „vom Bekannten zum Unbekannten“, ...
- dosierte individuelle Rückmeldungen während des Bewegungslernens

Ohne unwichtig zu werden, muss die Lernmethodik in diesen Kanon von Einflussfaktoren eingeordnet werden, soll sie optimal wirksam werden. Dabei kann ihre Rolle je nach Lernsituation größer oder kleiner sein.

- Während im Einzeltraining die Individualität des Lernenden in den Vordergrund treten wird, benötigt der Lehrer/Trainer beim Gruppentraining in Schule/Verein allgemein anwendbare Orientierungen bzw. Anleitungen zur Bewegungsvermittlung.
- Je weniger erfahren der Lehrende in der Vermittlung motorischer Fertigkeiten ist, umso wichtiger ist eine ausformulierte Lehrmethode.
- Ist das Lernziel (wie im vorliegenden Fall: „Erwerb einer effizienten Hochsprungstechnik“) klar definiert, erleichtert die Vorgabe einer idealtypischen Bewegung bzw. genau definierter Lernschritte dem Lernenden den Lernprozess⁴⁶.

Das heißt, dass eine explizite Vermittlungsmethode insbesondere bei eindeutig festgelegten Lernzielen, größeren Übungsgruppen und wenig erfahrenen Ausbildern sinnvoll ist. Nitsch & Neumaier (1997, S. 42) definieren Lernen „... als Verinnerlichung von Erfahrungen mit der Folge einer relativ überdauernden Veränderung der individuellen Handlungsorganisation.“

⁴⁵ Ausgelöst durch kritische Anmerkungen von Willimczik weist Winter (2001, S. 454f) darauf hin, dass Meinel & Schnabel das „beste motorische Lernalter“ nur als das beste der Kindheit und als ersten Höhepunkt der motorischen Entwicklung einstufen. Die Zeit nach der Reifung stelle einen weiteren Höhepunkt in der motorischen Entwicklung dar, die jedoch durch frühere Fehlentwicklungen beeinträchtigt sein kann.

⁴⁶ Dass für die Entwicklung des Kindes/Jugendlichen auch der spielerische, ungesteuerte Erwerb von Bewegungsfertigkeiten von Bedeutung ist, wird damit nicht bestritten; vielmehr müssen beide Erwerbsformen, also die angeleitete wie die freie, nebeneinander bestehen (Kruber & Killing, 1996, S. 21).

Wichtige Lehrmethoden sind die Teillern-, die Ganzheitsmethode und die methodische Reihe. Die Teillernmethode (Synonyme: Teilmethode, analytische oder analytisch-synthetische Methode) wurde schon im 19. Jahrhundert entwickelt und hatte ihre Blütezeit bis zum Ende des 1. Weltkrieges (Stiehler, 1976, S. 218). Nach dieser Methode wird eine Bewegung in relativ unabhängige Einzelteile unterteilt, die jeweils für sich erarbeitet werden und erst, wenn ein bestimmter Könnensstand erreicht ist, zur Gesamttechnik zusammengefügt werden.

Die Teillernmethode ist besonders für aneinandergereihte Übungen (z.B. Turnkür) geeignet. Bei komplex zusammengesetzten Bewegungen ist die Gefahr groß, dass Teil- und Gesamtbewegung in wichtigen zeitlich-räumlichen und dynamischen Aspekten nicht übereinstimmen, es bei der „Zusammensetzung“ der Teile zum Ganzen zu Problemen kommt und wichtige Aspekte der Variabilität innerhalb der Technikautomatisierung vernachlässigt werden.

Die Ganzheitsmethode (Synonyme: Ganzmethode, globale Methode oder Ganzlernmethode) wurde zeitlich später (um die Jahrhundertwende) entwickelt und muss als Reaktion auf die (zu) starke Zergliederung der Zielbewegungen durch die Teillernmethode verstanden werden (Stiehler, 1976, S. 219). Unter der Ganzheitsmethode versteht man das Lernen der gesamten Bewegung ohne spezielle Vorübungen allein aufgrund des Betrachtens und Nachahmens von Vorbildern. Diese Methodik eignet sich besonders für einfache, nicht weiter zerlegbare Bewegungen. Ist die zu erlernende Bewegung für den Lernenden zu schwierig, wird er mit der Ganzheitsmethode überfordert, so dass der Technikerwerb misslingt.

Eine Synthese aus Teillern- und Ganzheitsmethode stellt die methodische Reihe dar. Darunter ist eine nach der Schwierigkeit des Erlernens bzw. nach fachlichen Zielen und Aufgaben gestufte Anordnung von durchzuführenden Übungen gemeint (Sass, 1993, S. 664). Um zweckmäßige Vereinfachungen zu entwickeln, müssen die spezifischen Überforderungsmerkmale bekannt sein (Neumaier, 1997, S. 193). Ein Lernschritt baut systematisch auf dem anderen auf, so dass jeweils nur dosiert neue Bewegungselemente erlernt werden müssen. Eine Unterform der methodischen Reihe stellen die methodischen Hilfen dar, also veränderte, zumeist vereinfachte äußere Bedingungen, die den Lernprozess zunächst erleichtern bzw. verstärken sollen, um dann sukzessive wieder abgebaut zu werden.

Die methodische Reihe ist insbesondere für komplexe Aufgabenstellungen geeignet. Ausgehend von einfachen, schon bekannten bzw. gewohnten Übungen wird der Lernende durch sukzessive Anreicherung mit zusätzlichen Bewegungselementen zur Zieltechnik geführt. Alle genannten Methoden lassen sich in den verschiedenen, nachfolgend zu diskutierenden Flopmethodiken wiederfinden.

3.1.2 Analyse früherer Flopmethodiken

a. „Die Methodiker der ersten Stunde“

Die Leichtathletik-Lehrer⁴⁷, die sich nach Bekanntwerden des Flop' in Deutschland und Europa um eine systematische methodische Annäherung an die neue Technik bemühten, waren sich der Einfachheit der neuen Technik noch nicht bewusst; sie fokussierten vielmehr die neuen und daher spektakulären Flopelemente Kurvenanlauf, Absprung mit Drehung um die Längsachse, Rückwärtsflug und Landung auf den Schultern. Diese Elemente standen im Mittelpunkt der methodischen Erarbeitung und sollten gemäß der Teillernmethode sowie mittels vielfältiger methodischer Hilfen zunächst für sich erlernt, und dann zur Gesamtbewegung zusammengeführt werden.

So verwenden die Autoren große Aufmerksamkeit auf das separate Erlernen des bogenförmigen Anlaufes und des floptypischen Flug- und Landeverhaltens. Der Kurvenanlauf sollte abgekoppelt vom Sprung mit Slalomläufen und Umlaufmarken geübt werden.⁴⁸ Der Absprung sollte über vielfältige Hochsprungübungen (z.B. Hock- oder Schersprung) entwickelt⁴⁹ und mittels diverser Absprunghilfen verstärkt werden. Die Standard-Übung für die Lattenüberquerung ist der Standflop (Tab. 3.1). Wegen der geringen Falltiefe beim normalen Absprung empfehlen einige Autoren den Standflop von erhöhtem Absprungpunkt bzw. von einer Absprunghilfe (Sprungbrett, Minitrampolin)⁵⁰.

Typisch für die ersten Flopmethodiker ist zudem, dass sie sich intensiv mit der Landung befassen und diese über Aufsprünge auf Kästen mit anschließender Rolle rückwärts oder mit Sprüngen gegen bzw. auf den Mattenberg trainieren wollen (Abb. 3.1)⁵¹. Hier wirkt der Hinweis auf die fehlenden Schaumstoffmatten und die damals umstrittene Floplandung erklärend. Um das Verletzungsrisiko gering zu halten, soll die Mattenhöhe nur geringfügig (30-40 cm) niedriger als die Lattenhöhe sein.

⁴⁷ Zu den ersten Flopmethodikern zählen Kerkmann (1969), Knebel (1969), Labescat (1969), Kerksenbrock (1970), Martin (1970), Steiner (1970), Bernhard (1972), Hopf (1972b) und Kismartoni (1972).

⁴⁸ So u.a. Kirsch (1974, S. 110); Ehrler & Liebscher (1984, S. 85) und Bauersfeld & Schröter (zuletzt 1998, S. 242).

⁴⁹ Den Einstieg in die Floptechnik über andere Hochsprungstechniken findet man bis heute in den Lehrbüchern, so bei Lohmann (1984, S. 41), Czingon (1993, S. 106) und Haberkorn & Plaß (1992, S. 90).

⁵⁰ Solche Hilfen werden ausdrücklich von Lohmann, Hempel & Schröter (1992, S. 177) und Haberkorn & Plaß (1992, S. 85) empfohlen. Andere Autoren nennen die Absprungerhöhungen, messen ihr aber nur geringe Bedeutung innerhalb der Methodik zu (zuletzt Jonath u.a., 1995, S. 247; Zacharias, 1995).

⁵¹ Der Mattenberg wird u.a. von Martin (1970, S. 559), Hopf (1974, S. 94), Kruber & Fuchs (1979, S. 92), Koch (1982, S. 103), Ehrler & Liebscher (1984, S. 85), Lohmann (1984, S. 27), Wischmann (1987, S. 142) und Bauersfeld & Schröter (1998, S. 242) als methodische Hilfe für die Optimierung der Lattenpassage genannt. Wohl aufgrund ihres eigenen sportlichen Werdegangs, in dem sie durch Sprünge auf einen Mattenberg aus einem langdauernden Formtief herausfand, empfiehlt Meyfarth (1986, S. 83) die Mattenberge als methodisches Hilfsmittel für den Anfänger.

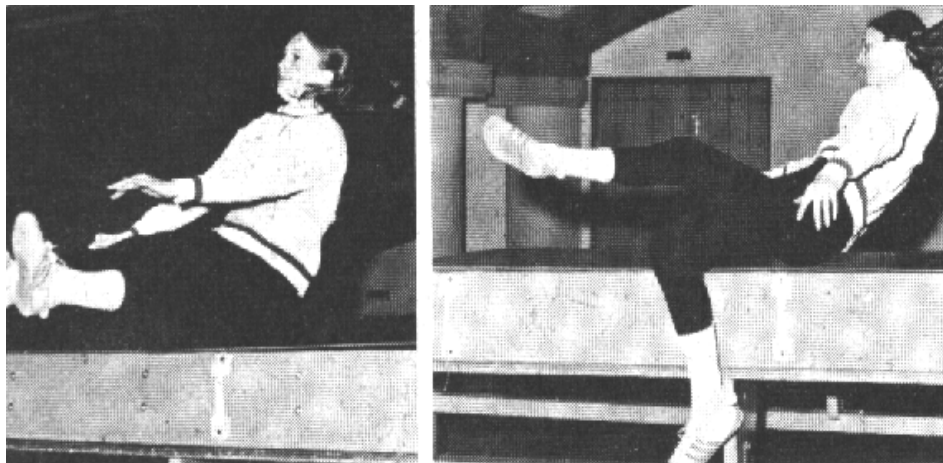


Abb. 3.1: „Flop“ mit Sitzlandung, auf erhöhtem, hartem Landeplatz (Martin, 1970, S. 559)

In diesem Sinne ist auch der Vorschlag von Kerssenbrock (1970, S. 1278) und Hopf (1972b, S. 30) zu verstehen, die Aufsprungfläche nach hinten abfallen zu lassen. Dadurch sollten die Sportler leichter nach hinten abrollen können und den stauchenden Aufsprung vermeiden. Durch die Angst vor der harten Matte und die geringe Falltiefe wurde jedoch eine gute Lattenpassage bzw. ein entsprechender Absprung mit den erforderlichen Rotationen regelrecht verhindert und eine Sitztechnik erarbeitet. Der eigentliche Fortschritt des Flops, eben das Vernachlässigen der Landung zugunsten der Lattentechnik, wurde so konterkariert.

Wenn vorgenannten Teillernschritte und methodische Hilfen je für sich auch eine innere Plausibilität haben, erschwert der Verzicht auf die Hauptfunktionsphase die Überprüfung, ob sie den Bewegungserwerb erleichtern. Die Erfahrung lehrt, dass nach solchen Vorübungen das eigentliche Erlernen der Floptechnik erst erfolgt, wenn die Teilbewegungen zur Gesamtbewegung zusammengefasst werden. Bedenklich wird es, wenn aufgrund der anders orientierten Teilübungen der Technikerwerb erschwert bzw. ein mühsames Umlernen erforderlich wird, beispielsweise vom beidbeinigen Absprung im Standflop zum einbeinigen Absprung im Flop. Schon 1969 kritisiert Knebel (1969, S. 1584), dass mit dem Einstieg über den Standflop die Lattenüberquerung unnötig Aufmerksamkeit zulasten des Absprungs erföhre⁵². Tabelle 3.1 weist die erheblichen kinematischen und dynamischen Unterschiede zwischen Flop und Standflop aus. Stiehler (1976, S. 219) rät allgemein, Einzelübungen, die nur in Teilen mit der Zielübung übereinstimmen, erst anzuwenden, wenn der grobe Verlauf der Gesamtbewegung erfasst ist.

⁵² Nachdem die Kritik am Standflop in den Folgejahren immer wieder erneuert wurde, ist es nur schwer verständlich, warum selbst neuere Lehrbücher (Lohmann, Hempel & Schröter, 1992; Haberkorn & Plaß, 1992; s.a. Hopf, 1995) dem Standflop als Einstiegsübung der Floptechnik breiten Raum gewähren. Kuhlow (1977) verwendet den Standflop zur Leistungsdiagnostik und ermittelte mit $r = 0,68$ eine aufgrund der kleinen Stichprobe ($n = 11$) nicht signifikante Korrelation zur Hochsprungleistung.

Tab. 3.1: Vergleich Standflop zu Flop

Merkmal	Standflop	Flop
Absprung	beidbeinig	einbeinig
Horizontalgeschwindigkeit	minimal (0-1 m/s)	erheblich (5-7 m/s)
Absprungdauer	0,3-0,5 sec	0,14-0,19 sec
Muskelarbeit	konzentrisch	reaktiv
Armeinsatz	Doppelarm	Gegen-/Führ-/Doppelarm
Absprungrichtung	rücklings-rückwärts	vorwärts
Rotationen	um Transversalachse	um alle Achsen
Flugbahn	senkrecht zur Latte	diagonal zur Latte

b. Methodische Konsolidierung Ende der 70er Jahre

Schon nach wenigen Jahren, etwa in der zweiten Hälfte der siebziger Jahre, war in der BRD durch eine Vielzahl von Herstellern (und Abnehmern) eine flächendeckende Ausstattung mit geeigneten Schaumstoffmatten erreicht, so dass die Floplandung kein Problem mehr darstellte. Analog ebten die Diskussionen um die Verletzungsrisiken bei der Landung ab. Durch die mittlerweile große Verbreitung der Floptechnik waren auch die ehemals spektakulären Bewegungselemente zur Selbstverständlichkeit geworden, so dass die Methodiker nüchterner bzw. funktionaler an die Erarbeitung der Technik herangingen. Die Methodiken wurden entsprechend vereinfacht und der Ganzheitsmethode angenähert.

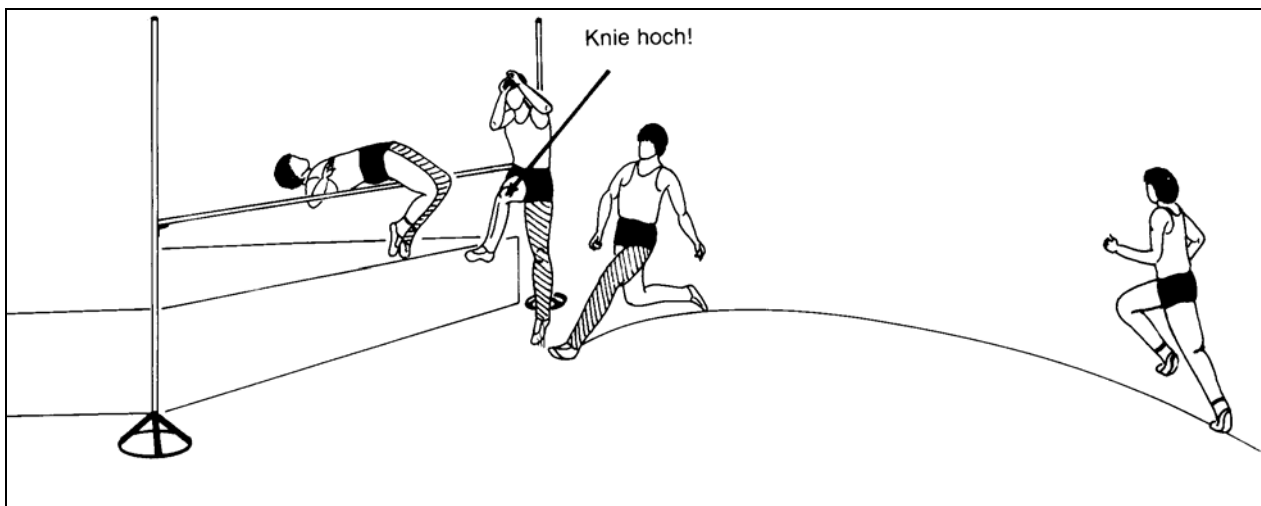


Abb. 3.2: Technikerwerb im Flop nach der Ganzheitsmethode (Kruber & Fuchs, 1979, S. 88)

Im Lehrprogramm von Kruber & Fuchs (1979, S. 86) wird dem Erarbeiten des Flug- und Landeverhaltens über den Standflop in einem ersten methodischen Schritt nur noch wenig Raum gegeben. Danach lassen die Autoren die Schüler anhand von Bildvorlagen und Er-

klärungen gleich den kompletten Flop üben. Die Verbesserung der einzelnen Sprungelemente erfolgt anschließend mit einzelnen Korrekturen und methodischen Hinweisen.

Zacharias (1978, S. 12f, zuletzt 1995) weist darauf hin, dass der normale Standflop (Absprung rücklings-rückwärts) aufgrund seines reinen Rückwärtsabsprungs nicht als Ausgangsübung für den Flop, der ja vorwärts-aufwärts gerichtet ist, geeignet sei und empfiehlt daher den Standflop aus der seitlichen Position (seitlich-vorwärts) bei geringer Höhe. Danach leitet auch er zum Steige- und Flopsprung aus dem Anlauf über, bringt jedoch als Besonderheit den Flop aus frontalem Anlauf, zuerst mit beidbeinigem, dann mit einbeinigem Absprung. Im Unterschied zu Kruber & Fuchs, die den Vertikalimpuls betonen, versucht Zacharias mit seinem Hinweis, die Körperteile, die sich oberhalb des Lattenniveaus befinden, abtauchen zu lassen, und nur die anderen nach oben „steigen“ zu lassen, die Rotationen gleichwertig in den Vordergrund zu rücken (vgl. 3.2 und 3.3).

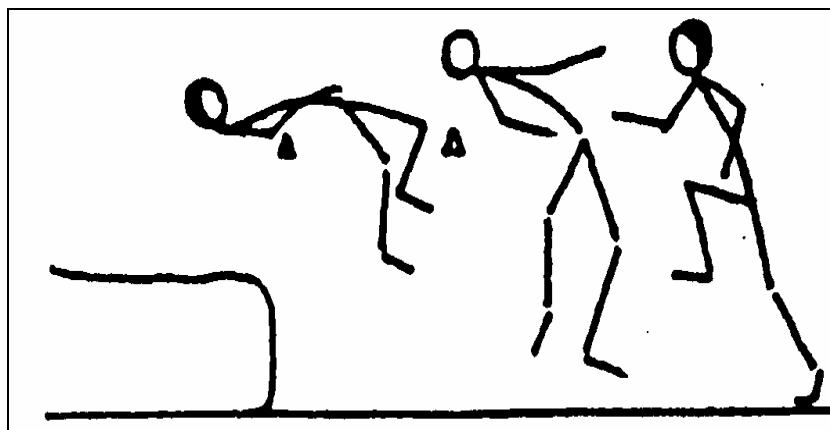


Abb. 3.3: Absprungmodell von Zacharias (1978, S. 9)

In der Kombination beider Ansätze versucht Killing (1981, S. 58) in nur wenigen methodischen Schritten vom Steigesprung zur Floptechnik mit den erforderlichen Rotationen überzuleiten. Auf den umstrittenen Einstieg über den Standflop wird hier ganz verzichtet.

c. Flopmethodik in der ehemaligen „DDR“

In der DDR-Leichtathletik wie im gesamten Ostblock hielt man nach Bekanntwerden des Flop' noch längere Zeit an der Straddle-Technik fest, so dass der Flop erst mit Verzögerung als Zieltechnik im Hochsprung eingeführt wurde. Während Schmolinsky (1977, S. 287) mit der Einstiegsübung „Steigesprung zum Höhenorientierer“ den spezifischen, betont schnellen Absprung favorisiert, wendeten sich die ostdeutschen Methodiker in der Folgezeit einer kraftbetonten Sprungweise zu. So möchte Lohmann (1984, S. 41) den Absprung über eine vielseitige Sprungerfahrung, z.B. mittels andere Hochsprungstechniken wie Scher- und Hocksprung, entwickeln. Als Bindeglied zum Flop aus dem bogenförmigen Anlauf dient Lohmann der Flop aus frontalem Anlauf.

All diese Übungen weisen im Vergleich zum Original-Flop eine größere Absprunzeit und einen längeren Einsatz der Schwungelemente auf⁵³. Zudem greift Lohmann (1984, S. 17) den Einstieg über den Standflop wieder auf und widmet diesem breiten Raum: Von der Turnübung „Brücke“ ausgehend soll über „Kosakensprünge“, Standflop vom Boden, von der Matte, vom Kasten und schließlich vom Minitrampolin die floptypische Körperüberstreckung herausgearbeitet werden⁵⁴.

d. Einstieg über den Schersprung

Holzapfel (1990, S. 14) und Czingon (1993, S. 106) benennen den Schersprung als erste Zieltechnik im Hochsprung. Während Holzapfel ihren Vorschlag auf die Altersgruppe der 8-10jährigen beschränken und danach den Flop einführen möchte, muss man den Vorschlag von Czingon im Rahmentrainingsplan als für die gesamte Altersgruppe der 8-15jährigen gemeint verstehen. Schon 1969 wies Knebel wegen der unzureichenden Bewegungsverwandtschaft (siehe Tab. 3.2, aber auch Kap. 9) auf die Probleme der Umstellung hin: „Eingefleischten Scherspringern fällt im Gegenteil die Umstellung auf den Flop besonders schwer.“ (Knebel, 1969, S. 1583). Letztere Auffassung deckt sich mit der Auffassung, wonach ein rechtzeitiger Erwerb der Zieltechnik dem kurzfristigen Leistungsvorteil mit einer anderen Technik vorzuziehen ist (Göhner, 1992, S. 172, vgl. auch Harre, 1980, S. 187).

Tab. 3.2: Vergleich wichtiger Technikelemente von Schersprung und Flop

Technikmerkmal	Schersprung	Flop
Anlaufgestalt	geradlinig	bogenförmig
Anlaufgeschwindigkeit	4-6 m/s	5-8 m/s
Körperneigung		
im Anlauf	ohne seitliche Neigung	Innenlage im Kurvenlauf
im Absprung	Körper bleibt aufrecht	Aufrichten und Neigen zur Latte
Absprungdauer	0.16-0.22 s	0.14-0.18 s
Schwungbeineinsatz	gerade und im Knie gestreckt	von der Latte weggedreht und gebeugt
Körperhaltung im Flug	aufrecht	Kippen und Fallen auf den Rücken
Rotationen im Flug	keine Drehungen	kontrollierte Drehungen um alle Achsen

⁵³ So wird gezielt der kraftbetonte Absprung vorbereitet, der wegen der unzureichenden Kraftvoraussetzungen für den Nachwuchs und damit für die Anfängermethodik wenig geeignet ist. Diesbezüglich unterschied sich die ostdeutsche gravierend von der westdeutschen Flopmethodik. Die für den Spitzenbereich auch in Westdeutschland geführte Diskussion um die Anreicherung des Flop mit Straddle-Elementen (siehe u.a. Hopf, 1972a, S. 667; Herter, 1972, S. 665) fand dagegen keinen Eingang in die ostdeutsche Anfängermethodik.

⁵⁴ Entsprechend der Einheitlichkeit der sportlichen Ausbildung findet sich der Ansatz von Lohmann u.a. auch in anderen DDR-Publikationen, so bei Ehrler & Liebscher (1984, S. 85) und Bauersfeld & Schröter (zuletzt 1998, S. 242). In westdeutschen bzw. gesamtdeutschen Publikationen verwenden u.a. Haberkorn & Plaß (1992, S. 78) diese methodischen Ansätze.

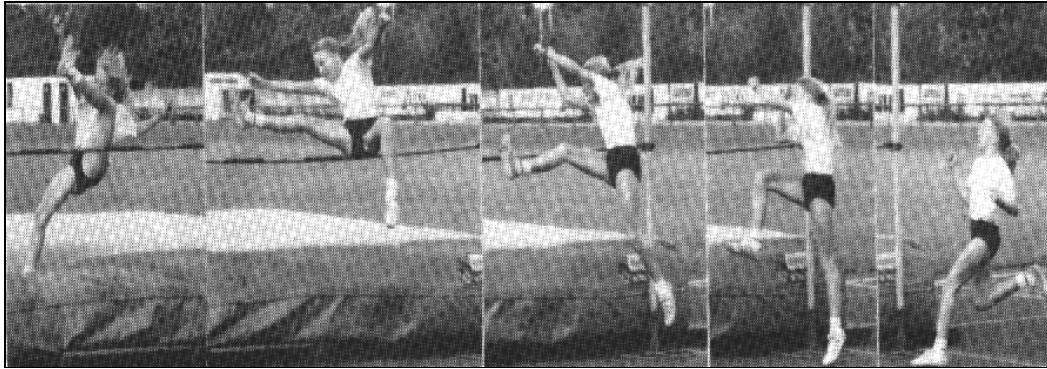


Abb. 3.4: Schersprung im Schülertraining (RTP Sprung, Czingon, 1993, S. 106)

Die Auffassung von Jonath u.a. (1995, S. 258), man bräuchte die Latte nur hoch genug zu legen, um vom Schersprung zur floptypischen Lattenpassage zu gelangen, wird durch Abbildung 3.4 in Frage gestellt. Hier führt die steigende Lattenhöhe zu einem gestreckten Schwungbeineinsatz und zu einer Feinform der Lattenüberquerung in der Schertechnik.

In der Folgezeit werden die verschiedenen methodischen Ansätze bis auf wenige Ausnahmen⁵⁵ nur noch variiert. Das zeigt eine gewisse Sättigung des Erkenntnisstandes zur Thematik an. Steigesprung, Schersprung und Flop aus verkürztem Anlauf sowie der umstrittene Standflop sind die wesentlichen Elemente all dieser Methodiken⁵⁶.

3.1.3 Zwischenergebnis

Die Analyse der einschlägigen Literatur zeigt, dass seit der Einführung der Floptechnik eine Reihe von Methoden zum systematischen Erwerb der Floptechnik entwickelt wurden. Die Mehrzahl dieser Lehrwege war trotz ihrer Unterschiedlichkeit erfolgreich. Insofern ist der Schluss, dass es keinen „Königsweg“ zum Erwerb der Floptechnik gibt, durchaus angebracht⁵⁷. Dennoch meinen wir, dass für die Anwender in der Schule und im Verein eine einheitliche, die verschiedenen Ansätze zusammenfassende Orientierung von Vorteil ist. Dabei sollten methodische Fehler und Umwege vermieden werden. Beim Anfänger sind erhebliche Schwankungen in der Bewegungsausführung zu erwarten. Dies legt eine an-

⁵⁵ Einen anderen methodischen Weg zum Flop zeigt Augustin (1991, S. 45f) auf, der aus frontalem Anlauf über einen Hechtsprung mit Bauchlandung, dann mit halber Drehung und Rückenlandung schließlich mit Hohlkreuzhaltung im Anflug auf die Matte zum Flop überleiten möchte. Bei Versuchen mit Studenten ermittelte Augustin die Gleichwertigkeit seines Lehrprogramms. Die Unterdrückung des Schwungbeineinsatzes im ersten Lehrschritt und später der extreme Diagonalzug des Schwungbeins bei gleichzeitig starker Verwringung des Sprungfußes (beachte Krahl & Knebel, 1978) erscheinen jedoch bedenklich.

⁵⁶ In vielen Leichtathletiklehrbüchern wird dieser „klassische“ Weg beschrieben (so Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 242; Jonath u.a., 1995, S. 258; Killing, 1995a).

⁵⁷ Wenn dennoch nachweisbare Lernerfolge erzielt worden sind, legt das eine gewisse Beliebigkeit bzw. Austauschbarkeit der jeweiligen methodischen Reihe für den Lernerfolg nahe. Zu ähnlichen Lernerfolgen bei unterschiedlichen Methoden siehe Volger (1990, S. 15).

fängliche Vereinfachung der Bewegungsaufgabe nahe, die von Beginn an das Umgehen mit Abweichungen und Sollwerten trainiert (Göhner, 1992, S. 120)⁵⁸.

Ausgangspunkt der Methodik ist der Steigesprung, also der einbeinige Absprung aus dem Anlauf. Dieser Steigesprung (Synonym Take-Off) kann in Anlehnung an Harre (1980, S. 191) als Fundamentalübung⁵⁹ für die leichtathletischen Sprünge verstanden werden, die jeder junge Sportler vor dem Erwerb einzelner Techniken wie hier der Floptechnik, beherrschen sollte (Killing, 2003a+b). Der Steigesprung aus mittlerem Anlauf⁶⁰ und bei geringer Sprunghöhe (im Extrem nur auf das Sprungkissen) erscheint als der geeignete Einstieg in die Floptechnik (Abb. 3.5, Bild 1)⁶¹. Der Anlauf sollte zunächst geradlinig von der Seite, dann als Kurvenlauf ausgeführt und nachfolgend mit den floptypischen Drehungen angereichert werden⁶². Dabei sollen die Schüler die Drehung um die Längsachse, die Kippbewegung um die Querachse und die Landung auf dem Rücken erlernen. Sprünge über die niedrige Latte bzw. Schnur vermitteln erste Erfolgserlebnisse. Wie Bauersfeld & Schröter (1998, S. 241) vertreten wir die Auffassung, dass die verschiedenen Ausbildungskomplexe möglichst früh miteinander verknüpft bzw. dass alle genannten Lernschritte in wenigen Trainings- bzw. Unterrichtseinheiten durchlaufen werden sollten, so dass der Lernende schon nach kurzer Zeit eine erste Grobform der Technik beherrscht.

3.2 Untersuchungen zur Lernwirksamkeit des Lehrprogramms „Flop“

Nachdem die bisherigen Lehrprogramme zum Flop erörtert und die wertvollen Bestandteile herausgearbeitet wurden, haben wir daraus einen neuen Ansatz entwickelt, der in einer empirischen Studie auf seine Praxistauglichkeit hin überprüft werden soll. Damit unterscheidet sich die vorliegende Arbeit von den zuvor zitierten, die ihre Ergebnisse aufgrund von Einzelfallstudien, Untersuchungen mit kleinen Gruppen oder über ein rein theoretisches Für-und-Wider ermittelten.

⁵⁸ Hotz (1995, S. 12) empfiehlt, zunächst unter erleichterten, dann unter gezielt veränderten Bedingungen zu lernen. Schöllhorn (1999, S. 10) möchte durch Variationen während des Lern- und Automatisationsprozesses einen Vorgang der Selbstorganisation beim Athleten im Sinne eines dauerhafteren Lernens auslösen.

⁵⁹ Göhner (1992, S. 117) spricht in diesem Zusammenhang von Fundamentalbewegungen.

⁶⁰ Steiner (1970, S. 1061) empfiehlt einen Drei-Schritte-Anlauf zu Beginn, Erhler & Liebscher (1984, S. 85) möchten sogar mit dem Ein-Schritt-Anlauf beginnen. Doch hat sich mittlerweile ein Anlaufminimum von fünf Schritten durchgesetzt, um in der Endphase des Anlaufes keine Verfälschungen durch untypische Beschleunigungsarbeit zu provozieren. Eine zusätzliche Erleichterung und Geschwindigkeitsreduzierung stellt der Anlaufbeginn aus dem Stand aus der Schrittstellung dar (Drechsler, 1990, S. 770).

⁶¹ Durch die mittlere Anlauflänge ist die für den Hochsprung besonders wichtige variable Verfügbarkeit der Technik von Anfang an Bestandteil des Technikerwerbs (vergl. Roth, 1990, S. 15).

⁶² So Bernhard (1972, S. 22) und Kismartoni (1972, S. 42).

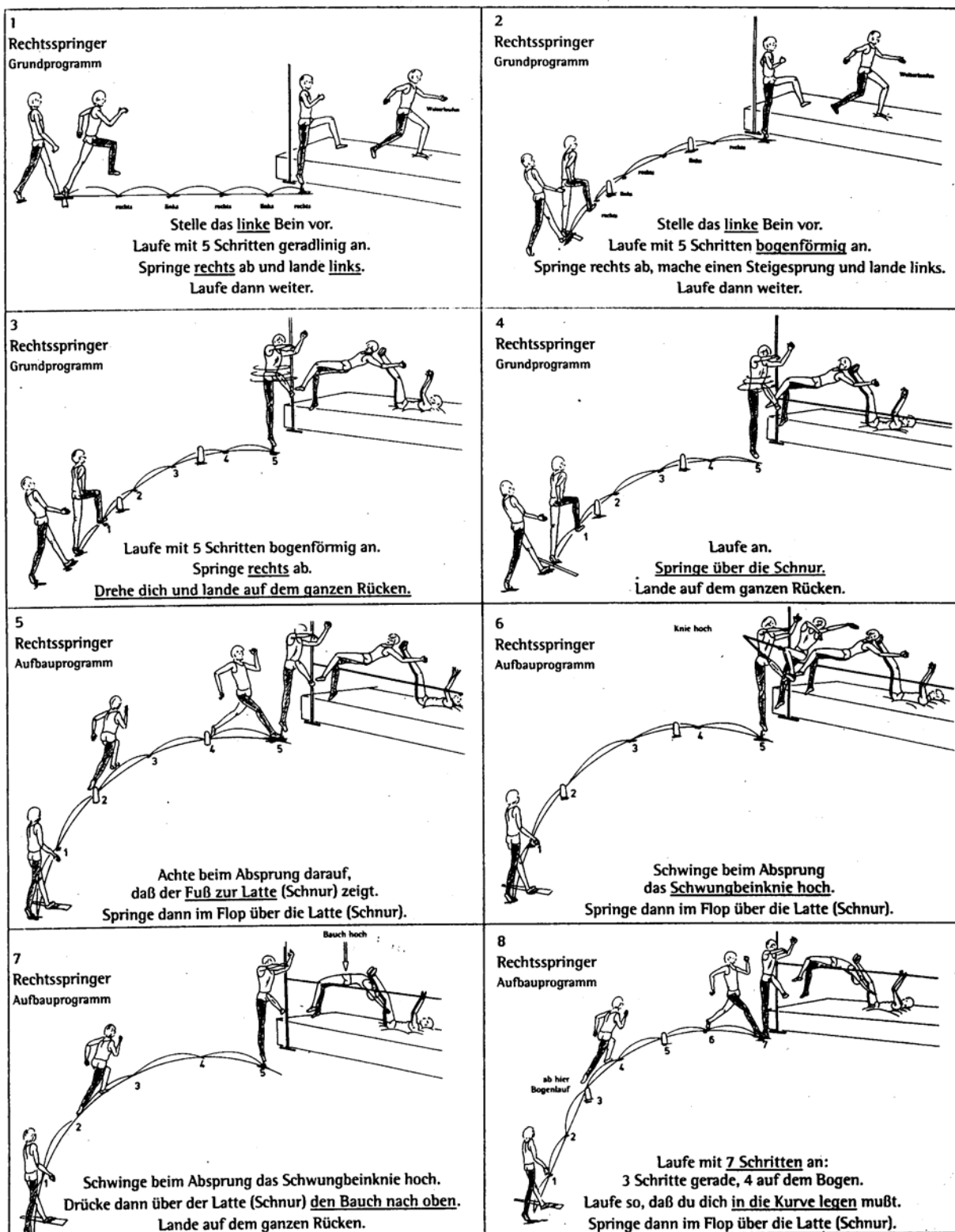


Abb. 3.5: Die Lehrtafeln des Lehrprogramms Hochsprung in der Übersicht

Entsprechend der Literaturdiskussion entwickelten wir eine methodische Reihe (siehe Tab. 3.3), die in nur vier Schritten zu ersten Flopsprüngen über die Latte/Schnur, also zu einer

ersten Grobform des Flop führen und über vier weitere Lernschritte in eine erste Feinform der Floptechnik weiterentwickelt werden soll. Die in Tabelle 3.3 aufgezeigten Lernschritte werden in acht Bildtafeln (je acht für Links- und für Rechtsspringer) dargestellt und mit kurzen, befehlsartigen Texten versehen (Abb. 3.5), die vom Üben auch als Selbstbefehle benutzt werden können (vgl. Killing, 1995a, S. 127).

Gemäß der hohen Kapazität des Gehirns zur parallelen und komplexen Informationsverarbeitung, der am ehesten durch eine visuelle Information Rechnung getragen wird (de Marée & Brach, 1997, S. 105), spielen in unserer Methodik die bildliche Darstellung der Zielbewegungen und deren verbale Aufbereitung die zentrale Rolle bei der Bewegungsvermittlung. Über das Zeigen der Bildreihen und die parallelen Bewegungsanweisungen soll der Schüler einen möglichst genauen Eindruck von der jeweiligen Aufgabenstellung erhalten. Bei der visuellen Präsentation mithilfe von Umrisszeichnungen verzichten wir bewusst auf die photographische Darstellung, um die Aufmerksamkeit auf die zentralen Bewegungselemente zu konzentrieren (analog Kruber & Fuchs, 1979, S. 86)⁶³.

Tab. 3.3: Methodische Reihe zum Erwerb der Grob- und ersten Feinform im Flop

Erste Grobform	
1.	5-Schritte-Anlauf mit Steigesprung auf die Matte (Ablaufmarke)
2.	Steigesprung aus dem 5-Schritte-Bogenanlauf (Umlaufmarken)
3.	Steigesprung mit viertel Drehung um die Längsachse und Landung auf dem Rücken
4.	Flopsprung über eine niedrig liegende Latte/Sprungband
Erste Feinform	
5.	Fußaufsatz in Laufrichtung
6.	Energischer Schwungbeineinsatz
7.	Hüftüberstreckung über der Latte
8.	Erhöhung der Horizontalgeschwindigkeit durch Anlaufverlängerung

Durch baldiges Üben kann der Schüler eine erste Innensicht der Bewegung entwickeln, die durch gezielte Bewegungsanweisungen gemäß den in Abbildung 3.5 vorgegebenen Texten gesteuert und verstärkt werden kann⁶⁴. Neumaier (1997, S. 197) spricht in Anlehnung an Meinel & Schnabel (1998, S. 48f) davon, dass die Bewegungskontrolle vermehrt von optischen auf kinästhetische Analysatoren übertragen wird. Insbesondere bei sehr jungen Schülern sollten die Anweisungen aus der Perspektive der Übenenden vorgenommen werden; Göhner (1992, S. 102) spricht von der Innenperspektive des Bewegers. Dadurch wird eine erste Bewegungswahrnehmung, -korrektur und -steuerung ermöglicht.

⁶³ Vergleiche dazu Kruber (1980, S. 28f), der nachweist, dass Umrissfotos besser als Fotos verstanden werden.

⁶⁴ Mittels dieser ersten Innensicht kann der Schüler die bei anderen beobachtete Bewegung angemessen nachvollziehen und in eigene Bewegungsanweisungen umsetzen. Die Begriffe „Lernen auf Anhieb“, „Carpenter-Effekt“ und „Spiegel-Neurone“ (Metzinger, 1998, S. 40) verweisen auf psychische Repräsentation und Nachahmungen der beobachteten Bewegungen.

3.2.1 Zu den Probanden

Mit der Wahl der richtigen Methodik eng verbunden ist die Frage nach der Zielgruppe bzw. danach, welche Altersgruppe die geeignete für den Erwerb der Floptechnik sei. Als bestes Lernalter, in dem „Lernen auf Anhieb“ möglich ist, gilt die Zeit vor dem zweiten Längenwachstum, also von ca. 10-12 Jahren (Meinel & Schnabel, 1998, S. 289). Joch & Hasenberg (1999, S. 10) fanden keinen Nachweis dafür, dass sich das beste Lernalter auf die Altersspanne von 10-13 Jahren beschränkt, vielmehr lernen aufgrund ihrer Ergebnisse ältere Kinder schneller als jüngere. Winter (2001, S. 454f) erklärt den Begriff „bestes Lernalter“ als bestes der Kindheit, danach gäbe es weitere Höhepunkte der Lerneignung. Er erklärt, dass ein frühzeitiger Technikerwerb dennoch sinnvoll sei, um später darauf aufbauen zu können bzw. um Kontraindikationen (z.B. durch den Schersprung, s.o.) zu vermeiden. Um das alters- oder entwicklungsstufenabhängige Lernverhalten bezüglich der Floptechnik zu prüfen, wurde das Lehrprogramm an ca. 300 Schülern saarländischer und pfälzischer Schulen verschiedener Altersstufen getestet. Diese teilten sich wie folgt auf: fünf 3. Klassen (n = 115), fünf 5. Klassen (110) und fünf 7. Klassen (79). Jeweils zwei 3., 5. und 7. Klassen dienten als Kontrollgruppen (n = 78).

3.2.2 Versuchsanlage

Der empirische Teil der Untersuchung fand im Frühjahr 1995 an Schulen im Bereich der Universität Landau statt und hatte experimentellen Charakter. Standardisiert waren die Lehrprogramme, die Schulung der Versuchsleiter, der Ablauf der Stunden, die Filmauswertung nach einheitlichem Auswertungsraster und die Aufteilung in Test- und Kontrollgruppen. Beide Gruppen durchliefen einen Eingangstest, danach wurde die Testgruppe einem Treatment, eben dem Lehrprogramm unterworfen, anschließend fand ein Ausgangstest beider Gruppen statt.

Ausdrücklich nicht die Aufgabe der Versuchsleiter (und auch nicht der Lehrer) war die Korrektur von Fehlern bei den übenden Schülern. Bei Fragen der Schüler waren die Versuchsleiter gehalten, auf die Bilder und Texte in den Lehrprogrammen zu verweisen.

Jeweils in der ersten Stunde wurde der Könnensstand aller Schüler im Hochsprung erhoben. Die Kinder bzw. Jugendlichen wurden mit standardisierten Sätzen aufgefordert, alle Hochsprungstechniken zu demonstrieren, die sie beherrschten. Die Flopversuche wurden aus standardisierten Positionen gefilmt und gemäß eines Kriterienrasters ausgewertet. Dieses Raster korrespondiert mit den einzelnen Lehrprogrammschritten. Zum Abschluss der ersten Stunde stellte der Versuchsleiter den Testklassen das Lehrprogramm vor und gab insbesondere Hinweise für dessen Benutzung bzw. Anwendung in den Stunden zwei bis neun.

Von der zweiten bis zur neunten Stunde (á 45 min, mit jeweils 20-25 min Hochsprung) wurde in den Klassen einmal wöchentlich das neue Lehrprogramm durchgearbeitet, man

kann von einer Form des massierten Lernens sprechen (vgl. Grosser & Neumaier, 1982, S. 134). Dabei sollten sich die Schüler zu Paaren zusammenfinden und sich gegenseitig anhand des Lehrprogramms korrigieren. Jedes Schülerpaar erhielt dazu ein Lehrprogramm (Abb. 3.5), so dass jeweils der eine übte und der andere ihn korrigierte. In einer Stunde wurden etwa 15 Hochsprünge von jedem Schüler durchgeführt, im Verlauf des Gesamt-experiments ca. 120 Sprünge. Während sich die Partner gegenseitig korrigierten, war ein Eingreifen des Versuchsleiters bzw. Lehrers in den eigentlichen Lernprozess nicht erlaubt.

Wenn ein Schüler-Paar der Auffassung war, dass es einen Lernschritt beherrschte, dann meldete es dies dem Versuchsleiter und führte es ihm vor. Dieser gab im Erfolgsfall die Erlaubnis, zum nächsten Lernschritt überzugehen. Der in einer Stunde zuletzt geübte Lernschritt wurde am Stundenende mit der Videokamera aufgezeichnet und später ausgewertet. Am Ende der 9. Stunde wurde der Könnensstand bei allen Schülern/Schulklassen (Test- und Kontrollgruppen) mit Videoaufzeichnungen für die Auswertung festgehalten.

In der abschließenden zehnten Stunde wurden die Video-Aufzeichnungen von Schülern, evtl. Eltern, Versuchsleiter und Lehrer gemeinsam betrachtet und diskutiert. Damit wurden die empirische Phase und die Zusammenarbeit mit den Schülern beendet.

Der Könnensstand im Eingangstest, die Lernerfolge während der Übungsstunden zwei bis acht und der Könnensstand im Ausgangstest wurden auf Videobändern festgehalten und mittels eines Auswertungsrasters überprüft. Jeder Lernschritt wurde dabei in eine Reihe von Items bzw. Bewegungsdetails zerlegt, wobei in den weitergehenden Lernschritten in der Regel jeweils ein neues Item hinzugefügt wurde. Die Addition der gelungenen Items ergab, bezogen auf die maximal erreichbare Itemzahl den jeweiligen Lernerfolg eines Schülers bzw. einer Klasse. Dabei wurde ein Lernschritt als beherrscht eingestuft, wenn 80 % aller technikbestimmenden Items realisiert wurden⁶⁵.

3.2.3 Darstellung der Ergebnisse

Das in einem Eingangstest ermittelte Könnensniveau lag im Mittel aller Schüler für den ersten Lernschritt bei 21-28 %, für den achten Lernschritt bei 2,4-10,8 %.

Bei den Kontrollgruppen, die nur Eingangs- und Ausgangstest absolviert hatten, am Lehrprogramm aber nicht teilgenommen hatten, war – natürlich – auch keine überzufällige (signifikante) Leistungsverbesserung zu erwarten. Die Ergebnisse bestätigen diese Erwartung, der Leistungsfortschritt in den Kontrollgruppen liegt zwischen -0,6 und +1,8 %.

⁶⁵ Damit wurde in dieser Untersuchung der Dreischritt 1. Formulierung sportspezifischer Ziele, 2. Aufzeigen von Vermittlungsmöglichkeiten und 3. Lernzielüberprüfung, wie er bei Gruppe & Krüger (1991, S. 7) gefordert wird, umgesetzt.

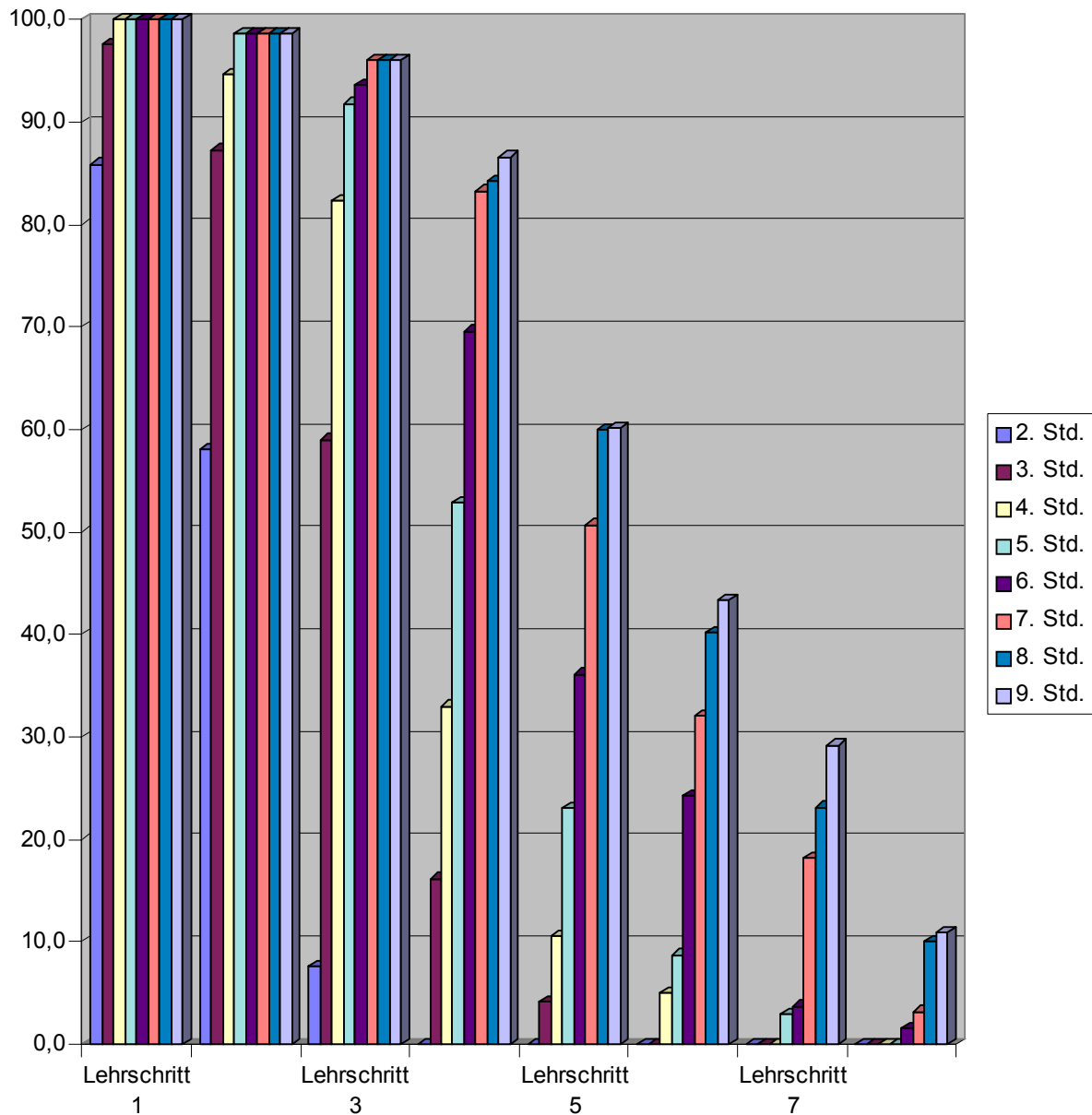


Abb. 3.6: Lernzuwachs in % in den einzelnen Lernschritten von Stund zu Stunde

Bei den Versuchsschülern dagegen konnte ein erheblicher Lernzuwachs beobachtet werden (Abb. 3.6). Am Ende der 9 Unterrichtseinheiten wurde das Grundprogramm (LS 1-4) von 76,4 bis 88,6 % der Schüler beherrscht. Dies gilt für alle Altersgruppen. Differenziert man weiter in die einzelnen Lernschritte, so wird über alle drei Altersbereiche der Steigerung aus geradlinigem und Bogenanlauf (LS 1+2) zu 100 % beherrscht, wogegen die Sprünge mit Drehung, Flug über die Latte und Landung auf dem Rücken (LS 3+4) nur

von ca. 80 bis 90 % der Schüler beherrscht werden. Dabei ist der Aneignungsgrad bei den jüngsten Schülern mit 76,4 % am geringsten.

Die Lernerfolge im Aufbauprogramm sind deutlich geringer, die Mehrzahl der Schüler erreicht im Lernschritt acht nicht das angestrebte Könnensniveau (80 % der Items). Dabei ist eine deutliche Differenzierung nach Altersgruppen (Klassen) festzustellen, mit zunehmendem Alter beherrschen immer mehr Schüler das Aufbauprogramm. Weitere relevante Differenzierungen bezüglich des Lernerfolges, z.B. nach Schultyp oder Geschlecht konnten nicht ermittelt werden. Abbildung 3.6 zeigt den stetigen Lernfortschritt von Stunde zu Stunde in einzelnen Lernschritten am Beispiel der Fünftklässler. Der gleich doppelt kontinuierliche Zuwachs kann als Bestätigung der inneren Logik des Versuchsprogramms verwendet werden. Bezüglich jedes Lernschritts in jeder Unterrichtseinheit ist eine Steigerung bis zum Endwert festzustellen. LS 1 wird schon in der vierten Stunde von allen Schülern beherrscht, LS 2 in der zweiten Stunde von annähernd allen erreicht und LS 4 in der siebten Stunde von über 80 %. Dass der Endwert bei den höheren Lernschritten nicht 100 % erreicht wird, kann mit dem unterschiedlichen sportlichen Talent der Schüler erklärt werden. Ein Teil der Schüler ist motorisch nur wenig begabt und erreicht auch bei fortgeschrittenem Üben in den höheren Lernschritten (ab LS 3) nicht das angestrebte Könnensniveau.

In Tabelle 3.5 ist der Lernerfolg nach Alter und Lerndauer noch einmal zusammengefasst, zufriedenstellenden Ergebnissen bezüglich des Grundprogramms stehen unbefriedigende Lernerfolge betreffs des Aufbauprogramms gegenüber.

Tab. 3.5: Lernerfolg für das Grund- und Aufbauprogramm

Grundprogramm		Aufbauprogramm	
120	160	160	Lernminuten
62 %	78 %	6 %	der Drittklässler
84 %	87 %	11 %	der Fünftklässler
80 %	84 %	19 %	der Siebtklässler

Nimmt man eine Differenzierung nach den Items zu den einzelnen Lernschritten vor, stellt man fest, dass der Schwierigkeitsgrad der Items eines Lernschrittes unterschiedlich ausfällt, einzelne Elemente eines Lernschrittes also erheblich leichter und schneller als andere gelernt werden (Tab. 3.6).

Tab. 3.6: Anfangs- und Endkönnensstand aller Schüler bei den Items von Lernschritt acht (alle Angaben in %)

a. Drittklässler	Anfangswert	Endwert	Differenz
1. richtiges Bein vorn	25,2	95,0	69,8
2. 7er Rhythmus	15,0	8,1	-6,9
3. Bogenlauf	26,7	98,9	72,2
4. Kurveninnenlage	16,1	3,3	-12,8
2. richtiges Absprungbein	34,4	82,0	47,6
2. Fuß zeigt zur Latte	52,9	41,2	-11,7
7. Drehung beim Absprung	24,6	67,0	42,4
8. Schwungbeinknie ist oben	41,2	29,4	-11,8
9. Sprung über Schnur ohne Berühren	53,4	46,9	-6,5
10. Hüfte über der Schnur überstreckt	0,0	0,8	0,8
11. Landung auf ganzem Rücken	24,9	66,8	41,9
12. Dynamik	95,0	84,2	-10,8
13. Mittelwert der Items 1-12	34,1	52,0	17,9
b. Fünftklässler	Anfangswert	Endwert	Differenz
1. richtiges Bein vorn	41,1	97,4	56,3
2. 7er Rhythmus	12,3	23,0	10,7
3. Bogenlauf	24,7	100,0	75,3
4. Kurveninnenlage	9,2	11,5	2,3
2. richtiges Absprungbein	50,0	89,2	39,2
2. Fuß zeigt zur Latte	40,6	36,3	-4,3
7. Drehung beim Absprung	16,5	80,8	64,3
8. Schwungbeinknie ist oben	34,1	43,9	9,8
9. Sprung über Schnur ohne Berühren	44,4	49,2	4,8
10. Hüfte über der Schnur überstreckt	1,4	5,3	3,9
11. Landung auf ganzem Rücken	28,3	81,4	53,1
12. Dynamik	86,8	83,9	-2,9
13. Mittelwert der Items 1-12	32,5	58,5	26,0
c. Siebtklässler	Anfangswert	Endwert	Differenz
1. richtiges Bein vorn	44,4	95,2	50,8
2. 7er Rhythmus	12,6	26,0	13,4
3. Bogenlauf	44,3	100,0	55,7
4. Kurveninnenlage	14,7	19,3	4,6
2. richtiges Absprungbein	55,3	94,8	39,5
2. Fuß zeigt zur Latte	59,5	57,0	-2,5
7. Drehung beim Absprung	24,1	77,5	53,4
8. Schwungbeinknie ist oben	63,3	64,6	1,3
9. Sprung über Schnur ohne Berühren	65,6	42,4	-23,2
10. Hüfte über der Schnur überstreckt	3,0	11,3	8,3
11. Landung auf ganzem Rücken	42,0	80,3	38,3
12. Dynamik	56,8	85,8	29,0
13. Mittelwert der Items 1-12	40,5	62,9	22,4

Als besonders schwierig zu erlernen erwiesen sich der 7er-Rhythmus⁶⁶, die Innenlage beim Kurvenlauf und die Hüftüberstreckung im Flug. Dagegen wurden die technisch anspruchsvollen Kernelemente des Flop „Absprung mit den floptypischen Drehungen“ und „Landing auf dem ganzen Rücken“ überraschend gut erlernt, von relativ geringen Ausgangswerten (im Mittel 27 %) stieg das Könnensniveau im Ausgangstest auf durchschnittlich 76 %.

Diese Unterschiede geben Hinweise nicht nur auf den unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad der Items, sondern auch auf das, was die Schüler gemeinhin in diesem Alter beherrschen (hoher Anfangswert), was sie rasch erlernen (hoher Zuwachs) und was nicht (z.B. die Hüftüberstreckung über der Latte). Dort, wo Lernprobleme gehäuft auftauchen, sind besondere Aufmerksamkeit und Hilfestellungen durch die Ausbilder erforderlich.

Bemerkenswert ist, dass der Könnensstand bezüglich des Bewegungsmerkmals „Fuß zur Latte“ in allen Altersgruppen vom Eingangs- zum Ausgangstest rückläufig war. Erklärend kann die Erkenntnis sein, dass, je geringer die relative Sprungleistung (Verhältnis Körperhöhe zu Sprunghöhe), der Springer um so intensiver und früher die Drehungen einleiten muss, soll eine floggemäße Querlage über der Latte erreicht werden (Killing, 1995b, S. 167). Naturgemäß weisen die Anfänger die geringsten Sprunghöhen auf, sie müssen also die Drehungen besonders früh einleiten bzw. schon im Absprung vorwegnehmen. Dies geschieht einerseits durch das Vorlaufen-Lassen der lattennahen Schulter, andererseits durch ein verstärktes Wegdrehen des Sprungfußes von der Latte. Erlernt der Anfänger daher die floggemäßen Rotationen, setzt er den Sprungfuß nicht mehr in Laufrichtung, sondern eher lattenparallel auf. Diesbezüglich muss in Zukunft ein größerer Toleranzbereich eingeräumt werden.

Die Auswertung der Analyseraster zeigt, dass ein im vorigen Lernschritt von allen sicher beherrschtes Bewegungsdetail (Item) durch die zusätzliche Bewegungsaufgabe des folgenden Lernschritts wieder gefährdet, also von einem Teil der Schüler wieder fehlerhaft ausgeführt wird. Dazu einige Beispiele:

- Die Wahl des richtigen Absprungbeins stellt in den Lernschritten eins und zwei (Steigesprung aus geradem und Bogenanlauf) für keinen Schüler ein Problem dar, sobald jedoch in Lernschritt drei die floptypischen Drehungen im Absprung hinzukommen, springen eine Reihe von Schülern wieder mit dem falschen Bein oder mit beiden Beinen ab.
- Die erfolgreiche Überquerung der Hochsprungschnur in Lernschritt vier wird durch die zusätzlichen Aufgaben der Lernschritte 5 ff beeinträchtigt.
- Der längere und schnellere Anlauf in Lernschritt 8 mindert die korrekte Ausführung der vorgängigen gelernten und beherrschten Bewegungsdetails.

⁶⁶ Da der 7er-Anlauf der letzte Lernschritt ist, hatten die Schüler für dieses Technikelement nur wenig Lernzeit, so dass das geringe Könnensniveau erwartet werden konnte.

Diese Rückschritte im Könnensstand lassen sich durch die Aufmerksamkeitsverlagerung erklären, weisen aber auch auf die komplexe Verknüpfung der verschiedenen Bewegungs-details, die zu eigenen und zusätzlichen Lernschwierigkeiten führt. Sie stellen sich in der Regel als zeitlich befristet heraus, die Erfolgsquote nimmt bezüglich der einzelnen Aufgabenstellungen in allen Lernschritten zu. Das heißt, dass es in der Folgezeit gelingt, die neuen Bewegungsanforderungen bei immer geringerer Beeinträchtigung anderer Elemente in den Gesamtablauf einzuarbeiten. Auch hier ist die sorgfältige Korrektur und Hilfestellung, gegebenenfalls über zusätzliche Übungen erforderlich.

3.3 Diskussion und Interpretation

Die Vermittlungsmethode, dass also Schüler anhand eines differenzierten Lehrprogramms sich gegenseitig korrigieren, erwies sich als der Aufgabenstellung durchaus angemessen. Dabei spielte die bildliche Darstellung für die Übenden eine wesentlich größere Rolle als die begleitenden Texte. Schwächen der Vermittlung lagen in missverständlichen Abbildungen, die zu falschen Bewegungsvorstellungen und Nachahmungen führten, die erst korrigiert werden konnten, indem die Versuchsleiter massiv auf die erläuternden Texte hinwiesen. Diese Schwäche weist zum einen auf eine geringe verbale bzw. Schriftorientierung bei den Schülern, zum anderen auf den Optimierungsbedarf des Lehrprogramms bzw. der einzelnen Abbildungen hin, zeigt aber zum dritten, dass das Lernergebnis durch eine sachkundige Anleitung noch gesteigert, sprich die Lerndauer verkürzt werden kann. Schnabel u.a. (1994, S. 305) sprechen vom pädagogisch begleiteten wiederholten Vollzug mit Korrektur und Verstärkung. Damit der Lehrer/Übungsleiter dazu in der Lage ist, benötigt er ein vertieftes Wissen über die sporttechnischen Zusammenhänge und einen großen Fundus an alternativen Verbalisierungs-Möglichkeiten, Korrekturen, Hilfestellungen und Erleichterungen.

Dadurch würden die Motivationsprobleme insbesondere der älteren Schüler, die durch zu langes Verweilen bei einzelnen Lernschritten auftraten, vermindert. Das massierte Lernen ist sicher zu Beginn eines neuen Technikerwerbs die vorrangige Erwerbsform, doch darf eine gewisse Dauer nicht überschritten werden (vgl. Grosser & Neumaier, 1982, S. 134). Wenn im Experiment Schüler zum Teil mehrere Unterrichtseinheiten zum Erwerb eines Lernschritts benötigten, wird die Geduld bzw. die Motivation der Schüler erheblich beansprucht bzw. eingeschränkt und die Intention, mit einer kurzen methodischen Reihe schnell zur ersten Grobform der Technik zu gelangen, verfehlt (Killing & Kruber, 1995b, S. 178). Daher sollte zugunsten des schnellen Lernfortschritts und des Erhalts einer hohen Motivation bei den Schülern die Lernstoffvermittlung durch sachkundige Anleitung der Lehrer optimiert werden. Meinel & Schnabel (1998, S. 131) favorisieren die

„... lernstandsgemäße Information über die Differenz ausgewählter Soll- und Istwerte verbunden mit Selbsteinschätzungen des Übenden.“

Führt auch diese Maßnahme nicht zur gewünschten Beschleunigung des Bewegungserwerbs, muss vom massierten Lernen abgewichen und nach dem erfolgreichen Absolvieren der ersten Lernschritte eine Pause eingelegt werden.

Das Auswertungsverfahren, bei dem das Lehrprogramm in Lernschritte und diese wiederum in beobacht- und auswertbare Teilbewegungen (Items) zerlegt wurden, ermöglicht eine differenzierte Analyse des Lernfortschritts. So geben die Prozentwerte, mit denen diese Bewegungsdetails von den Schülern erfüllt wurden oder nicht, wichtige Hinweise:

- auf die leichte bzw. schwere Erlernbarkeit des jeweiligen Details
- auf die Altersgemässheit des jeweiligen Bewegungsdetails
- auf die Interferenzen zwischen den Anforderungen der verschiedenen Lernschritte
- auf die Richtigkeit bzw. Falschheit des Details/Lernschritte
- auf das Bewegungsrepertoire der Schüler bzw.
- auf die zu sichernden Eingangsvoraussetzungen bei den Schülern
- auf den Bedarf an unterstützenden (Hilfs-) Übungen

Die Items, die auch im Abschlusstest besonders schlecht beherrscht wurden, müssen als Lernhemmnisse bzw. neuralgische Punkte innerhalb des Lehrprogramms verstanden werden. Durch die Schaffung entsprechender Voraussetzungen bei den Schülern und durch die gezielte Unterstützung der Lernenden mit Korrekturen und Hilfsübungen an diesen kritischen Positionen kann das Lernprogramm optimiert, der Technikerwerb also verkürzt werden.

Für künftige Untersuchungen empfiehlt es sich, die zum Teil komplexen Anforderungen der höheren Lernschritte jeweils mit mehreren Items zu kennzeichnen. So könnte beispielsweise das Item „Drehung im Absprung“ durch folgende Unterkriterien ersetzt werden:

- Drehung um die Längsachse
- Drehung um die Transversalachse
- großer Vertikalstoß
- Erhalt an Horizontalgeschwindigkeit

Durch die dann exakteren Beurteilungskriterien ergäben sich unter Umständen andere (geringere) Beurteilungen betreffs des Könnensstandes in den einzelnen Lernschritten.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Grundprogramm uneingeschränkt schultauglich ist. Differenziert man nach Altersgruppen, lässt sich beobachten, dass das Grundprogramm zwar ab dem dritten Schuljahr wirkungsvoll eingesetzt werden kann, die Lernerfolge ab der fünften Klasse, wenn die Schüler also das „beste Lernalter“ erreicht haben, in der gleichen Lernzeit jedoch deutlich höher liegen, wogegen sie bei den Siebtklässlern wieder ab-

nahm⁶⁷. Die von Joch & Hasenberg (1999, S. 10) geäußerte Auffassung, dass die mittlere Altersstufe zu unrecht als das beste Lernalter eingestuft wird, können unsere Ergebnisse daher nicht bestätigen.

Neben der höheren Lernfähigkeit der älteren Schüler weisen diese auch bessere koordinative und konditionelle Voraussetzungen für den Erwerb der Floptechnik auf. Bezüglich der koordinativ-technischen Seite sei an die Eingangsprämisse „Steigesprung als Voraussetzung für den Floperwerb“ erinnert. Der Steigesprung wird gewöhnlich erst während des Grundschulalters erworben, insofern ist er nicht bei allen acht bis neunjährigen vorauszusetzen. Daher sollte für diese Altersgruppe, im Experiment die Drittklässler, der Steige- und der Schersprung erste Zielsetzung sein. Erst wenn die entsprechenden Lernschritte (1 und 2) von allen Mitgliedern der Übungsgruppe stabil und variabel reproduziert werden, können die folgenden Lernschritte mit den floptypischen Bewegungen angegangen werden. Insofern lassen sich die Ergebnisse als Bestätigung des Vorschlags von Holzapfel (1991, S. 90) interpretieren, im Grundschulalter zunächst den Schersprung als Zieltechnik anzustreben. Da der Hochsprung nicht zum Wettkampfprogramm dieser Altersgruppe zählt, ist eine Verfestigung der Schersprungtechnik zulasten des späteren Floperwerbs nicht zu erwarten.

Die Ergebnisse weisen ferner aus, dass das Aufbauprogramm nur vom kleineren Teil der Probanden erlernt wurde, wobei dieser Anteil mit zunehmendem Alter, also bei den Fünft- und Siebtklässlern, größer wurde. Offenbar sind bei den älteren Schülern die Voraussetzungen zum Erlernen der weiterführenden Lernschritte größer. Für die übrigen Schüler war das Aufbauprogramm zu schwierig; Gründe können konditionelle und koordinative Defizite, aber auch die unzureichende Vorbereitung einzelner Bewegungen sein. Daher ist das Aufbauprogramm nicht für den normalen Schulbetrieb, allenfalls für besonders Begabte in Neigungsgruppen und für den Vereinsbetrieb geeignet. Dort können vor dem bzw. parallel zum Technikerwerb die koordinativen und konditionellen Voraussetzungen durch entsprechende Grundübungen erarbeitet und verbessert werden.

⁶⁷ Der leichte Rückgang bei den Siebtklässlern (im Vergleich zu den Fünftklässlern) ist auf motivationale Probleme zurückzuführen, so hatten insbesondere die Mädchen dieser Altersstufe Hemmungen, sich vor der Gruppe bzw. vor laufender Videokamera zu produzieren.

4 Strukturierungsformen sportlicher Bewegungen

Der Flop ist seit 1980 Jahren die dominierende Hochsprungtechnik. Versuche von Sportwissenschaftlern und -praktikern, neue, äquivalente oder noch effektivere Techniken zu entwickeln, sind bisher gescheitert (s.o. Kap. 2). Damit ist eine wichtige Weichenstellung für die spezielle Trainings- und Bewegungslehre des Hochsprungs gegeben, nämlich die vorrangige Beschäftigung mit der Floptechnik. Um angemessene Verfahren für die Untersuchung der Floptechnik zu ermitteln, befassen wir uns nachfolgend mit Modellen zur Analyse von Bewegungen im Allgemeinen und des Hochsprungs im Besonderen.

4.1 Übersicht möglicher Ordnungsprinzipien

Für die Analyse sportlicher Bewegungsabläufe eignen sich unterschiedliche Gliederungsprinzipien. Sowohl Roth & Willimczik (1999, S. 17f) als auch Göhner (1992, S. 121f; 1999, S. 127f) nennen jeweils vier Betrachtungsweisen bzw. Ordnungsprinzipien sportlicher Bewegungen, die jedoch nicht identisch sind. Beide Auflistungen zusammenfassend kann man in einer ersten Betrachtung fünf Strukturierungsmöglichkeiten unterscheiden:

1. Die *ganzheitliche* ist als *morphologische Betrachtung* die wohl älteste Form der Erfassung sportlicher Bewegungen. Roth & Willimczik (1999, S. 74) belegen das mit Zitaten von Gutsmuts aus dem 18. Jahrhundert. Die morphologische Betrachtung wird auch als chronologische oder topographische Gliederungsform bezeichnet (vgl. für den Hochsprung bei Hopf, 1995, S. 201). Gemeint ist jeweils eine äußere Betrachtung und Beschreibung der Bewegung entlang der zeitlichen Abfolge ihrer Bewegungsteile, (Göhner, 1999, S. 18) spricht von einem beobachtbaren Geschehensstrom, der in Verhaltenseinheiten untergliedert wird. Häufig sind die Bezeichnungen ‚chronologisch‘, ‚morphologisch‘ und ‚topographisch‘ im Sinne von ‚oberflächlich‘ negativ gefärbt und zu den folgenden Betrachtungsweisen abgegrenzt⁶⁸. So wird an der morphologischen Betrachtung kritisiert, sie vernachlässige, dass zeitlich vorangehende Teile der Kern- oder Hauptbewegung häufig inhaltlich-funktional nachgeordnet sind. Göhner (1992, S. 145) spricht von der finalen Unterordnung der Vorbereitungsphase unter die Hauptphase bzw. der resultativen Abhängigkeit der Haupt- von der Vorbereitungsphase, also von einer wechselseitigen Abhängigkeit. Trotz solcher Kritiken ist die detaillierte Deskription sportlicher Bewegungen essentieller Ausgangspunkt für weitergehende Analysen (Meinel & Schnabel, 1998, S. 74). Willimczik & Roth (1983, S. 20) präzisieren diese Aussage insofern, dass die morphologische Betrachtungsweise gerade für die Bewegungen unverzichtbar ist, die sich einer analytischen Untersuchung entziehen. Entsprechend hat die morpho-

⁶⁸ Eine rein äußerliche Beschreibung der Bewegung ist im Sport eher unüblich, da schon auf der naiven bzw. laienhaften Betrachtungsebene funktionale und biomechanische Erkenntnisse über Bewegungszusammenhänge und -ursachen in die Beschreibung eingehen.

- logische Betrachtung auch in unseren Hochsprunguntersuchungen einen wesentlichen Anteil.
2. Die *biomechanische Bewegungsanalyse* erfasst die sportlichen Bewegungen in ihrer räumlichen und zeitlichen Dimension. Für die grundlegende Unterscheidung in Translation (fortschreitende) und Rotation (Dreh-Bewegungen) bietet die Floptechnik im Hochsprung geradezu einen idealtypischen Bewegungsablauf (vergleiche Dapena, 1980a/b). Die Rückführung sportlicher Bewegungen auf mechanische Prinzipien und räumlich-zeitliche Daten erlaubt zumindest teilweise eine mathematisch-funktionale Bearbeitung und Interpretation (Göhner, 1992, S. 137f). Für die vorliegende Arbeit spielt die biomechanische Bewegungsanalyse eine überragende Rolle (Kap. 6 bis 8), bedarf aber vorab der intensiven methodischen Diskussion (Kap. 4 und 5).
 3. Die *fähigkeitsorientierte* bzw. die *empirisch-analytische Betrachtung* erfasst den Leistungsstand bzw. Ausprägungsgrad innerer motorischer Prozesse in Form von Fähigkeiten, Fertigkeiten, Eigenschaften, Dispositionen und Persönlichkeitsdimensionen. Unter leistungssportlichem Aspekt interessieren hier primär die sportmotorischen Fähigkeiten (Kraft, Schnelligkeit, Ausdauer, Koordination) und ihre Untereinheiten. Sie sollen mittels sportmotorischer Tests einer empirischen Analyse unterworfen werden (Roth & Willimczik, 1999, S. 257f). Bei der Analyse des Hochsprungs dient die empirisch-analytische Betrachtung vorrangig zur Ermittlung und Aufschlüsselung der leistungsbestimmenden Einflussgrößen oder der Zubringerleistungen (Kap. 8).
 4. Die *funktionale Gliederung* versucht, (sportliche) Bewegungen in ihren Zweck-Bezügen zu verstehen und aufzuschlüsseln. Die Gesamtbewegung wird in ihrer Funktion bzw. ihrem Zweck für den sie erzeugenden Menschen interpretiert, Teilbewegungen wiederum werden gemäß ihrer Funktion für die Gesamtbewegung erklärt. Ausgehend von einfachen oder klassischen Zwei- und Drei-Phasengliederungen, wie sie Meinel begründet hat (Meinel & Schnabel, 1998, S. 75f)⁶⁹, reichen die funktionalen Erklärungsansätze bis hin zu komplexen Funktionsphasengliederungen. Dabei unterscheidet Göhner (1992, S. 126f) induktive, aktionszentrierte von deduktiven, zielzentrierten Funktionsgliederungen. Der vorliegenden Arbeit dient die funktionale Gliederung zum grundlegenden Verständnis der Hochsprungbewegung.
 5. Schließlich lassen sich menschliche Bewegungsabläufe auch von innen, aus der Sicht des Akteurs verfolgen und beschreiben (Göhner, 1999, S. 127). Die Bewegungsbeschreibung *aus der Sicht des Sich-Bewegenden* wird mit den Fachtermini „subjektive Bewegungsstruktur“ (Meinel & Schnabel, 1998, S. 92) oder „Phänomenologie der Bewegung“ beschrieben (Kohl, 1956, S. 49 und 1985, S. 111). Die „Innensicht“ verspricht, wichtige Aspekte für die Bewegungsgestaltung und -steuerung des Spitz-

⁶⁹ Analog Grosser u.a. (1987, S. 25), die auch in der „klassischen“ Phasenstruktur von Meinel zweckhafte, also funktionale Bezüge als wichtige Gliederungskriterien sehen, unterscheiden wir nicht grundsätzlich zwischen Dreiphasen-Struktur und funktionalen Gliederungen. Auch in der morphologischen Betrachtung finden sich schon zweckhafte Beziehungen. Daher gehen wir von einer zunehmenden Verfeinerung der funktionalen Betrachtung aus.

zensportlers zu liefern⁷⁰. Sie wird von Sporttheoretikern und -praktikern vorrangig im Anfängerbereich eingesetzt, wenn Bewegungsanweisungen kindgemäß aus der Sicht des Akteurs gegeben werden sollen⁷¹ (s.o., Kap. 2). Im Hochleistungsbereich wird die Perspektive des externen Beobachters, werden also die zuvor genannten Betrachtungsweisen favorisiert⁷².

Aufgrund der Verfügbarkeit entsprechenden Untersuchungsequipments sind die quantifizierenden biomechanischen Untersuchungsmethoden in den letzten Jahrzehnten in den Vordergrund der Hochsprunganalyse gerückt. Der biomechanischen Analyse wird auch in der vorliegenden Arbeit Vorrang eingeräumt, doch sollen eingangs mit den Funktionsphasenmodellen die klassischen Strukturierungsverfahren für sportliche Bewegungen im Allgemeinen und den Hochsprung im Besonderen dargestellt werden. Sie stellen ein unverzichtbares Instrumentarium für die Technikbeschreibung, aber auch für die nachfolgende quantifizierende Analyse dar.

4.2 Funktionsphasen

In der traditionellen Bewegungslehre werden azyklische sportliche Bewegungen in drei Phasen aufgeschlüsselt, in die Vorbereitungs-, die Haupt- und die Endphase (Meinel & Schnabel, 1998, S. 78f)⁷³. Die jüngeren Vertreter der Bewegungslehre sprechen gemäß einer funktionalen Analyse von Funktionsphasen (Göhner, 1992, S. 133f). Dabei lassen sich je nach einfachen oder komplexen Bewegungen auch einfache und komplexe Modelle unterscheiden, die auch für den Hochsprung relevant sind und nachfolgend diskutiert werden sollen.

4.2.1 Einfaches Funktionsphasenmodell

Bei einfachen Bewegungen wie dem Hochstrecksprung aus dem Stand decken sich 3-Phasen-Modell und reale Bewegungsteile in idealer Weise (Abb. 4.1). Die Vorbereitungsphase dient dem Ausholen, dem idealen Positionieren der Körperteile, der Erzeugung optimaler Vorspannung der Muskulatur, der Energiespeicherung (Prinzip der Anfangskraft, s.u.) und der Verlängerung des Beschleunigungsweges (vgl. Meinel & Schnabel, 1998,

⁷⁰ Diese für die Bewegungssteuerung wichtige Perspektive wird in der Bewegungslehre bisher weitgehend vernachlässigt. Ein möglicher Grund dieser Vernachlässigung ist die stark subjektive Färbung der Beobachtung, die eine Standardisierung und Verallgemeinerung beeinträchtigt. Trotz dieser Einschränkung bietet die wissenschaftliche Aufarbeitung des Bewegungserlebens von Leistungssportlern eine beträchtliche Informationsreserve für die allgemeine und die spezielle Bewegungslehre.

⁷¹ Für den Hochsprung siehe Kapitel 3 sowie Killing & Kruber (1995b, S. 204).

⁷² Zur Dominanz der Außensicht in der Fachliteratur siehe Neumaier, de Marée & Seiler (1997, S. 30).

⁷³ Die einzelnen Phasen gehen fließend ineinander über. So leitet das Abbremsen der Ausholbewegung die Beschleunigung für die Hauptbewegung ein usw. Die Trennung der Phasen ist demnach eine theoretische, die am jeweiligen Umkehrpunkt der Bewegungen orientiert ist (vergl. Grosser & Neumaier, 1982, S. 32).

S. 79), daher ist die Bewegungsrichtung der späteren Kernbewegung entgegengesetzt (hier: KSP-Absenkung durch Beinbeugung und nach hinten-unten ausholende Arme). Die in der Hauptphase kontraktile arbeitenden Muskelgruppen werden durch die Beugebewegung vorgedehnt, so die Hüft-, Knie- und Fußstrecker, aber auch Brust- und Schultermuskeln (für den Armschwung). Dadurch wird eine hohe Anfangsaktivität sichergestellt (Grosser u.a., 1987, S. 26).

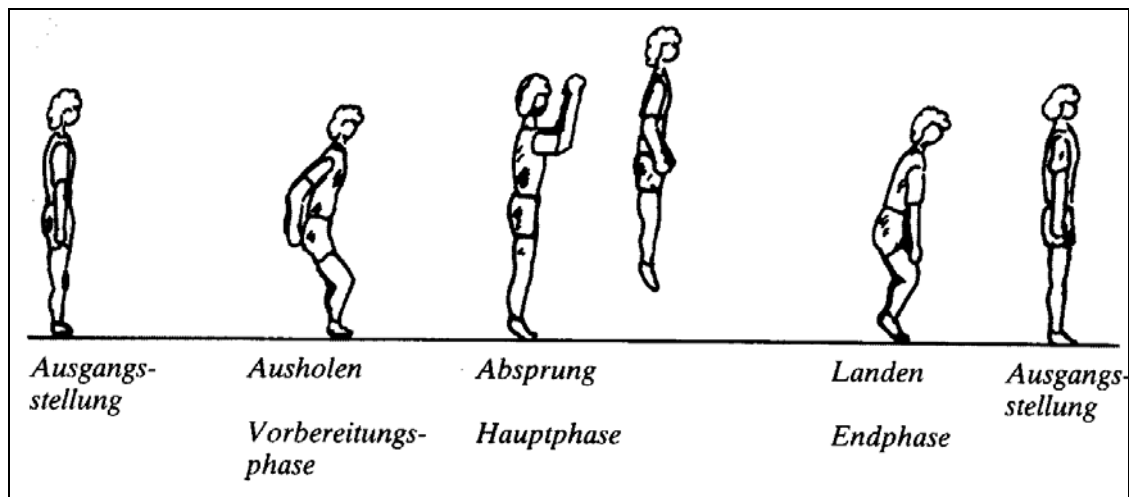


Abb. 4.1: Strecksprung aus dem Stand mit Phaseneinteilung

Die Hauptphase beinhaltet die Kernbewegung zur Lösung der eigentlichen Bewegungsaufgabe (hier: Vertikalbeschleunigung im Absprung durch Beinstreckung und Armschwung nach vorn-oben). Die Streckmuskulatur der Beine und die Schwungmuskulatur der Arme werden energisch kontrahiert. Der zeitlich früher beginnende Armeinsatz erhöht zunächst die Belastung auf die Beine und verstärkt über die Auslösung zusätzlicher Kontraktionsreize deren Streckimpuls (s.a. Hochmuth, 1982, S. 168). Der Einsatz der Schwungelemente wirkt für die Sprungbeinmuskulatur analog der Anfangskraft:

„Durch die Reaktionswirkung der Schwungbeschleunigungen wird der Bremsstoß verstärkt und die Anfangskraft für die nur sehr kurzzeitige Sprungbeinstreckung erhöht. Die Schwungübertragung erfüllt demnach eine Vorbereitungsfunktion für die stützenden Gliedmaßen.“ (Meinel & Schnabel, 1998, S. 110)

Die Beine werden explosiv gestreckt und beschleunigen den Körper nach oben. Durch das Abbremsen der Arme kommt es zu einer Impulsübertragung auf den Rumpf, wodurch dessen Vertikalbeschleunigung verstärkt wird. Ist der Kraftstoß groß genug, hebt der Springer vom Boden ab. Die Endphase schließlich dient dem Abfangen oder Beenden der Bewegung (hier: Landung, Nachgeben in Hüft-, Knie- und Fußgelenken, Aufrichten in den normalen Stand).

Die Trainingsübung Standflop steht bezüglich der Komplexität der Funktionsphasen zwischen dem einfachen Hochstrecksprung und dem komplexen Flopsprung. Die Vorbereitungsphase ist als einfache Ausholbewegung der des Hochstrecksprungs sehr ähnlich, dagegen ist die Hauptphase in Absprung und Lattenüberquerung unterteilt, die sich wechselseitig beeinflussen. Denn im Absprung (und z.T. schon in der Vorbereitungsphase) muss nicht nur der große Vertikalimpuls, sondern müssen zusätzlich die für die effektive Lattenpassage erforderliche Dreh-Kippbewegung und die Horizontalgeschwindigkeit erzeugt werden. Dies ist nur zu Lasten des Vertikalimpulses möglich, so dass der Standflop-Absprung keine Maximierungs-, sondern eine Optimierungsfunktion hat. Die Endphase hat beim Standflop durch die gefahrlose Landung auf der Schaumstoffmatte keine besondere Bedeutung.

4.2.2 Komplexes Funktionsphasenmodell

Bei komplexen Bewegungen wie dem Hochsprung mit der Floptechnik ist eine weitere bzw. weitergehende Untergliederung notwendig: Die Vorbereitungsphase kann in eine einleitenden und eine überleitende Funktionsphase, hier Anlauf und Absprungvorbereitung, unterteilt werden, die Hauptfunktionsphase wird in funktionale Segmente und diese in funktionale Untereinheiten gegliedert, hier Absprung (Fußaufsatz, Amortisation, Take-Off) und Lattenpassage (Angehen, Überqueren und Lösen von der Latte); die Endphase (Landung auf der Schaumstoffmatte) wird in der neuen Terminologie zur aussteuernden Funktionsphase (Abb. 4.2). Entscheidend für die Einteilung ist die Zuordnung der Bewegungsteile zu den für die Lösung der Bewegungsaufgabe wichtigen Funktionen (Göhner, 1992, S. 124f). Der Anlauf ist in Funktion und Ausgestaltung der Hauptphase, also dem Absprung untergeordnet:

„The purpose of the run up is to set the appropriate conditions for the beginning of the take-off phase.“ (Dapena, 1997, S. 2)

Der Anlauf im Hochsprung dient zur Entwicklung von Horizontalgeschwindigkeit, die während des Absprungs in Vertikalgeschwindigkeit umgelenkt werden soll. Dazu ist in der Absprungvorbereitung zum Absenken des KSP ein Zurück- und nach Innenlegen des Körpers (Sprungauslage) erforderlich, aus der sich der Springer im Absprung aufrichtet und damit einen zusätzlichen Impuls für die Kernbewegung, also den Vertikalstoß, erzeugt.

Die Absprungvorbereitung ist als klassische Ausholbewegung zu erkennen: Der Körper und die Schwungelemente (gut zu beschleunigende Teilmassen) werden nach hinten und unten – entgegen der Hauptbewegungsrichtung des Absprungs (vorn-oben) – verlagert,

um die Kraft- und Beschleunigungseinwirkung zu verlängern und zu vergrößern⁷⁴. Die Muskeln der Strecksehne, die in der Hauptphase exzentrisch-konzentrisch arbeiten, also Hüft-, Knie- und Fußstrecker, werden schon vor dem Fußaufsatz zum Absprung kontrahiert (man spricht auch vom greifend-scharrenden Fußaufsatz oder von der schlagend-scherenden Bewegung des Sprungbeins; so Tancic, 1978, S. 789), um im ersten Teil des Absprungs, dem passiven Beugen, eine hohe Stiffness und große reaktive Muskelkräfte hervorzurufen.

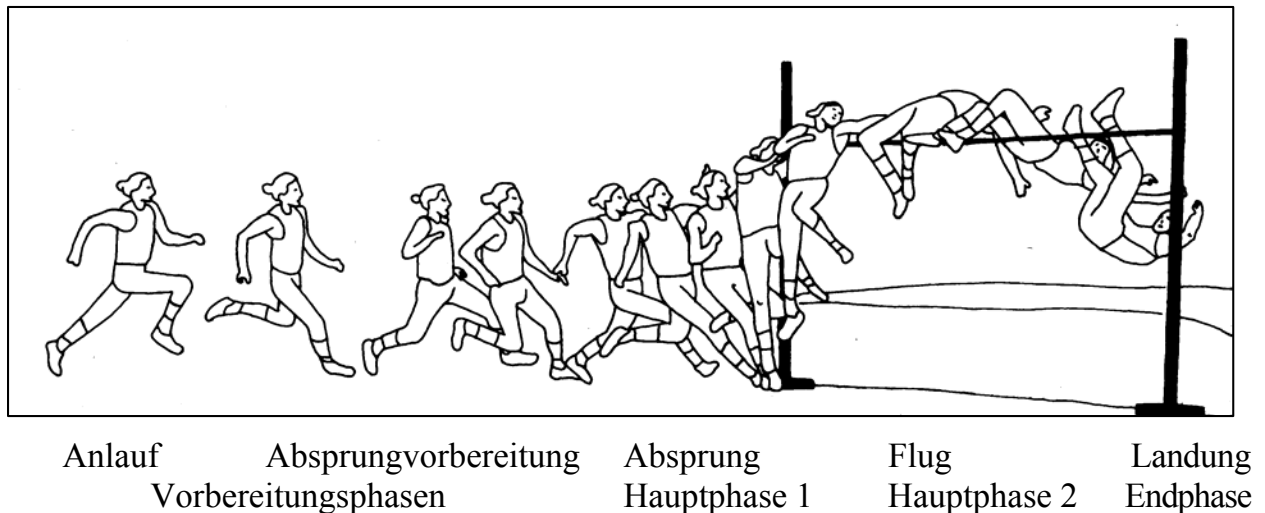


Abb. 4.2: Hochsprung mit Phaseneinteilung (Göhner, 1996, S. 60)

Auch der Kurvenlauf dient zur Absprungvorbereitung: Die Kurveninnenlage erzeugt ein zusätzliches Absenken des Körpers, wodurch der vertikale Beschleunigungsweg verlängert wird. Durch den gleichmäßigen Kurvenlauf wird der Körper bzw. der KSP allmählich, ohne störende ruckartige Bewegungen in die optimale Position befördert. Wegen seiner Doppelfunktion (Steigerung der Geschwindigkeit und Erzeugung von Innenlage) verstehen wir den Kurvenlauf als Bindeglied zwischen Anlauf und Absprungvorbereitung.

Die Hauptphase im modernen Hochsprung ist – ähnlich vielen sportlichen Techniken – zweigeteilt. So schreiben Meinel/Schabel:

„Die Hauptphase besteht aus den wesentlichen Beschleunigungsstößen und ihrer rationellen Ausnutzung, zum Teil in Flug- und Gleitphasen.“
(Meinel & Schabel, 1998, S. 93).

⁷⁴ Bei intensivem Doppelarmschwung ist der Ausholbewegung (nach hinten) häufig eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung (beide Arme nach vorn vor den Körper) vorgeschaltet. Durch diese doppelte bzw. Mehrfach-Ausholbewegung wird einerseits die Bewegungsgestaltung zu Lasten der Geschwindigkeit erleichtert, andererseits der Kraftimpuls durch die größere Bewegungsamplitude der Schwungbewegung erhöht (Meinel & Schnabel, 1998, S. 84). Nachteilig bei Mehrfachausholbewegungen ist der durch die geringere Anlaufgeschwindigkeit reduzierte Auftreffimpuls. Hier ist also eine Zweck-Mittel-Abwägung erforderlich.

Im ersten Teil der Hauptphase, wird über ein energisches Aufrichten der Oberkörper-Sprungbein-Achse, das Strecken des Sprungbeins und das Vor-Hoch-Schwingen von Armen und Schwungbein ein optimaler vertikaler Kraftstoß entwickelt⁷⁵. Der Vertikalimpuls darf nicht maximiert werden, denn für den zweiten Teil der Hauptphase, also die Lattenpassage, muss

- ausreichend viel Horizontalgeschwindigkeit erhalten bleiben
- eine überquerungsfreundliche Körperteilpositionierung vorgenommen werden
- müssen die erforderlichen Drehmomente abgezweigt werden

Die Drehung um die Längsachse und die Kippung um die Querachse ermöglichen erst die überstreckte Körperhaltung während der Lattenpassage. Das Absenken der Hüfte hinter der Latte und das Anheben der Beine zum Lösen von der Latte bringen den Springer in die sogenannte L-Position und beenden die Hauptphase⁷⁶.

Durch die Landung auf der Schaumstoffmatte hat sich die Funktion und Gestalt der Endphase im Hochsprung verändert, Ziel ist die sichere Landung auf Rücken und (ausgebreiteten) Armen. Dazu wird die L-Position des Körpers bis zur Landung auf dem Rücken beibehalten, zur Vergrößerung der Auftrefffläche werden die Arme seitlich ausgebreitet. Durch ein Abrollen nach hinten wird der Aufprall gemindert und die Bewegung zur Ruheposition abgeschlossen⁷⁷.

4.3 Biomechanischer Zugang⁷⁸

Im Unterschied zur subjektiven und qualitativen Auswertung liefert die Biomechanik eine objektive und quantitative Analyse sportlicher Bewegungen. Die Technik wird nicht als Ganzes beschrieben, sondern über Ausprägungen von Bewegungsmerkmalen. Ballreich (1996, S. 13) nennt folgende Aufgaben der Leistungsbiomechanik:

⁷⁵ Ähnlich dem einfachen Streck sprung setzen auch bei den Sprüngen aus dem Anlauf die vorwärts-aufwärts gerichteten Schwungbewegungen der Arme und des freien Beins schon vor dem Aufsetzen des Sprungbeins ein, um die Anfangskraft für die Streckmuskulatur und damit den Vertikalimpuls zu erhöhen (Meinel & Schnabel, 1998, S. 109f).

⁷⁶ Man kann das Lösen von der Latte (also das Anheben der Beine) auch zur Endphase zählen, die dadurch wieder eine eigenständige Bewegung enthielte. Dies wird hier nicht favorisiert.

⁷⁷ Der spektakuläre Rückwärtssalto zur Landung auf den Beinen, wie ihn u.a. S. Matei demonstriert, wäre bei einer Landung auf dem Boden bzw. in der Sandgrube eine „echte“ Endphase (Abfangen der Bewegung). Im Zeitalter der Schaumstoffmatten muss dieses Bewegungsteil jedoch als entbehrlich, gefährlich und wegen der frühen Einbeugebewegung der Hüfte sogar die optimale Lattenpassage beeinträchtigendes Element abgelehnt werden.

⁷⁸ In früheren Jahren wurde vereinzelt und unzulässiger Weise in lexikalischen Werken der Begriff „Leistungsdiagnostik“ auf die Ermittlung leistungsrelevanter Kreislauf- und Blutparameter unter Belastung verengt (vgl. Jonath, 1986; Eberspächer, 1987; Beyer, 1992). Diese Einschränkung ist nicht zwingend und für die Sprung- und Wurfdisziplinen wenig geeignet. Wir favorisieren die Auffassung von Letzelter & Letzelter (1983, S. 11f), die für einen erweiterten Diagnosebegriff plädieren (siehe auch Einleitung 1.3).

- Quantifizierung der Bewegungsmerkmale, Identifikation der Einflussgrößen und Schätzung deren Einflusshöhe auf die Zielgrößen
- Änderung des Leistungszustandes in Richtung auf den Sollwert
- Analyse konkurrierender Techniken hinsichtlich ihrer Effektivität, Entwicklung neuartiger Techniken (Technikoptimierung)
- Identifikation der Einflussgrößen der konditionellen Komponenten im Sinne einer Individualdiagnose
- Änderung des konditionellen Leistungszustandes

Die Biomechanik soll den Trainer unterstützen, dessen Defizite bei der Bewegungsanalyse beseitigen und ihn in Teilen sogar ersetzen. Zunächst sollen Einflussgrößen der Technik gefunden werden. Dies kann auf logischen oder statistischen Wegen erfolgen. Idealerweise ergänzen sich beide. Danach wird die jeweilige Einflusshöhe bestimmt, so dass eine Rangfolge der Einflussgrößen (Priorisierung) vorgenommen werden kann. Aufgrund dieser Rangfolge kann das Training ausgestaltet werden. Damit werden anspruchsvolle Ziele formuliert. Die nachfolgenden Untersuchungen und Diskussionen sollen diesen hohen Anspruch der Biomechanik an das eigene Leistungsvermögen prüfen helfen.

Bei den schnellkräftigen, nur kurzzeitig andauernden Bewegungen wie den leichtathletischen Sprüngen und Würfeln ist der Beobachter häufig überfordert, bedeutsame Bewegungsveränderungen mit dem bloßen Auge zu erfassen. Insbesondere im Hochleistungsbereich sind Ist- und Sollwert stark angenähert. Hier hat der Einsatz von Film- und Videoaufzeichnungen einen entscheidenden Fortschritt für die Bewegungsanalyse gebracht. Beliebige häufige Wiederholungen, Zeitlupen und Standbilder ermöglichen dem Trainer eine wesentlich fundiertere Analyse der Sportbewegungen als es bisher möglich war.

Auch wenn das Videosystem einen wichtigen Beitrag zur Objektivierung der Bewegungsanalyse geliefert hat, kann die subjektive Videoauswertung doch nur qualitative Beurteilungen liefern, also Sprünge als besser oder schlechter bzw. Bewegungsdetails als mehr oder weniger ausgeprägt einstufen. Daher beinhaltet die Videoauswertung immer noch Ungenauigkeiten, die erst durch Messungen, wie sie die Biomechanik vornimmt, beseitigt werden können. So ist in den letzten Jahrzehnten durch die Mess- und Auswertungssysteme der Biomechanik ein deutlicher Trend zu quantitativen Analysen festzustellen. Gemessen werden insbesondere Zeiten, Wege und abzuleitende Parameter wie Geschwindigkeiten und Winkel. Für den Hochsprung stellt sich das jedoch schwieriger als für andere leichtathletische Disziplinen dar. Das erfordert entweder eine sehr aufwendige Messtechnik, wie sie weiter unten abgeleitet wird oder eine starke Reduktion der Komplexität, wie sie mit dem Teilhöhenmodell erreicht wird.

4.4 Teilhöhenmodelle

Im Hochsprung verlaufen erzeugende und resultierende Bewegungen in unterschiedlichen Dimensionen; der Anlauf bzw. die Vorbereitungsphase verläuft horizontal und im Bogen, der Sprung bzw. die Hauptphase dagegen in der Vertikalen. So ist eine direkte Ableitung der Zielleistung aus den leistungsbestimmenden Merkmalen der Vorbereitungsphase, analog dem Weitsprung, bei dem die Anlaufgeschwindigkeit überragenden Einfluss auf die Sprungleistung hat (Dickwach, 1991, S. 74), erschwert. Sowohl der Sportwissenschaftler als auch der Trainer befinden sich dadurch in einem Orientierungsdefizit. Eine Möglichkeit, dieses zu überwinden, ist die Erfassung möglichst vieler sinnvoller Parameter, die für die Leistungserstellung bedeutsam sein können. Mithilfe statistischer Verfahren können so Zusammenhänge bzw. leistungsbestimmende Einflüsse gesucht werden (siehe Kap. 6 bis 8). Eine andere Möglichkeit stellt die Reduktion auf die vertikale Dimension dar, wie es in den biomechanischen Teilhöhenmodellen vorgenommen wird. Diese Teilhöhenmodelle basieren auf der Bestimmung des Körperschwerpunktes (KSP), die daher vorab erläutert wird.

4.4.1 Körperschwerpunkt

Bei der Bestimmung des KSP kann man die experimentelle von der analytischen Methode unterscheiden. Bei der experimentellen Methode wird der Körper auf einer besonderen Waage in die entsprechende, zu untersuchende Position gebracht und der KSP bestimmt (Fetz & Drees, 1966, S. 16f). Sieht man einmal von Verlagerungen der Weichteile (wobbling mass) bei Positionsänderungen (z.B. von der stehenden in die liegende Position) oder bei dynamischen (Beschleunigungs- und Abbremsprozesse) Bewegungen ab, kann der KSP mit dieser Methode zuverlässig bestimmt werden (Tab. 4.1, vgl. Baumann & Preiss, 1996, S. 86).

Tab. 4.1: Regressionsgleichungen der Segmentmassen, Angaben in lbs (Preiss, 1987, S. 46)

Kopf	=	0,079 Masse	
Rumpf	=	0,390 Masse	+ 12,0
Oberarm	=	0,040 Masse	- 1,45
Unterarm	=	0,020 Masse	- 0,25
Hand	=	0,005 Masse	+ 0,35
Oberschenkel	=	0,090 Masse	+ 1,6
Unterschenkel	=	0,055 Masse	- 0,95
Fuß	=	0,001 Masse	+ 0,75

Bei sportlichen Bewegungen mit sich ständig ändernden Positionen und hoher Dynamik ist diese Methode nicht praktikabel. Zudem ist sie äußerst arbeits- und zeitintensiv. Beide Ressourcen sind für den Aufgabenbereich der Leistungsdiagnostik nur begrenzt verfügbar.

Daher muss eine andere, die sogenannte analytische Methode eingesetzt werden. Bei der analytischen Methode geht man von bestimmten Körpermodellen aus, wobei den Gliedmaßen und dem Rumpf des menschlichen Körpers geometrische Körper zugeordnet werden, zunächst Zylinder, bei späteren Modellen in der Mehrzahl Kegelstümpfe (Abb. 4.3). Entsprechend der Gesamtmasse des Körpers und der Ausdehnung dieser Teilkörper (Länge, Umfänge, siehe Tab. 4.2) werden ihre Teilmassen ermittelt.

Tab. 4.2: Multiple Regressionsgleichungen für die Segmentmassen
(Clauser, 1969, hier nach Preiss, 1987, S. 47)

Kopf	=	0,104 Kopfumfang + 0,015 Masse - 0,2189
Rumpf	=	0,349 Masse + 0,423 Rumpflänge + 0,229 Brustumfang - 35,46
Oberarm	=	0,007 Masse + 0,092 Oberarmumfang - 0,050 Oberarmlänge - 3,101
Unterarm	=	0,081 Handgelenksumfang + 0,052 Unterarmumfang 1,65
Hand	=	0,029 Handgelenksumfang + 0,075 Handgelenksbreite + 0,031 Handbreite - 0,746
Oberschenkel	=	0,074 Masse + 0,123 Oberschenkelumfang + 0,0027 Hautfaltendicke - 4,216
Unterschenkel	=	0,111 Unterschenkelumfang + 0,047 Kniehöhe + 0,074 Knöchelumfang - 4,208
Fuß	=	0,003 Masse + 0,048 Knöchelumfang + 0,027 Fußlänge - 0,869

Über ihre Endpunkte, in der Regel die Gelenke, wird die Lage der Teilkörper im Raum erfaßt. Gemäß dieser räumlichen Zuordnung der Teilkörper wird über Regressionsrechnungen die Lage des KSP bestimmt⁷⁹. Zumeist wird die KSP-Höhe in cm über dem Boden oder als Prozentwert der Körpergröße angegeben. Die so ermittelte KSP-Lage gilt für den aufrecht stehenden Menschen. In liegender Position kann sich durch Verschiebung der inneren Organe die KSP-Position (Richtung Kopf) verlagern. Nach Saziorski (1984) beträgt diese Veränderung maximal 1 %. Da sich der Hochspringer über der Latte zwar in liegender, aber nicht in ruhender Position befindet, sind die inneren Organe vermutlich noch nicht Richtung Kopf verlagert, so dass bezüglich der KSP-Lage keine Korrekturen erforderlich erscheinen.

Das verbreitetste und auch in der vorliegenden Untersuchung verwandte Modell ist das von Hannavan. Es ordnet den Gliedmaßen nicht mehr Zylinder, sondern Kegelstümpfe zu und geht von 15 Teilkörpern aus (Abb. 4.3). Dadurch weist es eine erheblich höhere Angleichung der Modelloberfläche an die des Originals auf als seine Vorgänger und reduziert die Fehlerquote beträchtlich (Preiss, 1987, S. 43). Trotz dieser Optimierungsbemühungen enthaltenen die Körpermodelle, um überhaupt wirksam zu werden, eine Reihe von Vereinfachungen, also Fehlerquellen:

⁷⁹ Saziorski (1984) verwendet Regressionsgleichungen zweiter und dritter Ordnung.

- reine geometrische Körper
- einheitliche Dichte der Körperteile
- Symmetrie des Körpers
- starre Körperglieder
- feste Gelenkachsen
- keine Verlagerung von Weichteilen⁸⁰

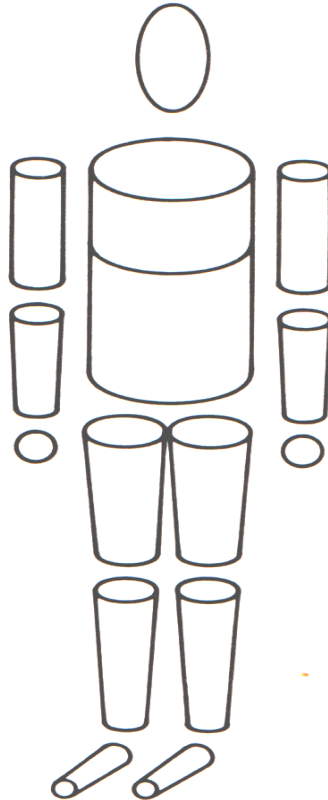


Abb. 4.3: Vereinfachtes Körpermodell nach Hannavan (Preiss, 1987, S. 38)

Nach Hildebrand (1997, S. 46) sind diese Fehlerquellen nur schwer zu definieren, insbesondere bei kleinen Stichproben. Dadurch kommt es zu erheblichen Ungenauigkeiten bei der KSP-Bestimmung. Eine Sekundärauswertung von Saziorski (1984, S. 39) weist auf gravierende Mittelwertsdifferenzen bei verschiedenen Untersuchungen des KSP hin, wobei die Streuungen jüngerer Untersuchungen geringer (ca. 2 bis 3 %) als die älterer Untersuchungen ausfallen (bis 7 %). Dennoch sind auch bei den heute gebräuchlichen Modellen noch erhebliche Differenzen und damit Ungenauigkeiten bei der KSP-Ermittlung festzustellen (s.u. Fehlerrechnung). Können bei den Untersuchungspersonen die entsprechenden Messungen nicht vorgenommen werden, müssen die fehlenden Informationen (Umfänge, Hautfaldendicke) anhand von Vergleichskörpern geschätzt werden. Letzteres Verfahren ist bei Wettkampfauswertungen üblich und wurde auch bei den vorliegenden 3-D-Untersuchungen verwandt. Dadurch steigt die Fehlerquote noch einmal.

⁸⁰ Shan (1999, S. 11) weist darauf hin, dass bei den gebräuchlichen Modellen zur KSP-Bestimmung die Deformation der Gewebe vernachlässigt wird.

4.4.2 Teilhöhenmodell nach Hay

Auch wenn sich die biomechanische Analyse durch Quantifizierung und Objektivierung der Bewegungsparameter auszeichnet, intendiert sie zunächst auf relevante qualitative Merkmale (z.B. Anlaufgeschwindigkeit), die identifiziert und quantifiziert werden müssen. Da im Hochsprung die leistungsrelevante Dimension die vertikale ist, versuchen die Biomechaniker, die Vertikalbewegung zu gliedern. Sie befassen sich daher mit den Kernbewegungen des Hochsprungs, also mit Absprung und Lattenpassage, und zerlegen dabei die Hochsprungleistung in Teilhöhen. Bisher gängig war das Modell von Hay (1973, S. 1313), das drei Teilhöhen unterscheidet (Abb. 4.4):

h_1 – die Höhe des Körperschwerpunktes am Absprungende

h_2 – die Steigehöhe (KSP-Flughöhe aufgrund vertikaler Abfluggeschwindigkeit)

h_3 – die Lattenüberhöhung (Differenz von KSP-Flughöhe und Lattenhöhe)

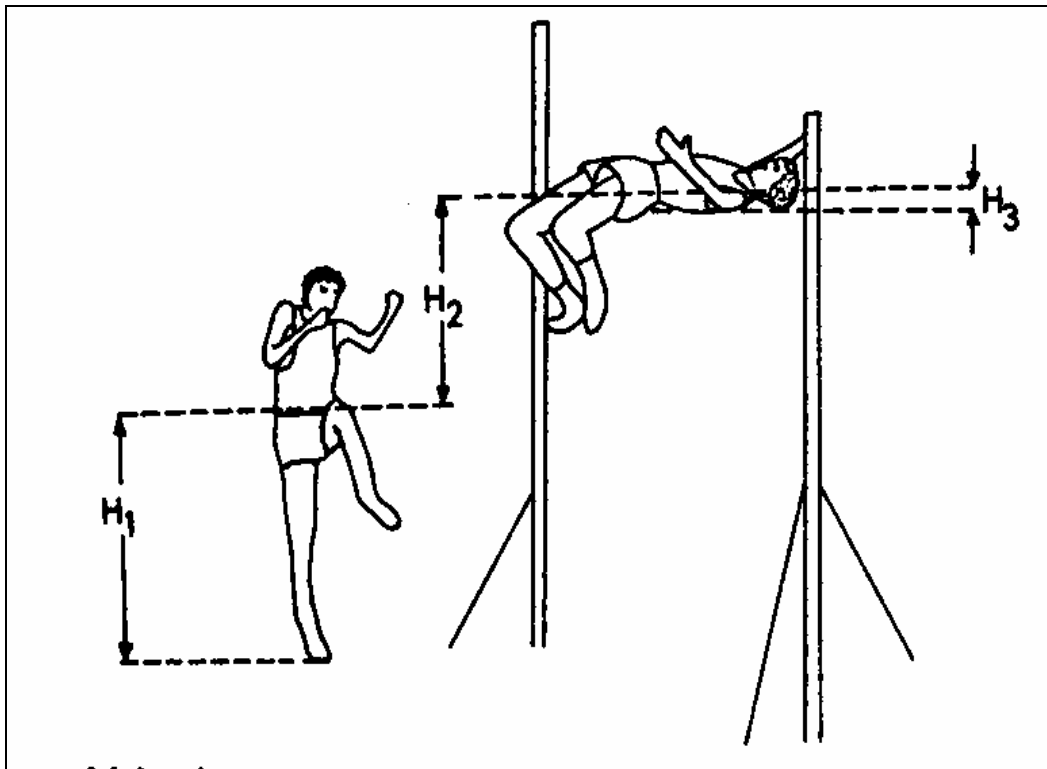


Abb. 4.4: Das Teilhöhenmodell des Hochsprungs nach Hay (1973, S. 1313)

Die Bestimmungsweise der Steigehöhe h_2 hat messtheoretische Gründe. Am Absprungende, wenn der Springer gerade den Boden verläßt, wirkt nur noch die Schwerkraft auf ihn ein. Über die Messung der Abflugrichtung und -geschwindigkeit kann nun die Steigehöhe bzw. die Flugparabel ermittelt werden. Ballreich (1996, S. 24) weist darauf hin, dass die Flughöhe eindeutig durch die vertikale Abfluggeschwindigkeit und diese wiederum durch den vertikalen Beschleunigungsstoß bestimmt ist. Dieses Modell ist nur dann wirk-

sam, wenn Abflughöhe und -geschwindigkeit exakt bestimmt werden können⁸¹. Hier haben wir erhebliche Zweifel (s.u.). Dazu kommen weitere, grundsätzliche Bedenken gegen die Praxistauglichkeit des Hay-Modells. Nach Knebel (1977) wird die Abstoßhöhe (h_1) von der Konstitution und der Körperhaltung des Springers bestimmt. Letztere ist wiederum von der angewandten Technik abhängig und damit gleichermaßen Ursache und Ergebnis der Beschleunigungsvorgänge im Absprung, die unseres Erachtens besser unter h_2 (Steigehöhe) zu summieren sind. Diese Korrektur setzt sich über das messtheoretische Argument hinweg und soll daher nachfolgend ausführlich begründet werden:

1. Letzelter & Letzelter (1986, S. 114) unterscheiden trainingsintensive und trainingsindifferente Leistungsanteile. Die KSP-Höhe im Stand ist trainingsindifferent, die KSP-Höhe am Absprungende dagegen wird teilweise von anthropometrischen, also trainingsindifferenten, teilweise von Technik, Beweglichkeit, Schnelligkeit und Kraft, also trainingsintensiven Faktoren bestimmt. Will man beide voneinander trennen, also hier die spezielle Sprungkraft⁸² ermitteln, dann muss die Differenz von KSP-Höhe zu Absprungende und KSP-Höhe im Stand der Steigeleistung h_2 zugeschlagen werden.
2. Viitasalo u.a. (1982, S. 148f) ermittelten⁸³, dass bei kraftbetonten Flopspringern (Flop 2) die KSP-Höhe am Ende des Absprungs durch die länger und höher geführten Schwungelemente größer, die Steigehöhe (Funktion der Abfluggeschwindigkeit) aber geringer als bei schnelligkeitsbetonten Flopspringern (Flop 1) sei. Bei der Auswertung eigener Ergebnisse ($n = 250$, s.u.) und bei Sekundarauswertungen von Dapena ($n = 150$, 1982-1997) ermittelten wir einen schwach negativen, nicht signifikanten Korrelationskoeffizienten ($r = -0,13$, Dapena-Untersuchungen $r = -0,34$) für den Zusammenhang von Abfluggeschwindigkeit und Abstoßhöhe. Dapena (1996, S. 261) begründet dieses Ergebnis anatomisch-funktional: Übersteigt das Schwungbein im Absprung eine gewisse Höhe bzw. Kniestreckung, wirkt es negativ auf die Beckenstreckung, das Becken kippt nach hinten und der Streckimpuls wird gemindert. D.h., im letzten Teil der KSP-Anhebung im Absprung findet keine KSP-Beschleunigung mehr statt. Ballreich (1996, S. 36) weist darauf hin, dass am Ende der Streckbewegung Bremskräfte zur Vorbeugung von Verletzungen wirken. Nach Untersuchungen mit Hochfrequenzaufnahmen von Prause (1991, S. 32f) erreichen die Springer einige Hundertstel Sekunden vor dem Lösen vom Boden ihre Höchstgeschwindigkeit, die bis zum endgültigen Lösen vom Boden schon wieder abnimmt. Bei den Springern, die eine außergewöhnlich hohe KSP-Lage zum Absprungende er-

⁸¹ Dabei geht es nicht nur um die grundsätzliche Bestimmbarkeit dieser Parameter, sondern auch um die Eignung für Reihenuntersuchungen, wie sie in der biomechanischen Leistungsdiagnostik erforderlich sind.

⁸² Mit spezieller Sprungkraft ist hier die Differenzsprungleistung im vertikalen, einbeinigen, azyklischen Sprung aus dem Anlauf gemeint (siehe Letzelter & Letzelter, 1986, S. 113). Ein hochspezieller Test für den Hochsprung ist die Steigesprungleistung (h_2) beim Wettkampfsprung, wie sie im 3-D-Verfahren bestimmt wird (s. u.).

⁸³ Viitasalo u.a. untersuchten acht Springer der nationalen Klasse, mit Leistungen von 2,06 bis 2,17 m, $x = 2,13$ m, $s = 3,7$ cm. Wegen der kleinen Untersuchungsgruppe haben die Ergebnisse allenfalls explorativen, hypothesenbildenden, aber keinen hypothesenprüfenden Charakter.

reichen, würde demnach die Geschwindigkeitsreduktion relativ zum Absprungende schon früher als bei Springern mit nur geringer oder durchschnittlicher KSP-Lage einsetzen. Vertikale Abfluggeschwindigkeit und KSP-Höhe am Absprungende stehen danach in einem schwach negativen Zusammenhang, sind also keine unabhängigen Parameter.

3. Dapena (1990, S. 261) unterstützt die Einwände gegen das klassische Teilhöhensystem von Hay, indem er auf erhebliche Messprobleme bei der Ermittlung der Abflughöhe hinweist. Dieses Argument betrifft insbesondere die KSP-Bestimmung im Rahmen der routinemäßigen Leistungsdiagnostik, die Grundlage und Gegenstand der eigenen Untersuchungen sind. Wegen der hohen Abfluggeschwindigkeit (bis 5 m/s) treten bei den bisher verwandten Standardmessungen (25 bzw. 50 Bilder/sec) Messfehler auf. Baumann & Preiß (1996, S. 96) weisen darauf hin, dass sich das Bewegungsobjekt bei einer Bewegungsgeschwindigkeit von 5 m/s, wie sie für die vertikale Abfluggeschwindigkeit im Hochsprung der Männer durchaus realistisch ist, und bei einer Einzelbildbelichtung von 1/25 (1/50) Sekunde um 0,2 m (0,1) pro Bild bewegt, was zu einer erheblichen Unschärfe und entsprechenden Messfehlern führt. Eine Erhöhung der Bildfrequenz auf 50, 100 oder 200 Bilder pro Sekunde würde die Auswertungszeit verdoppeln, vervier- oder verachtfachen und den Rahmen einer wettkampfnah verfügbaren Leistungsdiagnostik sprengen. Zudem ist mit der Videoauswertung keine ausreichende Bildauflösung gewährleistet, so dass trotz höherer Bildfrequenzen der Zeitpunkt des endgültigen Lösens vom Boden nicht exakt festzustellen ist⁸⁴.
4. Der Einsatz von Kraftmessplatten im Absprungbereich, im Wettkampf wegen vermeintlicher Rückwirkungen auf den Springer nicht zulässig, führt nicht zu einer originären Bestimmung der Steigehöhe und kann das Präzisionsproblem nur zum Teil beseitigen. Zwar ist nach den Gesetzen des freien Falls die Flughöhe durch die vertikale Abfluggeschwindigkeit und diese wiederum durch das Verhältnis von Masse des Springers und vertikalem Beschleunigungsstoß determiniert, doch ist dieser nicht eindeutig vom vertikalen Bremsstoß zu trennen, der durch die vertikale Auftreffgeschwindigkeit zu Absprungbeginn (Fallgeschwindigkeit, nach eigenen Messungen 0,0 bis 0,6 m/s, s.u. Kap. 6, 7 und 8) auftritt. Der Kraftimpuls während des Absprungs ermöglicht daher nur den Schluss auf die Geschwindigkeitsänderung im Absprung. Für die Bestimmung des vertikalen Bremsstoßes und der Fallgeschwindigkeit müssten wiederum kinematische Methoden mit den vorgenannten Schwächen eingesetzt werden. Daher ist auf diesem Weg kein Präzisionsgewinn zu erwarten.
5. Bei der klassischen Teilhöhenbestimmung nach Hay (1973, S. 1313) wird die vertikale Abfluggeschwindigkeit durch zwei KSP-Bestimmungen in unmittelbar nach dem Absprung folgenden Bildsequenzen bestimmt, entsprechend würde für die Auf-

⁸⁴ Dapena (1990, S. 261) schlägt daher vor, die Abflughöhe gar nicht mehr zu bestimmen, sondern gleich eine durchschnittliche Abflughöhe von 73,3 % der Körperhöhe des Springers anzunehmen. Nach einer Sekundärauswertung von Saziorski (1984) differiert die KSP-Lage im Stand schon um sieben Prozentpunkte. In der Take-Off-Position mit den nach oben verlagerten Schwungelementen ist die Streuung vermutlich noch größer (bis 10 %). Dadurch ist eine ausschließlich an der Körpergröße orientierte durchschnittliche KSP-Abflughöhe zu stark fehlerbehaftet.

treffgeschwindigkeit verfahren. Die ermittelte Strecke dt wird dann durch das Zeitintervall ds dividiert, um die Geschwindigkeit zu ermitteln. Diese zwar theoretisch korrekte Bestimmungsmethode wird durch die schon erwähnte Messfehlerproblematik in ihrer Aussagekraft entscheidend geschwächt. Der unter 3. erwähnte geschätzte Messfehler kann zunehmen und sich in der ermittelten Geschwindigkeit bzw. Steigehöhe niederschlagen. So kann es innerhalb einer Untersuchung, insbesondere aber zwischen verschiedenen Untersuchungen zu erheblichen Ungenauigkeiten und Differenzen bezüglich der vertikalen Abfluggeschwindigkeit und der KSP-Flughöhe kommen (s.u.). Bei unseren eigenen Untersuchungen differieren die mittels der vertikalen Abfluggeschwindigkeit berechnete KSP-Flughöhe und die direkt bestimmte KSP-Lage im Scheitelpunkt der Flugkurve derart, dass ein erheblicher Ermittlungsfehler unterstellt werden muss. Nach Hildebrand (1997, S. 29) ist die Messgenauigkeit bei der Ermittlung (konstanter) Geschwindigkeiten erheblich größer als bei Beschleunigungen, wie sie zu Absprungende auftreten.

Tab. 4.3: Vergleich von direkter und indirekter KSP-Flughöhen-Bestimmung

	N	Mittelwert	Minimum	Maximum
Sprunghöhe	106	197,98	160,00	236,00
maximale KSP-Flughöhe (direkte Messung)	106	205,22	166,00	240,00
Lattenüberhöhung (direkte Messung)	106	7,21	-2,00	19,00
maximale KSP-Flughöhe (indirekte Messung aufgrund vertikaler Abfluggeschwindigkeit)	106	217,44	176,32	262,27
Lattenüberhöhung (indirekte Messung)	106	19,46	6,06	36,81
Differenz zwischen direkter und indirekter Bestimmung der KSP-Flughöhe	106	12,23	1,06	26,81

Tabelle 4.3 zeigt, dass bei der indirekten KSP-Flughöhenbestimmung extrem hohe, bisher in keiner Untersuchung nur annähernd erreichte, insofern unrealistische Werte auftreten, die zu extrem schlechten Lattenüberhöhungen führen würden. Nachdem die direkt bestimmten Werte erstens mit den Sprunghöhen und zweitens mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen und drittens mit den theoretisch erwarteten Werten (s.o. Kap. 2) korrespondieren, ordnen wir den Fehler dem indirekten Bestimmungsverfahren nach Hay zu, das dadurch entscheidend disqualifiziert wird⁸⁵.

Daher stufen wir das Teilhöhenmodell zur biomechanischen Aufschlüsselung der Hochsprungbewegung nach Hay aus grundsätzlichen und aus messmethodischen Gründen als nicht optimal für die Ableitung der leistungsbestimmenden Faktoren ein. Eine Modifizie-

⁸⁵ Dass dieses Ergebnis mehr gegen die konkrete Auswertungsform als gegen die Methode an sich spricht, ist mangels tauglicher Alternativen für die Leistungsdiagnostik unerheblich.

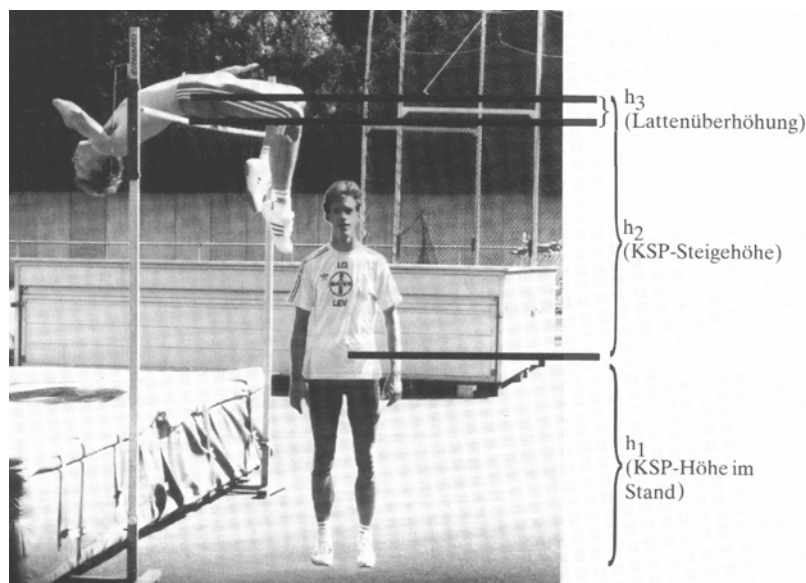
zung des „alten“ Modells, nämlich dessen Unterteilung in KSP-Höhe zu Absprungbeginn (h_{FA}) und zu Absprungende (h_{TO}) verweist darauf, dass dieses Modell zur Bestimmung des Beschleunigungsweges durchaus noch seine Bedeutung haben kann (z.B. Kunz, 1983, S. 70). Dann jedoch nachgeordnet, also nicht mehr zur Bestimmung der Teilhöhen, sondern als Information zu den leistungsbestimmenden Einflussgrößen, hier dem vertikalen Beschleunigungsweg (s.u. Kap. 8).

4.4.3 Vereinfachtes Teilhöhenmodell

Um unmittelbar zu den leistungsbestimmenden Faktoren vorzudringen, wird nachfolgend von einem einfacheren Teilhöhen-Modell ausgegangen, in dem h_1 vergleichbar dem Jump-and-Reach-Test die Höhe des KSP im Stand darstellt, h_2 die Steighöhe des KSP bis zum höchsten Punkt der Flugbahn und h_3 die Distanz vom höchsten Punkt des KSP zur in diesem Sprung möglichen Lattenhöhe (Abb. 4.5) darstellt. Ist diese nicht messbar, bestimmt man den Abstand der max. KSP-Flughöhe zur realen Lattenhöhe. Die Sprunghöhe wird nach der Formel ($H = h_1 + h_2 - h_3$) ermittelt⁸⁶, wobei

H = Sprunghöhe, h_1 = KSP-Höhe im Stand, h_2 = Steighöhe, h_3 = Lattenüberhöhung

Die leistungsrelevanten Teilhöhen sollen nachfolgend genauer aufgeschlüsselt werden:



⁸⁶ Diese Berechnung der Sprunghöhen über die Addition von $h_1 + h_2$ und Subtraktion von h_3 lässt sich auf J. Hay (1973, S. 1313), den Begründer des Teilhöhenmodells, zurückführen. Andere Autoren variieren dieses Modell insofern, als sie für die Lattenüberhöhung das Vorzeichen ändern ($H = h_1 + h_2 + h_3$). Da bei der übergroßen Mehrheit der Springer die Flughöhe des KSP höher als die Sprunghöhe ist und positive leichter als negative Zahlen zu verarbeiten sind, erscheint die negative Verknüpfung von h_3 sinnvoller. Um Irrtümer zu vermeiden, muss man sich jeweils versichern, welche Messung oder Formel verwandt wurde.

Abb. 4.5: Das vereinfachte Teilhöhenmodell

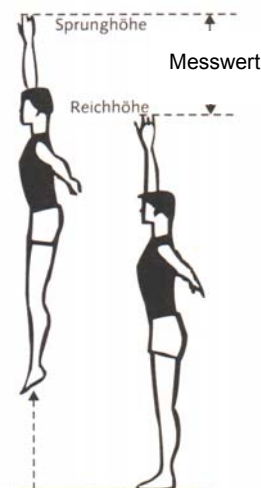
1. KSP-Höhe im Stand (h_1)

Ausgangswert des neuen Teilhöhenmodells ist die KSP-Höhe im Stand (Abb. 4.5). Sie ist primär von der Körpergröße und den Körperproportionen abhängig. Der Springer steht zur Ermittlung der Körperpunkte im Objektraum vor der Hochsprunganlage. Seine KSP-Höhe wird mit demselben System erfasst, das auch bei der späteren Hochsprunganalyse verwendet wird. In die KSP-Höhe im Stand gehen weder Verlagerungen der Körperteile noch Beschleunigungsprozesse ein, aufgrund der ruhenden Position des Körpers ist eine vergleichsweise exakte Bestimmung der Gelenkpunkte und damit des KSP zu unterstellen⁸⁷.

2. Steigehöhe (h_2) und maximale KSP-Flughöhe (h_{max})

Als Steigehöhe bezeichnen wir die Anhebung des KSP von der Ausgangslage h_1 bis zum höchsten Punkt seiner Flugbahn. Die Steigehöhe wird durch die Ermittlung des KSP im Scheitelpunkt der Flugbahn (h_{max}) abzüglich der KSP-Höhe im Stand (h_1) bestimmt. Im höchsten Punkt der KSP-Flugkurve hat der KSP eine Vertikalgeschwindigkeit von Null, so dass er ähnlich wie die KSP-Höhe im Stand gut zu bestimmen ist.

Die Steigehöhe ist ein Differenzwert aus zwei originären, gut erfassbaren Parametern ($h_{max} - h_1$), dessen Bestimmung zwar entsprechend fehleranfällig⁸⁸, aber von groben Fehlern, wie wir sie für die Bestimmung der Steigehöhe aufgrund der Abfluggeschwindigkeit nachweisen konnten, bereinigt ist. Diese Art der Bestimmung der Ausgangslage und der Steigehöhe ist in der Leistungsdiagnostik nicht unüblich. Abbildung 4.6 zeigt, dass beim Jump-and-Reach-Test ein analoges Verfahren verwandt wird.



⁸⁷ Ist diese Art der KSP-Bestimmung im Stand nicht möglich (z.B. auf Wettkämpfen bei ausländischen Springern), wird eine KSP-Schätzung anhand der Körpergröße und der KSP-Lage bei vergleichbaren Konstitutionstypen vorgenommen.

⁸⁸ Neben Fehlern bei der Bestimmung von h_{max} und h_1 können auch Fehler bei der Differenzbildung auftreten, die sich nachteilig auf die Reliabilität auswirken können.

Abb. 4.6: Jump-and-Reach-Test (Roth & Willimeczik, 1999, S. 258)

3. Effektive Lattenüberhöhung (h_3)

Darunter versteht man den Abstand von dem höchsten Punkt der KSP-Flugkurve zur möglichen Lattenhöhe bei einem Sprung. Mittels überlagerter Umrisszeichnungen des Athleten in den einzelnen Flugphasen lässt sich die effektive Lattenüberhöhung grafisch ermitteln (siehe Dapena u.a. 1997, S. 21). Eine genauere Methode ist die photoelektrische Bestimmung. Dazu entwickelten wir eine Lichtschrankenleiste, die innerhalb der Hochsprungständer oberhalb der Aufleger angebracht wird und den Bereich über der Latte überwacht. Die Lichtschranken, die bei einem konkreten Sprung nicht unterbrochen werden, weisen aus, wie hoch der Springer die Latte überfliegt. Die Differenz zur max. KSP-Flughöhe ergibt dann die effektive Überhöhung (vgl. Killing & Fichte, 2003).

Sollte aufgrund fehlender Messeinrichtungen die mögliche Sprunghöhe nicht zu bestimmen sein, muss auf die reale Lattenhöhe bezug genommen werden. Wenn ein Springer mit einem konkreten Sprung eine höher als aufliegende Latte hätte überqueren können, wird dabei die Lattenüberhöhung überschätzt. Dadurch, dass bei unseren biomechanischen Untersuchungen die Sprünge über die jeweils größte Höhe und bei mehreren Sprüngen eines Athleten in verschiedenen Wettkämpfen der jeweils beste ausgewertet wurden, gehen wir davon aus, dass die Lattenhöhe der möglichen Sprunghöhe relativ nahe kommt.

Wie jede analytische Aufschlüsselung hat auch die vorliegende den Nachteil, dass die Wechselwirkungen der Teile, hier von Steigehöhe und Lattenüberhöhung, ausgespart werden. Dapena (1996) ermittelte, dass die Lattenpassage bei zunehmender Rotation günstiger ausfällt. Da der Rotationsimpuls im Absprung vom Vertikalimpuls abgezweigt werden muss, kann intraindividuell zwischen Steigehöhe und Lattenüberhöhung eine negative Beziehung unterstellt werden, die einen Optimierungsbedarf erfordert. Insofern ist die Aussage Ballreich's (1996, S. 21), wonach die Lattenüberhöhung einem Minimaltrend folge, zu relativieren bzw. durch einen Optimaltrend zu ersetzen.

4.5 Besonderheiten biomechanischer Leistungsdiagnostik im Hochsprung

Für eine effektive Leistungsdiagnostik werden Parameter gesucht, deren Variation einerseits Auswirkung auf die Zielgröße hat und die andererseits messtechnisch gut erfassbar sind (Ballreich & Preiss, 2000, S. 11).

Als überragender Parameter hat sich in den meisten leichtathletischen Disziplinen die Horizontalgeschwindigkeit herausgestellt. In den Läufen ist sie unmittelbar leistungswirksam, in den leichtathletischen Sprüngen (außer Hochsprung) hat sie überragenden Einfluss auf die Wettkampfleistung. Da in diesen Disziplinen keine nennenswerten Richtungsänderungen im Anlauf vorkommen, lässt sich die raum-zeitliche Veränderung des Athleten entlang einer geraden Linie, also eindimensional darstellen. Mittels einfacher Lichtschran-

ken kommt man in Weit-, Drei- und Stabhochsprung zu präzisen Aussagen über einen zentralen leistungsbestimmenden Faktor.

Ebenso wie Geschwindigkeit und Beschleunigung lassen sich die Schrittlängen im Anlauf (und beim Dreisprung die Teilsprungweiten) als eindimensionale Phänomene bestimmen. Werden Abstandsmarkierungen am Boden angebracht und der Bewegungsablauf mittels Videokamera aufgezeichnet, können die Schrittlängen bzw. Sprungweiten anhand der Fußaufsatzstellen bis auf einen geringen Schätzfehler bestimmt werden (Hutt, 1992, S. 15). Zusammen mit der Laufgeschwindigkeit kann die Schrittfrequenz abgeleitet werden.

Mittels der modernen Videotechnik, hier ist insbesondere an die Bildfrequenz gedacht, die einzelnen Bewegungsphasen zeitlich zuordnet, z.B. eine Bestimmung von Stütz- und Flugzeiten sowie -höhen ermöglicht, ist für den Weit- und Dreisprung schon eine umfassende zweidimensionale Leistungsdiagnostik möglich. Von aus seitlicher Perspektive aufgenommenen Videosequenzen können für die Horizontalsprünge beinahe aller wesentlichen leistungsbestimmenden Merkmale abgeleitet werden, z.B. Anlaufgeschwindigkeit, Schrittlängen, Kontakt- und Flugzeiten, KSP-Absenkung, vertikale und horizontale Abfluggeschwindigkeiten.

Im Hochsprung ist diese Reduktion auf eine oder zwei Dimensionen problematisch. Schon der Anlauf erfolgt in der Kurve und entzieht sich einfachen Messverfahren. Auch Absprung und Flug finden nicht in einer Bewegungsebene, sondern durch die Ausholbewegung nach unten, hinten und zur Seite sowie die Dreh- und Kippbewegungen zusätzlich in der Tiefen- oder lateralen Dimension und damit in einem (dreidimensionalen) Bewegungsraum statt. Bei einer zweidimensionalen Auswertung sind Fehlberechnungen wahrscheinlich⁸⁹. Eine Bewegungsanalyse, -diagnose und -steuerung im Hochsprung muss daher dreidimensional erfolgen, soll sie zu exakten, reproduzierbaren Ergebnissen führen (Willimczik, 1989, S. 45).

⁸⁹ So erwiesen sich mit dem 2-D-Verfahren bestimmte Geschwindigkeiten (z.B. Waser & Nigg, 1974). Auch die von Viitasalo u.a. (1982, S. 143) anhand einer Auswertung mit nur einer Kamera ermittelten extrem guten h_3 -Werte (im Durchschnitt -3,3 cm, maximal -9 cm) scheinen zu hoch, ließen sie sich doch in keiner anderen Untersuchung finden (vgl. Müller, 1986, S. 58).

5 Methodik eigener Untersuchungen zur Technikanalyse

Nach dem Olympiasieg D. Fosburys begann die Analyse der Floptechnik. Gerade in den Anfangsjahren fand eine intensive Auseinandersetzung mit der neuen Technik statt. Dies führte nach ca. zehn Jahren zu weitgehend akzeptierten Vorstellungen bezüglich der richtigen Technik bzw. möglicher technischer Fehler (siehe dazu Kap. 2, aber auch Tidow, 1994). Ausdruck dieser gefestigten Auffassungen sind die sich seither nur noch unwesentlich ändernden Inhalte der Lehrbücher zum Hochsprung.

Durch die Entwicklung der Untersuchungstechniken in den folgenden Jahren, insbesondere durch die Einführung der dreidimensionalen Bewegungsanalyse, sowie durch sportorganisatorische Verbesserungen, hier ist an den leistungsdiagnostisch-biomechanischen Service der Olympiastützpunkte gedacht, ist es in den vergangenen Jahren möglich geworden, eine Vielzahl von Sprüngen nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ aufzuschlüsseln. Dadurch sind die Vorstellungen über den „richtigen Flopsprung“ in Bewegung geraten.

Im vorliegenden Kapitel sollen ausgehend von einer Diskussion der bisherigen Literatur zur Floptechnik eigene Untersuchungs-Hypothesen bzw. -Fragestellungen abgeleitet werden. Für diese Untersuchungsfragen werden anschließend Methoden vorgestellt und kritisch diskutiert.

5.1 Literaturdiskussion

Die Quellen zur Beschreibung und Interpretation der Hochsprungtechnik lassen sich in fünf Kategorien mit steigendem Abstraktionsgehalt einteilen:

- Bildreihen von Weltklasseathleten⁹⁰
- Technikbeschreibungen und Erfahrungsberichte von Praktikern⁹¹
- Leichtathletik- bzw. Hochsprung-Lehrbücher⁹²
- Biomechanische Bewegungsanalysen einzelner oder Gruppen von Sprüngen⁹³
- Theoretische Abhandlungen zu Detail- oder übergreifenden Aspekten des Hochsprungs⁹⁴

⁹⁰ Vergl. Bildreihen von Nett (1968-1973) und Hommel (1973-2003).

⁹¹ siehe Anm. 1 und Tancic (1978), Zacharias (1978, 1997), Veldmann (1989).

⁹² Lehrbücher zur Leichtathletik: Wischmann (1987), Haberkorn & Plass (1992), Tidow (1994), Lehrbücher zum Block Sprung: Adamczewski & Dickwach (1991), Czingon (RTP Sprung, 1992), Lohmann, Hempel & Schröter (1992), Monographien zum Hochsprung: Weinkötz (1957), Zacharias (1978), Dick (1994, 3), Bothmischel & Prause (1989), Killing (1995a).

⁹³ Kuhlow (1971), Dapena (1982-97), Müller (1986), Ritzdorf & Conrad (1987), Willimczik (1989).

⁹⁴ Ballreich (1979a), Ritzdorf (1983), Dapena (1980, 1996), Ballreich (1996).

Die zentralen Bewegungsvorschriften und Erklärungsansätze für den Hochsprung, wie sie sich aus den vorgenannten Quellen ergeben, werden nachfolgend erörtert.

5.1.1 Deskriptiv-normative Vorstellungen von der Hochsprungtechnik

Anlauf

Der Flopanlauf besteht aus acht bis zehn Schritten und wird in einen geradlinigen und einen kurvenförmigen Abschnitt zweigeteilt⁹⁵. Drechsler (1990, S. 772) empfiehlt, den er'sten Laufschrift gleichermaßen betont wie dosiert auszuführen. Der geradlinige Anlaufteil dient primär der Geschwindigkeitsentwicklung, man spricht auch vom Beschleunigungsabschnitt. Bei submaximalem Krafteinsatz soll der Anlauf gleichmäßig gesteigert werden (z.B. Lohmann u.a., 1985, S. 136). Die Laufgestaltung soll dem submaximalen Langsprint vergleichbar sein⁹⁶.

Der Übergang vom geradlinigen zum kurvenförmigen Anlauf wird zumeist durch eine Umlaufmarke gekennzeichnet⁹⁷. Dieser Übergang soll allmählich erfolgen, um den Körper gleichmäßig von der aufrechten Position in die Kurveninnenlage zu überführen, die eine KSP-Absenkung bewirkt (Czingon, 1993, S. 76). Entsprechend verläuft aus der Obensicht die KSP-Bahn innerhalb der Fußpunktlinie (u.a. Müller, 1986, S. 50).

Absprungvorbereitung

Im dritt- bzw. vorletzten Schritt richtet der Athlet seinen Oberkörper aus der Sprintvorlage auf, so dass sich dieser beim vorletzten Fußaufsatz in etwa senkrechter Position befindet. Durch die Beugung des Stützbeins im Kniegelenk kommt es zu einer KSP-Absenkung. Da diese jedoch primär durch die Innenlage erfolgt, ist nach Bauersfeld & Schröter (1998, S. 238) keine besondere Rhythmisierung der letzten Schritte erforderlich.

Im letzten Schritt wird die Oberkörper-Stützbeinachse in eine Rücklage überführt. Dadurch werden günstige räumliche und zeitliche Bedingungen für einen greifenden Sprungbein- und Fußaufsatz sowie einen optimalen Beschleunigungsweg im Absprung geschaffen (Tancic, 1978, S. 825f). Um eine zu große Fallgeschwindigkeit zu Absprungbeginn zu

⁹⁵ Die Zweiteilung in einen geradlinigen Beschleunigungsabschnitt und einen kurvenförmigen Anlaufteil, die sogenannte Impulskurve, wird von beinahe allen Autoren vorgenommen, so von Tancic (1978, S. 825), Müller (1986, S. 55), Veldmann (1989, S. 494), Quade & Sahre (1989, S. 183), Bothmischel & Prause (1989, S. 13), Dapena (1990, S. 310), Tidow (1994, S. 16), Jonath u.a. (1995, S. 254) und Bauersfeld & Schröter (1998, S. 236).

⁹⁶ Tancic (1978, S. 825), Veldmann (1989, S. 494), Dapena (1990, S. 311).

⁹⁷ Wszola (Olympiasieger 1976, siehe Martin u.a., 1982, S. 78) teilt den Anlauf in drei Teile, Beschleunigung, Übergang in die Kurve und Frequenzsteigerung zum Absprung hin. Auch Deutsche Spitzenspringer wie Andre Schneider und Ralf Sonn verwendeten zeitweise einen dreigeteilten Anlauf. Durch den zweimaligen Rhythmuswechsel ist dieser Anlauf jedoch technisch besonders anspruchsvoll und daher für Nachwuchsspringer nicht zu empfehlen.

vermeiden, soll das Sprungbein aktiv greifend aufgesetzt werden (Czington, 1993, S. 78). Ein letzter wichtiger Faktor der Absprungvorbereitung ist die Rückführung bzw. Fixierung der Schwungelemente hinter dem Körper (Dickwach, 1991, S. 35)⁹⁸.

Die Veränderungen in der Absprungvorbereitung beeinträchtigen das Laufverhalten und erschweren es, die Anlaufgeschwindigkeit zu steigern⁹⁹, doch soll die Horizontalgeschwindigkeit möglichst erhalten bleiben¹⁰⁰. Hier ist ein normatives Element im Sinne einer Bewegungsanweisung anstelle der äußeren Bewegungsbeschreibung zu erkennen¹⁰¹.

Absprung

Zum Sprungfußaufsatz nimmt der Athlet eine Kombination aus Innen- und Rücklage ein, die sogenannte Sprungauslage (Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 238). Der Sprungfuß zeigt zu Absprungbeginn mit der Spitze zur Latte¹⁰². Sprungbein und Oberkörper bilden im Moment des Fußaufsatzes beinahe eine Gerade. Im ersten Teil des Absprungs wird die Sprungbein-Oberkörper-Achse aufgerichtet, wobei das Sprungbein durch die Wucht des Aufpralls leicht gebeugt wird. Zunächst arbeiten die Schwungelemente primär nach vorn (Dickwach, 1991, S. 36), dann, wenn die Kräfte amortisiert sind, und die explosive Stre-

⁹⁸ Beim kraftbetonten Absprung (siehe Kap. 2.4.2) sind die Ausholbewegungen in der Absprungvorbereitung ausgeprägter: Das Aufrichten setzt früher ein, der vorletzte Fußaufsatz erfolgt über die Ferse, die Stützbeinbeugung (Fachterminus: Schwungbeinhocke, vergl. Tidow, 1994, S. 17) und die rückwärtige Sprungauslage sind größer. Die Arme werden für einen langen Doppelarmschwung weit hinter den Körper geführt. Die Absprungzeit ist größer. Die Arme werden lang nach vorn und oben und das Schwungbein nach Passieren des Sprungbeins ausgekickt und gestreckt nach oben geführt (Tancic, 1878).

⁹⁹ Wenn es auch einzelne Autoren gibt, die Geschwindigkeitssteigerungen in den letzten Schritten festgestellt haben (vergl. Bothmischel & Prause, 1989, S. 5), so ist sich die Mehrzahl der Sportwissenschaftler darin einig, dass die Anlaufgeschwindigkeit im drittletzten Bodenkontakt bzw. im vorletzten Schritt ihr Maximum erreicht hat und dann allenfalls gehalten werden kann. Einen Erhalt oder sogar eine Steigerung der Anlaufgeschwindigkeit favorisieren Bauersfeld & Schröter (1998, S. 238), von einer Geschwindigkeitsreduktion spricht Tancic (1978, S. 789), vermittelnd führen Adamczewski & Dickwach (1991, S. 33) den Begriff der Temposteigerung ein, die durch eine Zunahme der Schrittfrequenz gekennzeichnet ist.

¹⁰⁰ Tidow (1994, S. 16), Jonath u.a. (1995, S. 237), Bauersfeld & Schröter (1998, S. 238).

¹⁰¹ Obwohl die Anlaufgeschwindigkeit des Springers stagniert, in der Regel sogar abnimmt, der Springer als Gesamtsystem also objektiv langsamer wird, muss er, um die vielfältigen Anforderungen der Absprungvorbereitung zu bewältigen, seine Bewegungsaktivität erhöhen, er erlebt – subjektiv – eine Aktivitätssteigerung. Dieser vermeintliche Widerspruch zwischen steigender Bewegungsaktivität bei zugleich sinkender Laufgeschwindigkeit wird von einigen Autoren aufgegriffen. So unterscheidet Joy (siehe Martin u.a. 1982, S. 34) in „Speed“ (Anlauf-Geschwindigkeit) und „Quickness“ (Bewegungsschnelligkeit). Zu diesem Thema allgemein siehe Letzelter (1979, S. 190).

¹⁰² So Bauersfeld & Schröter (1998, S. 238), Jonath u.a. (1995, S. 238).

ckung der Sprungbein- und Rumpfmuskulatur (Streckachse) einsetzt, vermehrt nach oben, so dass es zur hohen KSP-Position am Absprungende kommt (Czington, 1993, S. 7)¹⁰³.

Flugphase und Landung

Die Take-Off-Position versucht der Springer in der Steigephase kurz beizubehalten (Veldmann, 1989, S. 498). Jonath u.a. (1995, S. 239) bezeichnen eine „passive und entspannte Körperhaltung“ als charakteristisch für die Steigephase. Darunter verstehen sie, dass die Hüfte nach dem Lösen vom Boden nicht absinkt. Auch Bauersfeld & Schröter (zuletzt 1998, S. 239) beschreiben eine durchgängige Streckung des Hüftgelenks in der Steigephase¹⁰⁴.

Um die Lattenüberquerung vorzubereiten, lässt der Springer im zweiten Teil der Steigephase das Schwungbein fallen, öffnet also die Beugung im Hüft- und Kniegelenk (Czington, 1993, S. 79), und nähert es dem leicht gebeugten Sprungbein an. Über der Latte wird durch eine Überstreckung des Hüftgelenks, zum Teil auch der Wirbelsäule und durch das leichte Anfersen beider Beine eine physikalisch günstige Position (mit tiefliegendem KSP) eingenommen (Jonath, 1995, S. 239). So rückwärts überstreckt passiert der Körper in der Reihenfolge Kopf, Schultern, Wirbelsäule und Hüfte die Latte.

Hat auch die Hüfte die Latte passiert, wird durch eine Kontraktion der Bauchmuskulatur das Anheben bzw. das „Lösen“ der Beine von der Latte eingeleitet (Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 239-240) und durch das Auskicken der Unterschenkel vollendet, es kommt in der Landevorbereitung zur sogenannten L-Position¹⁰⁵.

5.1.2 Biomechanische Einflussgrößen der Hochsprungleistung

In der Fachliteratur finden sich neben den mehr deskriptiv-normativen Vorstellungen von der richtigen Hochsprungtechnik auch biomechanische Analysen der Sprünge von Weltklasseathleten mit quantitativen Wettkampfauswertungen, die in tabellarischen und z.T.

¹⁰³ Die verbreitete Auffassung der hohen lattennahen Schulter (z.B. Jonath u.a., 1995, S. 239) muss mehr normativ und auf die Bewegungsvorstellung des Springers abzielend verstanden werden. Zu beobachten ist eine Neigung des Kopfes und des Oberkörpers zur Latte, also ein leichtes Absenken der lattennahen Schulter (s.u. Kap. 8).

¹⁰⁴ Kerksenbrock (1969, S. 982) lobt die gestreckte Haltung Fosburys in der Steigephase. Tancic (1978, S. 863) fordert ein „langes Verharren in der Abflughaltung“ und formuliert damit die Technikvorstellung der 70er und 80er Jahre. Er verdeutlicht seine Zieltechnik durch Illustrationen von D. Stones, der die Hüfte in der Steigephase gestreckt hält. Sein Schüler Veldmann (1989, S. 498) nennt das Beugen in der Steigephase als ausdrückliches Fehlerbild, das er durch eine unzureichend ausgebildete Rumpfmuskulatur begründet. Dieser Sichtweise der Trainer schließen sich Sportwissenschaftler und Biomechaniker an. Müller (1986, S. 52) stellt im Hinblick auf die Lattenpassage fest, dass Drehimpulse nur während des Anlaufs und Absprungs erzeugt werden können. Lageveränderungen der Körperteile zueinander während des Fluges thematisiert er diesbezüglich nicht.

¹⁰⁵ Lohmann, Hempel & Schröter (1992, S. 136).

formelhaften Verdichtungen münden¹⁰⁶, aber selten zu allgemeingültigen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen führen. Neben der einfachen Darstellung typischer Parameter wie Schrittlängen und Geschwindigkeiten in Tabellenwerken verwenden die Autoren eine analytische Herangehensweise. Dabei gliedern sie die Hochsprungleistung zunächst in ihre Teilhöhen. Gemäß dem additiven Charakter des Teilhöhenmodells ($H = h_1 + h_2 - h_3$) kann man die KSP-Höhe (h_1) und die Steighöhe (h_2) in eine positive und die Lattenüberhöhung (h_3) in eine negative Beziehung zur Hochsprungleistung setzen. Dies findet sich auch bei den meisten Autoren, je besser der Sprung, umso höher fallen die KSP-Abflughöhe (h_1) und die Steighöhe (h_2), und umso geringer die Lattenüberhöhung (h_3) aus. Die Teilhöhen korrespondieren zwischen den Untersuchungen nur bedingt miteinander, während Ritzdorf & Conrad (1987) extrem hohe Werte (bis +22 cm, s.u. Tab. 5.7) ermitteln, finden Viitasalo u.a. (1982) extrem niedrige Werte für die Lattenüberhöhung (bis -9 cm). Diese erheblichen Differenzen werden in der Sekundärliteratur zumeist unkritisch wieder gegeben.¹⁰⁷

Statistische Bezüge zwischen Teilhöhen untereinander oder mit der Zielgröße werden selten erstellt. Nur Viitasalo u.a. (1982) finden eine negative Wechselbeziehung zwischen der Abflugposition und der Steighöhe in dem Sinne, dass Springer, die aufgrund längerer Schwunghelbe eine höhere Abflugposition erreichen, eine geringere vertikale Abfluggeschwindigkeit und damit eine kleinere Steighöhe aufweisen¹⁰⁸.

Auf der nächsten Stufe, also bei der Suche nach Einflussgrößen für die einzelnen Teilhöhen, dienen hierarchische Modelle wie das von Ballreich (1979a, s.u.) zur Orientierung. Dabei finden sich primär Aussagen zu den Einflussgrößen der Steighöhe. Tancic (1978, S. 753, 862) sieht eine hohe Anlaufgeschwindigkeit und eine hohe vertikale KSP-Geschwindigkeit im zweiten Teil des Absprungs als wesentliche Einflussgrößen der Steighöhe, wobei letzteres angesichts der monokausalen Abhängigkeit der Steighöhe von der vertikalen Abfluggeschwindigkeit selbstverständlich ist. Ballreich (1979, S. 279f) und in der Folge eine Reihe von Autoren¹⁰⁹ nennen als Bestimmungsgrößen der Steighöhe den vertikalen Beschleunigungsweg, die Absprungdauer und die Reduktion der horizontalen Geschwindigkeit. Auch hier finden sich keine Aussagen über Höhe und Art der Zusammenhänge, Wechselwirkungen werden weder genannt noch quantifiziert. Tidow (1994, S. 15) nennt als wesentliche Einflussgröße der Steighöhe die Sprungkraft. Angesichts der Operationalisierung der speziellen Sprungkraft in cm Höhendifferenz (vgl. Letzelter, 1997) ist dieser Zusammenhang selbstverständlich und eröffnet keine neue Erklärungsebene.

¹⁰⁶ U.a. Ritzdorf & Conrad (1987), darauf Bezug nehmend Jonath u.a. (1995, S. 254f); Müller (1986); Bothmischel & Prause (1989); Brüggemann & Arampatzis (1997).

¹⁰⁷ So finden sich die Ergebnisse von Ritzdorf & Conrad bei Brüggemann & Arampatzis (1997), die von Viitasalo bei Müller (1986, S. 57) wieder.

¹⁰⁸ Müller (1986, S. 57) und Quade & Sahre (1989, S. 185) greifen diese Betrachtung auf.

¹⁰⁹ U.a. Müller (1986), Ritzdorf & Conrad (1987) und Quade & Sahre (1989).

Mittels Streudiagrammen illustriert Dapena (1982-1997) Zusammenhänge zwischen Hochsprungleistung und ausgewählten Einflussgrößen, z.B. Anlaufgeschwindigkeit und KSP-Absenkung zu Absprungbeginn. Doch formuliert auch er keine quantitativen Ursache-Wirkungsgefüge, sondern begnügt er sich mit qualitativen Aussagen der Art, dass Athleten am ehesten über die Verbesserung der Einflussgrößen eine Leistungsentwicklung herbeiführen können, in denen sie unterdurchschnittliche Ausprägungen aufweisen.

Einige Autoren nutzen die biomechanische Diagnostik als Informationsquelle für Bewegungsdetails. Als Charakteristika des Anlaufs werden Geschwindigkeiten, Schrittlängen, Entfernungen und Winkel zwischen den einzelnen Schritten genannt¹¹⁰. Ein anderes Kriterium ist die Übereinstimmung der maximalen KSP-Flughöhe mit der Lattenebene. Bothmischel & Prause (1989) belegen, dass die größte KSP-Flughöhe von einigen Springern vor und von anderen hinter der Latte erreicht wird. Dickwach & Adamczewski (1991, S. 33) nennen als geeignetes Kriterium das präzise Treffen der immer gleichen Absprungstelle. Müller (1986, S. 57) schließlich weist darauf hin, dass eine Änderung der horizontalen Abfluggeschwindigkeit um 0,2 m/s aufgrund der Verlagerung der maximalen KSP-Flughöhe zu einer Leistungsminderung um 1 cm führt. Eine ähnliche Interpretation kann man betreffs eines veränderten Abstands des Sprungfußes zur Latte vornehmen. Diese etwas mechanistischen Betrachtungen vernachlässigen jedoch die Adaptationsmöglichkeiten des Springers an veränderte Bedingungen und vom Springer intendierte Veränderungen.

Quade & Sahre (1989, S. 184) gehen auf die Flugbahn des KSP ein, kennzeichnen sie während Absprung und Flug als geradlinig und weisen auf das Überkreuzen mit der Kopf-Linie hin. Ableitungen oder gar Quantifizierungen unterbleiben auch hier.

5.1.3 Zwischenergebnis

Die Auswertung der Technikbeschreibungen und -analysen führt zu eindeutigen Vorstellungen von der „Zieltechnik Flop“. Nur in Einzelfällen werden von der Zieltechnik abweichende Varianten aufgezeigt (Flop 1 vs. 2). Die biomechanischen Untersuchungen können jedoch nur wenig zur Aufklärung der Ursache-Wirkungszusammenhänge beitragen. Bezeichnenderweise kommen Brüggemann & Arampatzis (1997, S. 6) nach ihrer biomechanischen Hochsprunganalyse zu dem Ergebnis, dass es nicht möglich sei, leistungsbestimmende Faktoren zu nennen, die für alle Springer gültig sein.

Wir teilen diese Auffassung nicht, halten sie vielmehr für verfrüht. Unseres Erachtens ist die Diskrepanz zwischen expliziten Bewegungsvorschriften und fehlenden quantifizierten Einflussgrößen in den unzureichenden Probandenzahlen begründet. So basieren die genannten Untersuchungen auf der Auswertung weniger Sprünge, auf Einzelfallbeschrei-

¹¹⁰ Ritzdorf & Conrad (1987), Brüggemann & Loch (1991), Brüggemann & Arampatzis (1997).

bungen¹¹¹ oder kommen ganz ohne eigene empirische Grundlage aus. Mit ausreichend großen Untersuchungsgruppen und gezielten Forschungsfragen hoffen wir weitergehende quantitative Aussagen über Art (Regression) und Ausmaß (Korrelation) der Zusammenhänge zwischen Ziel- und Einflussgrößen machen zu können. Zudem versprechen wir uns von einer größeren Zahl von ausgewerteten Probanden bzw. Sprüngen, das Spektrum der technischen Möglichkeiten im Flophochsprung umfassender als bisher darstellen zu können.

5.2 Entwicklung eigener Fragestellungen und Hypothesen

Trotz der zuvor geschilderten Probleme bei der Erfassung der Einflussgrößen der Hochsprungleistung gehen wir davon aus, dass es erstens solche Größen gibt und sie sich zweitens in einem gewissen Rahmen quantifizieren lassen, und möchten das mit der vorliegenden Arbeit belegen. Bei der Parameterauswahl greifen wir auf frühere Untersuchungen zurück, modifizieren diese jedoch. Die Parameter werden für die Untersuchungsgruppen ermittelt, dargestellt und interpretiert. Daran schließt sich eine analytische Auswertung an, deren Ausgangspunkt das Teilhöhenmodell ist bzw. deren erste Einflussgrößen die drei Teilhöhen sind. Dabei ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Wie ist der durchschnittliche Anteil der Teilhöhen an der Gesamtleistung?
- Welche Teilhöhen sind für den Gruppenvergleich differentiell?

Gemäß dem additiven Charakter des Teilhöhenmodells kann man davon ausgehen, dass h_1 , h_2 und h_{\max} in einem positiven Verhältnis zur Sprungleistung stehen, h_3 dagegen aufgrund des negativen Vorzeichens in einem negativen Zusammenhang. Kapitel 2 veranschaulicht, dass die Optimierung der Lattenüberhöhung wesentlich zur Leistungsentwicklung im Hochsprung beigetragen hat. Unsere inter- aber auch die intraindividuelle Analyse soll herausarbeiten, ob diese Wichtigkeit auch innerhalb der Floptechnik, also zwischen besseren und schlechteren Springern bzw. zwischen einem Springer als Anfänger, Fortgeschrittenen und Spitzenathleten gilt. Darüber hinaus ist nach Wechselwirkungen zwischen den Teilhöhen zu fragen. In einem nächsten Schritt müssen die Einflussgrößen der einzelnen Teilhöhen analysiert werden. Nachdem h_1 definitionsgemäß keine technomotorischen Anteile mehr enthält und daher rein anthropometrisch bestimmbar und praktisch nicht trainierbar ist, konzentriert sich die Analyse auf die beiden anderen Teilhöhen, wobei wegen des größeren Anteils an der Gesamtleistung h_2 von besonderem Interesse ist. Forschungsfragen sind dann:

- Gibt es statistische Einflussgrößen für Steigehöhe und Lattenüberhöhung?

¹¹¹ So verwendet Tidow (1994) eine Bildreihe des deutschen Weltklassespringers Nagel (BL 2,35 m) zur idealtypischen Darstellung der Floptechnik. Die Bildreihe zeigt einen 2,30-m-Sprung Nagels aus dem Jahr 1979, also zu einem frühen Zeitpunkt seiner sportlichen Laufbahn. Manches spricht dafür, dass es sich bei dieser Vorlage um einen vorbildlichen Sprung handelt, aber die Selektion dieses Sprunges ist nicht zwingend.

- Lassen sich für diese Beziehungen signifikante Zusammenhänge ermitteln?
- Kann man für diese Beziehungen inhaltlich-kausale Grundlagen finden?
- Gibt es Hauptcharakteristika der „guten“ Floptechnik?

Alle theoretisch sinnvollen und messtechnisch erfassbaren Parameter sollen bezüglich ihrer Einflusshöhe auf die Steighöhe analysiert werden. Dabei werden positive Zusammenhänge von der Länge des vertikalen Beschleunigungsweges bzw. des KSP-Absenkens unmittelbar vor Sprungfußaufsatz, von der Anlaufgeschwindigkeit und dem Auftreffwinkel und vom Schwungelementeeinsatz erwartet. Eine negative Beziehung zur Sprunghöhe sollte die Absprungdauer aufweisen. In Tabelle 5.1 sind entsprechende Hypothesen zusammengefasst.

Tab. 5.1: Hypothesen zur Beziehung von Ziel- und Einflussgrößen im Hochsprung
 < = größer, >> = deutlich größer, < = kleiner

Parameter	Korrelation zur Hochsprungleistung	Gruppenvergleich	
		Geschlecht Mä:Fr	Leistungsklasse bessere/schlechtere
h_1	positiv	>>	>
h_2	positiv	>>	>>
h_3	negativ	ohne	<
h_{\max}	positiv	>>	>>
	Steighöhe (h_2)		
Hubweg	positiv	>>	>
KSP-Absenkung	positiv	>>	>
Innenlage	positiv	>	>
Rücklage	positiv	>>	>
Kontaktzeit	negativ	ohne	<
Anlaufgeschw	positiv	>>	>
Armeinsatz	positiv	>	>

5.3 Darstellung der 3-D-Hauptuntersuchung

Die für die vorliegende Arbeit zentrale Untersuchung ist die dreidimensionale (3-D-) Erfassung von Hochsprüngen leistungsstarker Athleten. Rahmen dieser Erhebung ist die sportwissenschaftliche Betreuung des nationalen Hochsprungkaders durch die Olympia-Stützpunkte, dabei insbesondere durch die Biomechaniker. Zur Unterstützung der Trainingsarbeit wurden in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Wettkampf- und Trainingsprüngen erfasst und ausgewertet. Insofern kann man von einer prozessbegleitenden

Trainings- und Wettkampfforschung bzw. einer klassischen Felduntersuchung sprechen. Seit 1995 werden diese Erhebungen von Mitarbeitern des OSP Berlin durchgeführt¹¹².

5.3.1 Die Untersuchungsgruppe

Um die Möglichkeiten der Floptechnik zu eruieren, insbesondere um den Zusammenhang von Einfluss- und Zielleistungen zu analysieren und darauf aufbauend zu optimieren, sind vor allem solche Sportler als Probanden geeignet, welche die Technik gut bis sehr gut beherrschen, also Fortgeschrittene und Spitzenathleten. Dies deckt sich mit dem Auftrag der Leistungsdiagnostik, leistungsstarke Sportler in ihrer sportmotorisch-technischen Entwicklung zu unterstützen.

Tab. 5.2: Hochsprungbestleistungen der Untersuchungsgruppe in cm

	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabweich.
Männer (n=72)	219,3	200	238	11,5
Frauen (n=72)	187,6	175	207	8,2

Die Untersuchungsgruppe rekrutierte sich gemäß dem Auftrag der Olympiastützpunkte primär aus deutschen Kaderathleten. Um den Vergleich mit internationalen Sportlern und ihren Leistungen zu gewährleisten, wurden zusätzlich internationale Spitzenspringer in die Untersuchung aufgenommen, die entsprechend ein höheres Leistungsniveau aufwiesen¹¹³. Die Minimalstandards resp. Mindest-Bestleistung für die Frauen betrug 1,75 m, für die Männer 2,00 m (Tab. 5.2). Damit ist nicht nur die Stichprobe charakterisiert, sondern auch gleich die Grundgesamtheit, für die eventuelle Ergebnisse generalisiert werden sollen, leistungsmäßig charakterisiert: es geht um Hochspringer der nationalen bis internationalen Spitze. Bezüglich der deutschen Athleten kann man beinahe von einer Vollerhebung im Untersuchungszeitraum (1995-2003) sprechen, auch bei den internationalen Athleten wurde eine erhebliche Teilmenge erfasst. Dies stärkt die Aussagekraft der Ergebnisse und legt im Einzelfall eine Erweiterung der Signifikanzgrenzen nahe (vgl. Letzelter & Letzelter, 1983).

¹¹² Dem OSP Berlin unter der Leitung von Dr. Jochen Zinner im Allgemeinen und dem verantwortlichen Biomechaniker Jörg Böttcher im Besonderen sei an dieser Stelle besondere Anerkennung und Dank für ihre sachkundige Aufzeichnung und Auswertung der 3-D-Daten ausgesprochen.

¹¹³ Von den 55 ausländischen Sportlern aus 21 Ländern sind 30 Männer, davon zählen 21 zur besseren (Gesamtzahl je 36) und neun zur schlechteren Leistungsklasse, bei den 25 ausländischen Frauen ist das Verhältnis 19 bessere zu sechs schlechteren.

Tab. 5.3: Hochsprungbestleistungen der Untersuchungsgruppe in cm

	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
Bessere Männer (36)	229,0	215	238	6,2
Schlechtere Männer (36)	209,6	200	221	6,1
Bessere Frauen (36)	194,2	186	207	5,2
Schlechtere Frauen (36)	181,0	175	188	4,3

Trotz dieser Einschränkung auf nationale und internationale Nachwuchs- und Spitzenathleten ist die Streuung zwischen den besten und den schwächsten Springern beträchtlich und bei einer Analyse die Gefahr von Fehlschlüssen groß. Daher haben wir die Gesamtgruppen in homogenere Teilgruppen, also leistungsstärkere und -schwächere aufgeteilt (Tab. 5.3). Die Überlappung der Leistungsklassen erklärt sich dadurch, dass die Aufteilung in die Leistungsklassen aufgrund der aktuell untersuchten Sprünge, nicht aufgrund der Bestleistungen erfolgt.

Mit dieser Unterteilung in Leistungsklassen ist auch gleich eine Einteilung in Stichproben und eine Vorentscheidung für die spätere statistische Auswertung getroffen. Die Stichprobeneinteilung ist als quasiexperimentell zu bezeichnen, da die diskriminierende Größe „Leistung“ nicht vom Untersuchungsleiter gesetzt werden konnte, sondern schon vorhanden war. Die quasiexperimentelle Einteilung stärkt die externe Validität (Generalisierbarkeit), schwächt jedoch die interne Validität, also die eindeutige Zuordnung der Veränderungen in der abhängigen Variablen auf die unabhängigen Variablen.

Bei bisher ca. 30 Messterminen wurde eine Vielzahl von Sprüngen (ca. 2000-3000) aufgezeichnet. Die besten Sprünge der guten Springer wurden in die Untersuchungsgruppe aufgenommen (n = 250). Bortz & Döring (1995, S. 376) bezeichnen diese Form der Selektion von Probanden als Pseudozufallsauswahl. Sie weisen darauf hin, dass

- nur ganz selten reine Zufallsauslesen möglich sind
- besondere Umstände willkürlichen Auswahlverfahren rechtfertigen
- auch in diesen Fällen interferenzstatistische Auswertungsverfahren zulässig sind

Obwohl also keine echte Zufallsauswahl vorliegt, wird dennoch Anspruch auf Repräsentativität erhoben. Denn bei den Messterminen wurde unabhängig von der Person die Leistung als Auswahlkriterium herangezogen. Insofern wird Repräsentativität für eben den erfassten Leistungsbereich beansprucht.

Von der Mehrzahl der Sportler analysierten wir nur einen Sprung. Bei Athleten, von denen zwei oder mehrere Sprünge erfasst worden waren, wurde der jeweils höchste analysierte Sprung in die Datenliste aufgenommen. Von einigen ausgewählten Athleten (deutsche Spitzenathleten) wurden mehrere Sprünge ausgewertet, die einen intraindividuellen Vergleich erlauben. Dabei wurden die jeweils besten Sprünge verschiedener Untersuchungstermine, aber auch mehrere Sprünge eines Untersuchungstermins erfasst. Von einem Spit-

zenathleten wurden im Verlauf mehrerer Jahre 28 Sprünge erfasst und ausgewertet, so dass eine statistische Bearbeitung der Daten möglich ist. Tabelle 5.4 verdeutlicht, dass sich dieser Athlet innerhalb des Untersuchungszeitraums von 2,04 auf 2,36 m verbessert hat. Insofern verspricht die Analyse der immer höheren Sprünge besonderen Aufschluss über die leistungsbestimmenden Einflussgrößen. Einschränkend sei darauf hingewiesen, dass es hier um eine Pilotstudie handelt, die mehr deskriptive als schließende statistische Verfahren rechtfertigt.

Tab. 5.4: Leistungsentwicklung und Messleistungen eines Probanden bei 3-D-Untersuchungen in mehreren Jahren

Jahr	Alter	BL	Messleistungen
1994	18	2,04	-
1995	19	2,19	2,00
1996	20	2,27	2,15; 2,20; 2,21; 2,15
1997	21	2,31	2,27; 2,15
1998	22	2,33	2,17; 2,24
1999	23	2,35	1,95, 2,10, 2,15, 2,23, 2,26, 2,29; 2,00, 2,00, 2,00, 2,10, 2,15, 2,20; 2,30; 2,20
2000	24	2,34	2,20, 2,27, 2,32, 2,36-
2001	25	2,36	2,24

5.3.2 Erhebungs- und Auswertungsmethoden

Wie viele biomechanische Analysen, so greifen auch die vorliegenden dreidimensionalen kinematischen Untersuchungen auf das Konzept des KSP zurück, also die gedankliche Verdichtung des Körpers bzw. seiner Masse in einem Punkt ohne Ausdehnung (s.o. Kap. 4.4.1). Dieses Konzept basiert auf der Annahme eines vollständigen Austausches peripherer (Teil-) Körperbewegungen auf den KSP und ermöglicht es, Lageveränderungen des Körpers zu erfassen und zu quantifizieren. Da gleichermaßen Trainings- und Wettkampfsprünge ausgewertet werden sollen, die Athleten für Voruntersuchungen nicht zur Verfügung standen, muss eine weitgehende Rückwirkungsfreiheit der Untersuchungsinstrumente auf die Probanden gewährleistet sein (Ballreich/Preiss, 2000, 9). Daher wird eine analytische KSP-Bestimmung vorgenommen, zu der die Springer vor den Test-Sprüngen im Untersuchungsraum stehend mit beiden Kameras erfasst werden.

Anschließend werden die Hochsprünge mit zwei aufeinander abgestimmten Kameras aufgezeichnet¹¹⁴. Dabei wird das Apas-System nach Ariel und das 16-Punkte-Körpermodell von Dempster verwendet. (vgl. Böttcher & Deutscher, 1999, S. 55). Die Kamerastandorte

¹¹⁴ Das 3-D-Verfahren arbeitet mit zwei Kameras, die überall und für die Athleten störungsfrei aufgebaut werden können. Daher zählt man die 3-D-Methode zu den non-reaktiven, also das Untersuchungsobjekt nicht beeinflussenden Methoden, die den Vorteil haben, auch im Wettkampf eingesetzt werden zu können (vgl. Willimczik, 1989, S. 43).

befinden sich in Anlaufrichtung gesehen hinter den Springern, der Winkel zwischen den Einfallswinkeln der Kameras beträgt ca. 90° . Die Entfernung der Kameras vom Untersuchungsraum ist durch die Zoommöglichkeit in bestimmten Grenzen beliebig. Der Untersuchungsraum umfasst die letzten beide Schritte sowie den Absprung- und Lattenüberquerungsbereich. Der Untersuchungsraum wird vor und nach der Aufnahme der Sprünge mithilfe eines Passpunktsystems, einem $2 \times 2 \times 2$ m großen Quader mit Normpunkten, einjustiert, so dass später eine dreidimensionale Auswertung des Springers im entsprechenden Raum möglich ist (vgl. Baumann & Preiss, 1996, S. 91). Bei der Sprungaufzeichnung beträgt die Filmgeschwindigkeit 25 Hz bzw. 50 Halbbilder/sec. Da die Bildgeschwindigkeit in den beiden Kameras nicht völlig identisch ist, müssen beide Filme durch die Angleichung kritischer Bewegungsphasen (z.B. Fußaufsatz) passgenau gemacht werden.

Tab. 5.5: Untersuchungsparameter der biomechanischen Auswertungen

Körpergröße in cm
Körpergewicht in Kg, Quotient Größe/Gewicht in cm/Kg
Bestleistung und Testhöhe in cm
KSP-Höhe im Stand (h_1) in cm
Maximale KSP-Flughöhe (h_{max}) in cm
Steighöhe (h_2 , Differenz $h_{max} - h_1$) in cm
Vertikaler Abstand zwischen max. KSP-Flughöhe und Latte (h_3) in cm
Schrittlängen (SL) des dritt-, vor- und letzten Schrittes in cm und in % Körpergröße
Radiuswinkel der Anlaufrichtung im vor- und letzten Schritt, jeweils zur Lattenebene in $^\circ$
KSP-Höhe dritt-, vor- und letzter Stütz (Fußaufsatz und Abflug) in cm und % Körpergröße
Kontaktzeit (t_k) dritt-, vor- und letzter Stütz in sec
Horizontalgeschwindigkeit (V) im dritt-, vor- und letzten Stütz in m/sec
Rücklagewinkel (Achse Fußspitze-KSP, RW) vorletzter Schritt, Fußaufsatz und Take-Off in $^\circ$
Kniewinkel (KW) vor- und letzter Stütz, jeweils Fußaufsatz, Amortisation und Abflug in $^\circ$
Innenlagewinkel (Achse Fußspitze-Kopf) vorletzter Stütz, Fußaufsatz und Take-Off in $^\circ$
vertikale KSP-Geschwindigkeit vor Fußaufsatz in m/sec
Lattenentfernung Absprungfuß (LF) in cm
Lattenentfernung KSP bei Fußaufsatz und Take-Off in cm
KSP-Höhe zu Absprungbeginn und -ende, in cm
horizontale und vertikale Abfluggeschwindigkeit in m/sec
Hüftwinkel (HW) Fußaufsatz, kleinster Hüftwinkel und Hüftwinkel Take-Off in $^\circ$
Minimaler und maximaler Hüftwinkel (Knie-Hüfte-Schulter) während der Flugphase in $^\circ$
Drehmoment vorwärts, seitwärts und resultierend sowie über der Latte in Nm

Der auszuwertende Bewegungsabschnitt umfasst ca. 3 sec. Die Filme werden nacheinander ausgewertet, d.h., die Springer in jedem Einzelbild in 16 Gelenk- oder Endpunkten mittels eines speziellen Cursors digitalisiert und damit flächig verortet. Bei einer Bildfrequenz von 25 Hz. müssen demnach $25 \times 3 \times 17 \times 2$ also ca. 2000 Punkte digitalisiert werden, bei 50 Hz. entsprechend 4000 Punkte. Wird diese Digitalisierung sorgfältig durchgeführt, beansprucht sie bei 25 Hz. schon 2-4 Stunden Zeit, bei 50 Hz. entsprechend mehr. Auf-

grund dieses großen Zeitaufwandes für die Auswertung eines Sprunges ist ein wiederholtes Auswerten desselben Sprunges innerhalb der Leistungsdiagnostik nicht üblich.

Anhand der Flächenkoordinaten für jeden Körperpunkt aus den beiden Kamera-Perspektiven werden die Raum-Koordinaten – basierend auf den Daten eines Normkörpers – per Computer mit entsprechender Software berechnet. Aufgrund erheblicher Unregelmäßigkeiten während der Digitalisierung ist eine Glättung der Daten erforderlich (Glättungsalgorithmus Cubic, siehe Böttcher & Deutscher, 1999, S. 55). Diese Daten ergeben mit dem entsprechenden Körpermodell eine räumliche Reproduktion des Springers als Gliedermännchen. Zusätzlich werden wichtige Parameter wie KSP, Anlauf- und Absprunggeschwindigkeit, Drehmomente, Schrittlängen usw. abgeleitet (siehe Abb. 5.1 und Tab. 5.5).

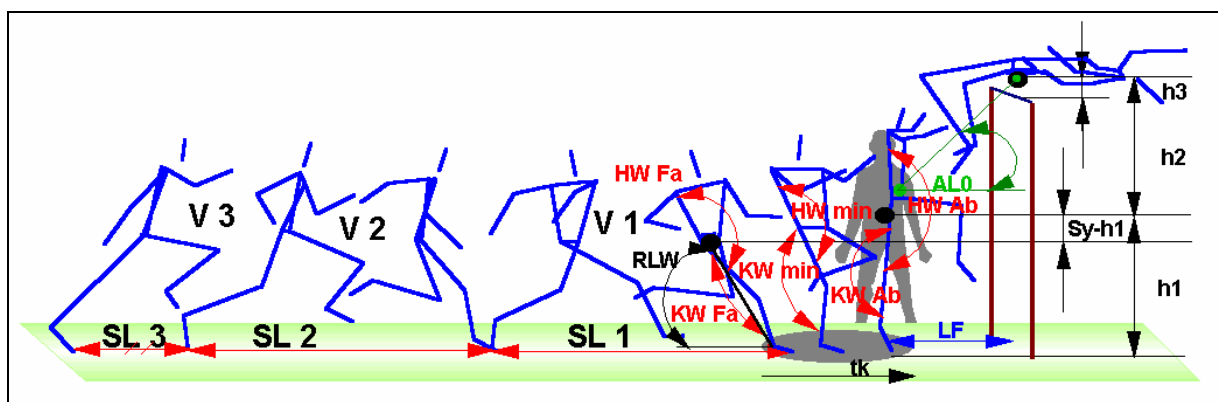


Abb. 5.1: Graphische Darstellung der wichtigsten Untersuchungs-Parameter der 3-D-Analyse (nach Böttcher)

5.3.3 Gütekriterien bei 3-D-Analysen

Die Erfüllung der verschiedenen Gütekriterien ist bei 3-D-Analysen differenziert zu beurteilen. Die Validität der Untersuchungen, also ob das, was man zu messen beansprucht, auch tatsächlich gemessen wird (Willimczik, 1993, S. 56), ist als sehr hoch einzuschätzen, da die Wettkampfübung selber erfasst wird. Insofern kann von einer hohen inhaltlichen Validität gesprochen werden (vgl. Lienert & Raats, 1998, S. 10). Bei der Untersuchung von Testübungen ist diese Identität nicht gegeben, hier kann jedoch – da die Zielleistung vorliegt – diese als unabhängiges Außenkriterium zur Prüfung der Validität der Testübungen verwandt werden. In diesem Fall ist die Validitätsprüfung nicht nur Randbedingung, sondern zentraler Gegenstand der Untersuchung im Sinne der Prüfung der Eignung der Testübungen.

Äußerst problematisch stellt sich bei den 3-D-Analysen die Überprüfung der übrigen Gütekriterien Reliabilität und Objektivität (Intersubjektivität) dar. Aufgrund der aufwen-

digen Untersuchungen (die Auswertung nur eines Sprunges beansprucht mehrere Stunden, s.o.) ist eine Prüfung der Reliabilität über Messwiederholungen im Sinne der mehrfachen Auswertung identischer Sprünge durch unterschiedliche, voneinander unabhängige Personen nicht möglich¹¹⁵.

Die Auswertung verschiedener Versuche eines Sportlers innerhalb eines Wettkampfes, wie sie Letzelter & Letzelter (1983, S. 83) beim Eisschnelllauf durchführten, ist für 3-D-Auswertungen wiederum aus ökonomischen Zwängen problematisch. Zudem stellten die Autoren (87) bei ihren Messungen fest, dass die Retestreliabilität nicht so groß ist, wie erwartet. Bortz & Döring (1995, S. 182) weisen darauf hin, dass die Retestreliabilität bei instabilen Merkmalen weniger geeignet ist. So kann die Auswertung der jeweils besten Sprünge verschiedener Wettkämpfe nicht als echter Retest angesehen werden, da neben zufällig auftretenden Schwankungen gezielte technische Veränderungen von Athlet und Trainer wirksam werden, die zur Verschlechterung des Reliabilitätskoeffizienten führen. Lienert & Raatz (1998, S. 177) nennen als Beeinträchtigungen der Gütekriterien

- Ungenauigkeit des Testinstrumentes (s.u.)
- Veränderlichkeit der äußeren Bedingungen (Witterung, ...)
- Veränderlichkeit der inneren Bedingungen (Motivation)

Bei der Untersuchung mehrerer Sprünge eines Athleten in einem Wettkampf, wie wir sie in einigen Fällen vornehmen konnten (Tab. 5.4 und Kap. 6), ergaben sich zwar deutlich erhöhte Reproduktionsraten und Reliabilitätskoeffizienten, doch traten auch hier vom Springer intendierte Veränderungen (so mit der Leistung steigende KSP-Flughöhen) auf, die keinesfalls als mangelnde Reproduzierbarkeit aufgefasst werden können. Wenn der Produzent (Athlet) jedoch bewusst den Untersuchungsgegenstand (Sprung) variiert, kann eine Messwiederholung keine Aussage über die Zuverlässigkeit des Messinstrumentes bzw. des Auswertungspersonals erbringen.

Insofern entziehen sich unsere Untersuchungen den klassischen Güteprüfungen und verhindern eine Beurteilung der Reliabilität. Dadurch können auch keine Minderungskorrekturen bestimmt werden, mit deren Hilfe aufgrund von Differenzbildung oder anderer Messmängeln verringerte Korrelations- und Regressionswerte angehoben werden (Lienert & Raatz, 1998, S. 257f). Allenfalls indirekte Bestimmungen über den Vergleich verschiedener Untersuchungsgruppen sind denkbar (s.u.).

¹¹⁵ Die Untersuchungen sind nicht rein wissenschaftlich orientiert, sondern nur im Anwendungszusammenhang, als Leistungsdiagnostik für Athleten, Heim- und Verbandstrainer legitimiert. Eine Verdopplung oder gar Vervielfachung der Auswertungsarbeit würde den Rahmen der personellen und finanziellen Möglichkeiten übersteigen und die Untersuchungen insgesamt in Frage stellen.

5.3.4 Messfehler in der biomechanischen LD

Die Vielzahl der Daten, aber auch die exakte Form ihrer Darstellung verleiht den 3-D-Untersuchungen ein seriöses, kaum hinterfragbares Erscheinungsbild. Doch gibt es bei der Erstellung von 3-D-Daten eine Reihe von Fehlerquellen, die eine restriktive Dateninterpretation nahe legen und nachfolgend diskutiert werden müssen.

Die analytische (im Unterschied zur experimentellen) KSP-Bestimmung basiert auf modellhaften Annahmen über die Massen und die Schwerpunktpositionen der Teilkörper. Diese Annahmen sind aus Durchschnittswerten gebildet, die entsprechende Fehler beinhalten.

1. Die Gelenkmittelpunkte sind schon in der Grundstellung (aufrecht stehend mit angelegten Armen) schwer zu definieren und zu lokalisieren. Hildebrand (1997, S. 27) weist darauf hin, dass mit der hier verwandten Kinemetrie bei 10 m Abstand von der Kamera zum Objekt Glühlämpchen mit einer Genauigkeit von < 1 cm geortet werden, können, bei kleinen Kugeln der Fehler schon auf 3-5 cm steigt. Bei hoher Geschwindigkeit, bei Gelenkbewegungen, bei verdeckten Körperpunkten und bei unterschiedlichen Perspektiven wird diese Bestimmung noch problematischer, sprich ungenauer. Baumann & Preiss (1996, S. 96) weisen darauf hin, dass sich ein Objekt bei einer Geschwindigkeit von 5 m/s und bei einer Bildfrequenz von 25 Hz um 0,2 m pro Bild bewegt. Bei langen Verschlusszeiten der Kamera kommt es zu Unschärfen, bei kurzen Verschlusszeiten werden Interpolationen erforderlich, die wiederum zu Schätzfehlern führen, die bei ungleichförmigen Bewegungen größer ausfallen. Baumann & Preiss (1996, S. 82) schätzen den Fehler für die wahren KSP-Lagen auf 3 %.
2. Hildebrand (1997, S. 28) nennt bei konstanten Geschwindigkeiten eine Ungenauigkeit von ca. 2 %, bei Beschleunigungen von 12 %. Im Falle des Hochsprungs kann man daher die bis zum Absprungbeginn – grob betrachtet – konstante Horizontalgeschwindigkeit verhältnismäßig gut bestimmen, wegen der abrupten Beschleunigung im Absprung die vertikale Geschwindigkeit nur ungenau.
3. Die dritte Fehlerquelle betrifft die Bildqualität. In der Regel sind die Springer auf den auszuwertenden Bildern klein bzw. – bei entsprechender Vergrößerung¹¹⁶ – nur unscharf zu erkennen. In beiden Fällen ist ein exaktes Lokalisieren der Gelenkmittelpunkte schwierig. Im Bild verdeckte Körperteile verstärken dieses Problem noch. In der Regel entstehen auf diese Weise zufällige Fehler, die durch sogenannte Glättungsverfahren der Software teilweise ausgeglichen werden. Der dann verbleibende Messfehler wird auf 1 %, also bei einem 2 m großen Athleten auf 2 cm geschätzt (Dapena, 1996, S. 148). Für die Teilhöhe h_3 , die durchschnittlich 8 cm beträgt, ist diese Differenz gravierend.

¹¹⁶ Dapena (1982-97; siehe Killing & Böttcher, 1996, S. 39) verwendet aus diesem Grund statt preiswerter und leicht handhabbarer Videobänder hochauflösende Filme, die auch bei entsprechender Vergrößerung noch gut auswertbare Bilder liefern.

Unter 1.-3. sind zufällige Fehler erfasst, die sich in großen Gruppen wieder ausgleichen, aber zu erheblichen Unschärfen führen und statistische Zusammenhänge beeinträchtigen. Hildebrand (1997, S. 45) weist darauf hin, dass man sich in der Leistungssportforschung erfahrungsbedingt dieser Fehler bewusst ist, sie aber immer wieder zugunsten schneller Ergebnisse unterdrückt. Möchte man die Ergebnisse seriös interpretieren, müssen die Merkmalsunterschiede größer sein als die Messfehler, wie sie zuvor benannt wurden (Ballreich, 1996, S. 45). Daneben gibt es aber auch systematische Fehler:

4. Werden die anzusteuernenden Gelenkpunkte durch das Bedienungspersonal systematisch, also in immer gleicher Weise, falsch markiert, schlägt sich dieser Fehler im Gesamtergebnis nieder¹¹⁷. So kommt es zu auswertungsbedingten Unterschieden zwischen verschiedenen Untersuchungen oder auch nur Auswertern (vgl. Bortz & Döring, 1995, S. 180). Da die Abweichungen im Bereich von ein bis zwei Prozentpunkten liegen, bleiben sie – insbesondere bei kleinen Probandengruppen, wie sie im Spitzensport üblich sind – zumeist unbemerkt.
5. Schließlich muss die Verwendung unterschiedlicher Körpermodelle (z.B. Hannavan vs. Saziorski) und unterschiedlicher Software problematisiert werden (vgl. Burger, 2000, S. 82f). Die Modelle differieren betreffs Körperproportionen und KSP-Lagen¹¹⁸, so dass die bei verschiedenen Untersuchungen ermittelten Werte nicht ohne weiteres vergleichbar sind¹¹⁹.

Beispielsweise ermittelten Ritzdorf & Conrad (1987, S. 16) bei der Analyse der jeweils acht WM-1987-Finalisten durchschnittliche KSP-Flughöhen (h_{\max}) von 2,49 m (Männer) bzw. 2,05 m (Frauen), Brüggemann & Loch (1991, S. 69) bei den WM-1991-Finalisten Flughöhen von 2,38 bzw. 2,01 m, wogegen Dapena u.a. (1992, S. 17) nur Werte von 2,36 m bzw. 1,99 m für die Olympia-Finalisten 1992 ermittelten (Tab 5.6)¹²⁰. Diese Differenzen bei teilweise identischen Springern und vergleichbaren Sprunghöhen (Beispiel Sjöberg: Sprunghöhendifferenz 4 cm, vermeintliche Flughöhendifferenz 25 cm, Beispiel Henkel: Sprunghöhendifferenz 3, Flughöhendifferenz 9 cm) weist auf erhebliche syste-

¹¹⁷ Um diese systemischen Fehler gering zu halten, ist eine gründliche Einarbeitung und regelmäßige Kontrolle des Personals unverzichtbar. Aus Kostengründen entfallen diese Kontrollmechanismen jedoch häufig.

¹¹⁸ Andere Untersuchungen (so Ritzdorf & Conrad, 1987, S. 16) kommen bei z.T. denselben Springern zu abweichenden Ergebnissen (vgl. auch Killing, 1994, S. 18). Hier gibt es vermutlich messmethodisch bedingte Unterschiede.

¹¹⁹ Beispielsweise liegen die relativen KSP-Höhen zu Absprungbeginn (h_{FA}) und Ende (h_{TO}) bei den Untersuchungen von Dapena (1990, S. 261) durchschnittlich 1-2 % niedriger als bei unseren Auswertungen mit dem APAS-System. Andere Untersuchungen bringen bezüglich der Lattenüberhöhung besonders günstige (Viitasalo u.a., 1982, S. 146) oder besonders schlechte Werte (Kunz, 1983, S. 71: Bei Mehrkämpfern < 15 cm, sonst < 7 cm).

¹²⁰ Aufgrund des ungewöhnlich hohen h_3 -Wertes bei den männlichen WM-87-Finalisten ist auch ein Rechenfehler dergestalt denkbar, dass die KSP-Flughöhe der Männer jeweils 10 cm zu hoch angegeben wurde. Auch wenn dadurch sinnvolle Mittelwerte erstellt würden, muss angesichts der Qualität der Untersuchung von dieser Korrektur (zumindest ohne Überprüfung) abgesehen werden. Ähnlich kritisch sind die ungewöhnlich niedrigen h_3 -Werte von Viitasalo u.a. (1982, S. 146) zu beurteilen (im Durchschnitt -3 cm).

matische Unterschiede in der Datenermittlung hin¹²¹. Aufgrund von Sekundärauswertungen stellten wir fest, dass Ritzdorf & Conrad die maximale KSP-Flughöhe als Summe von Abflughöhe und der über die vertikale Abfluggeschwindigkeit ermittelten Steighöhe bestimmten. Weiter oben konnten wir darstellen, dass letztere eine grob fehlerhafte Bestimmungsform der KSP-Flughöhe mit deutlicher Tendenz zur Überschätzung darstellt.

Daher kann Brüggemann & Arampatzis (1997, 67) nicht ohne weiteres zugestimmt werden, wenn sie in ihrer Auswertung der Hochsprünge bei der WM 1997 darauf hinweisen, dass die maximale Flughöhe des Siegsprungs von Sotomayor (Sprunghöhe = 2,37 m, $h_{\max} = 2,50$ m) eine der höchsten je gemessenen darstellt¹²². Zur Verifizierung dieser Aussage müssten das Messsystem, aber auch das Bedienungspersonal problematisiert, einer Kontrolle unterzogen und evtl. durch Korrekturbeträge anderen Datengruppen angepasst werden¹²³.

Wegen der ohnehin aufwendigen Datenermittlung haben empirische Systemvergleiche bisher nicht stattgefunden. Bei Sekundäranalysen größerer Untersuchungseinheiten konnten wir jedoch systematische Differenzen, z.B. zwischen den Dapena-Ergebnissen (1990, S. 261) und unseren eigenen Daten feststellen: So differierte die durchschnittliche KSP-Abflughöhe um 1-2 %-Punkte und die Lattenüberhöhung um durchschnittlich 2 cm.

Kann man solche Effekte nicht ermitteln und neutralisieren, sind die Datensätze nicht miteinander zu vergleichen. Die zahlreichen mittlerweile vorliegenden 3-D-Auswertungen von unterschiedlichen Untersuchungsteams mit nur wenigen Probanden sind daher unter messmethodischem Aspekt wenig sinnvoll. Die geringe Auswertungsroutine immer neuen Digitalisierungspersonals lässt schon die Einzelergebnisse fraglich erscheinen (Zufallsfehler); die unterschiedlichen, häufig nicht zu identifizierenden Körpermodelle bzw. Auswertungs-Software behindern darüber hinaus die Intergruppenvergleiche (systematische Fehler).

Eine Vergleichbarkeit von Sprüngen bei unterschiedlichen Wettkämpfen ist nur durch den Einsatz immer desselben Untersuchungsteams mit konstanter Messtechnik zu erreichen¹²⁴. Bös, Hänsel & Schott (2000, S. 43) sprechen von der Standardisierung der Durch-

¹²¹ Von einer untersuchungsübergreifenden Objektivität, also einer interpersonellen Übereinstimmung der Untersucher (Lienert & Raatz 1998, S. 7f), kann angesichts solch großer Differenzen nicht die Rede sein.

¹²² Es ist bedauerlich, wenn anerkannte Lehrbücher trotz solcher offensichtlichen Ungereimtheiten derartige Ergebnisse unreflektiert übernehmen (z. B. Jonath u.a., 1995, S. 257).

¹²³ Da die Daten jeweils am Tag nach dem Wettkampf zu Verfügung standen, die Sprünge also „über Nacht“ ausgewertet wurden, muss bezweifelt werden, ob auch nur die interne Kontrolle, also die Überprüfung des Auswertungspersonals, stattgefunden hat. Derart im Eilverfahren erstellte Daten dürfen nicht in ihren Extremwerten interpretiert werden, soll der Stellenwert von 3-D-Daten nicht zusätzlich sinken.

¹²⁴ Aus sportpolitischen (föderalen) Gründen ist dies schon national nur schwer, international jedoch gar nicht durchsetzbar.

führungssituation zur weitgehenden Ausschaltung von Fehlerquellen. Dies wurde für die vorliegenden Untersuchungen weitgehend realisiert¹²⁵.

Tab. 5.6: Vergleich der Teilhöhen der Finalisten bei der WM 87, WM 91 und OS 92 Ritzdorf & Conrad, 1987; Brüggemann & Loch, 1991; Dapena u.a., 1992.

	Ritzdorf/Conrad			Brüggemann/Loch			Dapena		
	Frauen			Frauen			Frauen		
	Höhe	h _{max}	h ₃	Höhe	h _{max}	h ₃	Höhe	h _{max}	h ₃
\bar{x}	2,00	2,05	0,05	1,95	2,01	0,06	1,96	1,99	0,03
s	0,05	0,10	0,08	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03
max	2,09	2,19	0,10	2,05	2,14	0,10	2,02	2,07	0,07
min	1,93	1,91	-0,06	1,90	1,93	0,03	1,91	1,91	-0,03
R	0,16	0,28	0,16	0,15	0,21	0,07	0,11	0,16	0,10
	Männer			Männer			Männer		
	Höhe	h _{max}	h ₃	Höhe	h _{max}	h ₃	Höhe	h _{max}	h ₃
\bar{x}	2,35	2,49	0,14	2,33	2,38	0,05	2,33	2,36	0,03
s	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,01	0,05	0,05
max	2,38	2,54	0,22	2,38	2,46	0,10	2,34	2,43	0,09
min	2,29	2,38	0,12	2,28	2,31	0,03	2,31	2,29	-0,05
R	0,09	0,16	0,10	0,10	0,15	0,07	0,03	0,14	0,14

5.4 Darstellung ergänzender Untersuchungen

Neben der Hauptuntersuchung, der dreidimensionalen Leistungsdiagnostik, führten wir eine Reihe von ergänzenden Untersuchungen durch, die zuvor nicht erfassten Teilproblemen des Hochsprungs gewidmet waren. Die beiden wichtigsten Untersuchungen zum Anlauf und zum Flugverhalten sollen nachfolgende kurz vorgestellt werden.

5.4.1 Untersuchungen zum Anlaufverhalten

Zur Reproduktionsfähigkeit der Technik finden sich in der praxisnahen Literatur mehr normative als deskriptive Aussagen, die primär den Anfängerbereich betreffen¹²⁶. Beim Fortgeschrittenen wird ein hoher Reproduktionsstandard vorausgesetzt. Dabei sollte mit

¹²⁵ Verfügt man über mehrere solcher Großgruppen, sind über statistische Auswertungen systematische Differenzen zu ermitteln und zu neutralisieren, so dass ein Vergleich oder sogar eine Sekundärauswertung über mehrere Datensätze möglich ist.

¹²⁶ Siehe dazu die einschlägigen Leichtathletiklehrbücher wie Jonath u.a. (1995, S. 258), Bauersfeld & Schröter (1998, S. 236) und Haberkorn & Plass (1992, S. 84).

steigendem Leistungs- bzw. Fertigniveau die Reproduktionsfähigkeit immer größer werden, so dass die Bewegungskonstanz geradezu ein Qualitätsmerkmal des Hochleistungssportlers ist (Drechsler, 1990, S. 792). Dass dieser Anspruch im Widerspruch zum Steigerungscharakter des Hochsprung-Wettkampfes steht, soll später thematisiert werden.

Anhand unserer eigenen Untersuchungsergebnisse, den schon zitierten Anlaufuntersuchungen einerseits und den Daten der 3-D-Analysen zur Absprungvorbereitung, Absprung und Flug andererseits, möchten wir überprüfen, wie hoch der Grad an Präzision bzw. Wiederholungsgenauigkeit beim Hochsprung ist. Dazu werden die verschiedenen Sprünge einzelner Sportler miteinander verglichen. Dabei sollen einerseits Abweichungen innerhalb eines Wettkampfes und andererseits Abweichungen zwischen den besten Versuchen verschiedener Wettkämpfe überprüft werden.

In den Jahren 1990-1992 erfassten und analysierten wir bei drei aufeinanderfolgenden internationalen Hochsprungmeetings in Wuppertal die Anläufe der teilnehmenden Spitzenathleten. Da Wettkampfuntersuchungen nur als nonreaktive Verfahren möglich sind, wurde die gesamte Anlauffläche mit weißen Punkten im Abstand von 30 cm markiert (Abb. 5.5). Mittels bestimmter Identifikationszeichen war auf diese Weise jeder Punkt und damit auch jede Fußaufsatzstelle der Athleten zu lokalisieren. Die maximale Fehlergröße macht nur noch einen Bruchteil dieses Abstandes aus (< 5 cm). Der Anlauf der Springer wurde jeweils mit einer Handkamera gefilmt, wobei die Kamera auf die Füße gerichtet war, der Bildausschnitt jedoch so groß blieb, dass die Identifikationszeichen zu erkennen waren.



Abb. 5.5: Markierungsraster der Anlaufbahnen

Zur Auswertung der Videoaufzeichnung benutzten wir Millimeter-Papier, das jeweils mit einem Plan der Anlaufbahn in Aufsicht präpariert war. Der Auswerter musste nur noch die Fußaufsatzpunkte lokalisieren und in das Raster eintragen. Ob der Fußaufsatz auf dem Fußballen oder über die Ferse erfolgte, wurde jeweils mit einem Strich ausgewiesen. Nachdem der Anlauf derart übertragen worden war, konnten die relevanten Parameter abgeleitet werden. Dazu zählten

- Schrittlängen
- Winkeländerungen von Schritt zu Schritt
- Winkel von letztem Schritt und Lattenprojektion
- Übergang vom geraden zum Kurvenlauf (2 Koordinaten)
- Abstand zur Latte¹²⁷

5.4.2 Untersuchungen zur Lattenpassage

In den Standardwerken zur Leichtathletik bzw. zum Hochsprung wird die optimale Lattenpassage relativ einheitlich („Überstrecken der Hüfte“), also varianten- und problemlos beschrieben. Nach dem wir anlässlich der Olympische Spiele 1988 bei einigen Weltklasse-Springern von dieser Vorstellung abweichende Lattenpassagen beobachteten, setzten wir uns in der Folgezeit mit der Lattenpassage auseinander und führten empirische Studien durch.

Im Rahmen eines internationalen Hochsprungmeetings (Wuppertal, 24. Januar 1989) wurden die Sprünge aller männlichen Springer mit einer Videokamera (50 Bilder pro Sekunde) aufgezeichnet. Die Kameraposition war in Verlängerung der Latte etwas seitlich versetzt, um die Tiefendimension mitzuerfassen (siehe Killing, 1989, S. 1280). Ausgewertet wurden ausschließlich Springer mit einer Bestleistung von 2.30 m und höher.

Die Videoaufzeichnung wurde auf einem Monitor per Standbildschaltung abgespielt. Die Springer wurden in den einzelnen Sequenzen als Umrisszeichnung auf Klarsichtfolien festgehalten. Dabei wurde vom Take-Off (Lösen vom Boden) bis zum Lösen von der Latte jedes Standbild abgezeichnet und zu Bildreihen zusammengestellt. In den einzelnen Flugphasen wurde der Hüftgelenkwinkel ermittelt. Wegen der Athletenauswahl, aber auch wegen der einheitlichen Darstellung wurden nur Linksspringer ausgewertet.

¹²⁷ Analog der Geschwindigkeitsmessung von Hutt (1992, S. 17), der aufgrund von Schrittlängen bzw. Flugweiten und Bildauszählung des Videofilms Geschwindigkeiten ableitet, wollten auch wir die Geschwindigkeiten von Schritt zu Schritt ermitteln. Während wir in den ersten Schritten (gerader Anlaufteil) aufgrund der konstanten Körpervorlage noch plausible Werte ableiten konnten (Geschwindigkeitszunahme bis 7 m/s), schwankten die Werte im Kurvenlauf und insbesondere in der Absprungvorbereitung erheblich und waren insgesamt zu hoch (bis zu 12 m/s). Dies kann auf das Unterlaufen bzw. den Übergang von der Sprintvorlage zur Absprungrücklage zurückgeführt werden: Die Beine überholen den Oberkörper. An den Füßen, die ja unsere Referenzpunkte darstellen, werden erheblich höhere Geschwindigkeiten festgestellt als für den KSP. Daher verzichteten wir rückwirkend auf die Interpretation der Geschwindigkeitsdaten (vgl. Göhner, 1996, S. 63).

5.5 Auswertungsmethoden

Eingangs wurde die vorliegende Untersuchung als Feldforschung deklariert. D.h., es gibt keine strenge Zufallsauswahl aus einer gegebenen Population. Dies ist nicht unproblematisch, da weder die Grundgesamtheit definiert ist noch die Auswahlwahrscheinlichkeiten angebar sind. Nach Bortz & Döring (1995, S. 375) sind dennoch interferenzstatistische Verfahren zulässig, wenn Repräsentativität zu unterstellen ist. Davon gehen wir aus, da die Sportler vorrangig aufgrund ihrer (möglichst hohen) Leistungen ausgewählt wurden.

Grundlage der Datenauswertung ist eine ausführliche Deskription der zuvor genannten Hauptparameter. Conzelmann (1999, S. 263) betont den Wert klug aggregierter Rohdaten. Die deskriptive Statistik umfasst gemäß dem explorativen Charakter der Untersuchung jeweils

\bar{x}	Mittelwert
$\pm s$	Standardabweichung
$\pm V$	Variationskoeffizient
min	Kleinster Wert
max	Größter Wert
R	Streubreite

Über Korrelationsberechnungen werden Zusammenhänge zwischen der Hochsprungleistung als Zielgröße einerseits und den Teilhöhen sowie vermutlichen weiteren Einflussgrößen bestimmt. Im Falle ansprechender Korrelationen wird versucht, gemäß der Unterteilung nach Geschlecht und Leistung über mehrfaktorielle Varianzanalysen diskriminierende Parameter herauszustellen. Schließlich werden für die auf diese Weise als hochwirksam ermittelten Einflussgrößen mittels einfacher oder komplexer Regressionsanalysen quantitative Prognosen für die Zielgröße ermittelt. Für die Anlauf- und Fluguntersuchungen sowie die intraindividuellen Auswertungen der 3-D-Analysen müssen wir uns aufgrund der kleinen Fallzahlen oder des Pilotcharakters der Untersuchungen mit deskriptiven Auswertungen begnügen. Die Ergebnisse und Interpretationen der Untersuchungen werden aufgrund ihres erheblichen Umfangs in drei Kapiteln vorgestellt.

Zunächst erfolgt eine interindividuelle Auswertung hinsichtlich der Spielräume der Technik (Kap. 6), anschließend eine intraindividuelle Auswertung betreffs der Präzision bzw. Reproduktion der Technik von Sprung zu Sprung bei einzelnen Springern (Kap. 7). Schließlich sollen die leistungsbestimmenden Einflussgrößen für die Zielleistung „Sprunghöhe“, aber auch für wesentliche Teilleistungen ermittelt werden (Kap. 8).

6 Interindividuelle Varianten der Technik

Bewegungsspielräume wurden in Kapitel 2 als Besonderheit der Disziplin Hochsprung herausgearbeitet. Diese führten zu immer neuen Techniken. Solche Spielräume quasi technikimmanent zu ermöglichen, wird als großer Vorteil der Floptechnik angesehen. Im nachfolgenden Kapitel soll daher untersucht werden, wie groß die Variationsspielräume in der Floptechnik bzw. für die einzelnen Bewegungsteile sind. Grundlage sind die in Kapitel 5 vorgestellten eigenen Untersuchungen. Deren Ergebnisse werden präsentiert und mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen konfrontiert. Im Anschluss an die Diskussion der Spielräume bezüglich der Bewegungselemente wird eine Gesamtbetrachtung angestrebt.

Ein Teil der Ergebnisse kann nur in qualitativer Form präsentiert werden. Wenn möglich, werden die Zusammenhänge jedoch auch in quantifizierter Form dargestellt. Ausgangspunkt ist dann jeweils eine deskriptive Statistik, in der Mittelwerte und diverse Streumaße zusammengetragen sind. Letztere soll den zu erwartenden Bewegungsspielräumen der Technik Rechnung tragen. Dabei werden Männer und Frauen sowie leistungsstärkere und -schwächere Gruppen unterschieden. Die Erwartung ist durchgängig, dass die Männer höhere Ausprägungen als die Frauen und die leistungsstärkeren Gruppen größere Ausprägungen (Ausnahme Lattenüberhöhung) als die leistungsschwächeren aufweisen. Anhand von zweifaktoriellen Varianzanalysen (VA) prüfen wir die Unterschiede zwischen den Teilgruppen auf Signifikanz und damit auf Verallgemeinerbarkeit.

Tab. 6.1: Statistik der untersuchten Sprunghöhen in cm¹²⁸

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	214,7	11,79	5,58	195	233	38
M1	36	225,0	5,80	2,26	215	233	18
M2	36	204,3	5,32	2,60	195	212	17
Frauen	N	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	182,2	8,01	4,40	165	198	33
F1	36	189,1	3,34	1,77	183	198	15
F2	36	175,4	4,68	2,67	165	182	17

Tabelle 6.1 zeigt, dass erhebliche Differenzen zwischen Männern und Frauen, aber auch zwischen den Leistungsklassen vorliegen, dabei ist die Differenz bei den Männern mit 20,7 cm erheblich höher als bei den Frauen (13,7 cm). Die jeweils leistungsstärkeren Gruppen genügen dem Anspruch „Spitzenklasse“. Sie korrespondieren darin mit anderen

¹²⁸ Die in Tabelle 5.3 aufgelisteten Bestleistungen der Athleten sind mit den hier zusammengefassten Sprüngen nicht identisch, da nur in Ausnahmefällen die absolut besten Sprünge erfasst werden konnten.

Untersuchungen¹²⁹ und entsprechen (bei größerer Probandenzahl) dem Leistungsniveau der weltbesten Springer bei internationalen Meisterschaften. Die Tabelle verdeutlicht ferner, dass die Gruppen der Männer und der Frauen jeweils erhebliche Spannweiten aufweisen und entsprechend auch die gewogenen Streuparameter groß ausfallen. Die Chance, leistungsdifferenzierende Parameter zu ermitteln, ist dadurch vergrößert. Durch eine entsprechende Unterteilung in leistungsstärkere und -schwächere Teilgruppen werden die Streumaße deutlich abgesenkt, d.h., die Teilgruppen homogener. Insbesondere die jeweils leistungsstärkeren Gruppen zeigen erheblich geringere Standardabweichungen und Spannweiten.

6.1 Varianten des Anlaufes

Die Bewegungsanalytiker haben bezüglich der Anlaufgestaltung eine ganze Reihe von Variationen ermittelt. Diese betreffen folgende Merkmale:

- a. *Anlaufbeginn und Anlauflänge*
- b. *Anlaufgestalt und Kurvenradius*
- c. *Schrittgestaltung und Schrittlängen*

a. *Anlaufbeginn und Anlauflänge*

Im Unterschied zum Ende des Anlaufes, das mit dem Fußaufsatz zum Absprung definiert ist, kann der Anlaufbeginn nicht exakt bestimmt werden. Konzentrationsphase, Imitationsbewegungen, Angehen oder kleine Anlaufschritte zur Ablaufmarke sind Elemente, die sich nicht selbstverständlich dem Anlauf zuordnen lassen. Daher definieren wir den Anlaufbeginn mit dem Zeitpunkt, zu dem sich der Springer endgültig in Anlaufhaltung in Bewegung setzt. Der Anlaufbeginn, Veldmann (1989, S. 493) spricht vom Auftakt, kann aus dem Stand (Schrittstellung), dem Angehen, den Skippings oder dem Antrippeln erfolgen. Tancic (1978, S. 825) weist auf die (psychologische) Bedeutung des ersten Schrittes für das Gelingen des Versuches hin, dabei soll der erste Schritt besonders betont, kraftvoll und dynamisch ausgeführt werden. Drechsler (1990, S. 791) favorisiert den Anlauf aus der Schrittstellung für alle Leistungsklassen, da hier die Treffsicherheit am größten wäre¹³⁰.

Diese Betrachtung vernachlässigt den Steigerungscharakter des Hochsprungwettkampfes, in dem die immer größeren Höhen durch einen zunehmend kraftvollen Absprung, aber auch durch einen dynamischeren Anlauf und einen höheren Erregungszustand bewältigt werden sollen (siehe Wszola in Martin u.a. 1982, S. 77). Daher wird die Ablaufmarke

¹²⁹ Siehe u.a. Viitasalo u.a. (1982), Harsanyi & Marti (1983), Ritzdorf & Conrad (1987), Brüggemann & Loch (1992) und Dapena u.a. (1982-1997).

¹³⁰ Prominente Beispiele für den Anlaufbeginn aus dem Stand sind Olympiasieger Dick Fosbury (hier nach Kerssenbrock, 1973, S. 1099) und Ex-Weltrekordler Dwight Stones (Martin u.a., 1982, S. 20)

während des Wettkampfes häufig nach hinten verlegt, der Anlauf also verlängert, um Platz für die mit steigender Dynamik wachsenden Schrittlängen zu schaffen.

Diesem Steigerungscharakter entspricht ein dynamisch-variabler Auftakt mit Trippelschritten vor der Ablaufmarke. Durch das Antrippeln ist die Anfangsgeschwindigkeit höher, so dass der Springer im eigentlichen Anlauf mit weniger Schritten auskommt. Nachteilig ist, dass das Antrippeln gerade keine sichere Schrittgestaltung ermöglicht, da im Auftakteil Schrittverkürzungen und sogar Rückwärtsbewegungen (!) vorkommen. Entsprechend schwierig ist es für die Springer, die Ablaufmarke exakt und mit immer gleicher Geschwindigkeit zu treffen. Trotz dieser massiven Unsicherheiten ist der Anlauf aus Trippelschritten, seltener mit Angehschritten unter Spitzenathleten weit verbreitet (Killing, 1993a, S. 15f, aber auch Drechsler, 1990, S. 791).

Die Anlauflänge variiert bei Spitzenathleten von fünf bis zu zwölf Schritten mit Auftakt¹³¹. Dieser beträchtliche Unterschied wird bei den kurzen Anläufen durch einen energischen Auftakt mit hohen Laufgeschwindigkeiten schon zu Beginn des eigentlichen Anlaufes aufgefangen (s.u. Tab. 6.3 und 6.4). Die in der Praxis vorzufindende These, dass Springer mit geringer Grundschnelligkeit einen längeren Anlauf benötigen, um eine angemessene Endgeschwindigkeit zu erzielen, erscheint nicht zwingend. Naheliegender ist es, die optimale Anlauflänge bzw. -geschwindigkeit an der Absprungsschnelligkeit zu orientieren.

b. Anlaufgestalt und Kurvenradius

In der Fachliteratur wird der Anlauf zumeist zweigeteilt, also in einen geradlinigen, sogenannten Beschleunigungsabschnitt und in einen kurvenförmigen Teil untergliedert, der auch Impulskurve genannt wird¹³². Beide Abschnitte umfassen etwa gleich viele Schritte (so Martin, 1982, S. 104), wobei die Extreme von zwei bis sieben geradlinig ausgeführten Schritten und drei bis sechs Schritten für den Kurvenlauf reichen¹³³. Vereinzelt findet man in der Literatur auch eine Dreiteilung des Anlaufes¹³⁴. Bei eigenen Untersuchungen an Weltklasseathleten, bei denen wir u.a. die Schrittlängen ausmaßen, konnten wir diese

¹³¹ Die Mehrzahl der Autoren favorisiert sieben bis elf Schritte, so Tancic (1985a, S. 773), Dapena (1990a, S. 310), Tidow (1994, S. 16), Drechsler (1990, S. 796), Jonath u.a. (1995, S. 246). Bis zu zwölf Schritten Anlauf haben Müller (1986, S. 49), Quade & Sahre (1989, S. 183) und Veldmann (1989, S. 495) gefunden. H. Henkel begnügte sich in den Jahren 1987/88 mit einem Fünf-Schritte-Anlauf plus Auftaktschritte.

¹³² So Martin u.a. (1982, S. 104), Bauersfeld & Schröter (1998, S. 238), Veldmann (1989, S. 495), Jonath u.a. (1995).

¹³³ So empfiehlt Tidow (1994, S. 16) bei sieben Anlaufschritten drei, und bei elf Anlaufschritten fünf Schritte in der Kurve zu absolvieren. Bei Joy (in Martin u.a., 1982, S. 58) ist das Verhältnis vier gerade zu sechs Kurvenschritten. Dapena (1990a, S. 311) geht bei zehn Anlaufschritten von vier bis fünf Kurvenschritten aus.

¹³⁴ Beim dreigeteilten Anlauf wird zwischen Beschleunigungs- und Frequenzteil noch ein weiterer Teil eingebaut, der bei bewußt konstanter Geschwindigkeit einen harmonischen Kurveneingang gewährleisten soll (Wszola in Martin u.a., 1982, S. 78). Die Erleichterung, den Kurveneingang ohne weitere Beschleunigung gestalten zu müssen, wird mit der Erschwerung, einen weiteren Rhythmuswechsel im Anlauf vornehmen zu müssen, erkaufte.

Dreiteilung nicht finden, fanden aber eine andere, in der Literatur so nicht diskutierte Anlaufvariante, den sogenannten Frequenzanlauf¹³⁵. Daher gehen wir von folgenden drei Anlauftypen aus (siehe Tab. 6.2 und 6.3)¹³⁶:

1. Steigerungs-Anlauf. Diese Variante wird aus dem Stand oder dem Angehen begonnen. Geschwindigkeit und Schrittlängen werden bis zur Absprungvorbereitung (dritt- oder vorletzter Kontakt) gleichmäßig gesteigert. Dapena (1990, S. 311) spricht von einer „...gradual progression in which each stride is a little bit longer and faster than the previous one“. Der Steigerungsanlauf weist die geringsten koordinativ-technischen Anforderungen auf und ist damit gleichermaßen für Anfänger und für Spitzenkünstler geeignet. Wegen seiner Einfachheit ist der Steigerungsanlauf die Anlaufform der Wahl für Schüler und Jugendliche.

Prominente Vertreter: Fosbury, Stones¹³⁷.



Abb. 6.1: Drucklauf im mittleren Anlaufteil (H. Henkel 2,00 m, 1989, Köln, Hommel, 1993)

2. Druck-Frequenz-Anlauf. Der Anlaufbeginn erfolgt zumeist aus mehreren kleinen Auftakt- (Trippel-), selten aus Angeh-Schritten. Anschließend ist diese Anlaufform zweigeteilt: druckvolle Schritte (bis hin zu 3 m langen Sprungschritten) kennzeichnen den geradlinigen Beschleunigungsabschnitt, kürzere und frequentere Schritte den Kurvenlauf. Der Drucklauf erhöht die Anfangsspannung des Springers. Er erfordert eine genaue Dosierung, ist daher nur mit überdurchschnittlichem koordinativ-technischen und konditionellen Vermögen effektiv einzusetzen. Eine weitere technische Schwierigkeit stellt der Übergang zum Frequenzlauf dar, auch hier werden besondere Anforderungen an die Laufkoordination gestellt. Tancic (1978, S. 825) fordert für diesen zweiten Anlaufteil eine Temposteigerung. Daher ist der Druck-Frequenzlauf nur für fortgeschrittene bzw. technisch begabte Springer geeignet. Eine Vielzahl von Weltklasespringern verwendet diesen Anlauf.

Prominente Vertreter: Henkel (Abb. 6.1), Sotomayor, Buß.

¹³⁵ Bei diesen Untersuchungen wurden mittels Bodenmarkierungen die Bodenkontakte, also Schrittlängen, Geschwindigkeit, Richtungsänderungen analysiert. Zur Versuchsanlage siehe Kap. 5.4.1.

¹³⁶ Wegen der geringen Fallzahl kommen nur einfache deskriptive statistische Auswertungen zur Anwendung, Schlüsse auf die Grundgesamtheiten erscheinen nicht sinnvoll.

¹³⁷ Die Bevorzugung des Steigerungslaufes durch die Amerikaner kann auf die besondere Anordnung der Hochsprunganlage in vielen amerikanischen Stadien zurückgeführt werden, die Springer müssen den Anlauf auf dem Rasen beginnen. Auf diesem nicht ganz ebenen Untergrund ist der Steigerungslauf weniger problematisch.

3. Frequenzanlauf. Diese Variante wird aus dem Stand oder dem Angehen begonnen. Geradliniger und kurvenförmiger Anlauf bis zur Absprungvorbereitung werden als Frequenzlauf gestaltet. Mit kurzen, dem Knieheben nahen Schritten sprintet der Athlet zur Anlage. Die Schrittlänge übersteigt die Körpergröße nur vereinzelt und um nicht mehr als 25 %. Diese Anlaufform erschwert die Rhythmusfindung schon im ersten Anlaufteil. Bei den wenigen Anwendern sind viele Abweichungen im Laufverhalten zu beobachten, z.B. der mehrfache Wechsel von kürzeren und längeren Schritten. Der Frequenzanlauf erfordert massive strukturelle Änderungen in der Vorbereitung des Absprungs, stellt also höchste koordinativ-technische Erfordernisse und ist daher kaum zu empfehlen. Vor allem kleine, sprungstarke und akrobatische Springer verwenden diese Technik.

Prominenter Vertreter: Grant.

Der Anlauf kann innerhalb der Extreme des vollständig gekrümmter Bogens (Halbkreis) und des vollständig geradlinigen Laufes erfolgen. Ein gekrümmter Anlaufbeginn, wie er in den Gründertagen des Flop' versucht wurde, hat sich nicht durchgesetzt. Ebenfalls als Ausnahme muss der vorübergehend geradlinige Anlauf von Meyfarth (1978, mit 1.95 m westdeutscher Rekord) bezeichnet werden.

Tab. 6.2: Vergleich der durchschnittlichen Schrittlängen und Winkelveränderungen von Schritt zu Schritt bei verschiedener Anlauftechniken im Hochsprung (n = 18, BL 2.28-2.42 m)

	Druck-Frequenz-	Steigerungs-	Frequenz-Anlauf
Merkmal	12	4	2
Abstand	0,94	1,15	1,00
Länge 1	2,19	2,12	2,00
Länge 2	2,13	2,08	1,70
Länge 3	2,15	2,18	1,60
Länge 4	2,57	2,30	1,85
Länge 5	2,68	2,23	1,82
Länge 6	2,74	2,30	2,08
Länge 7	2,73	2,28	2,10
Länge 8	2,79	2,25	1,80
Länge 9		2,20	1,90
Länge 10			1,55
Winkel 0/1	25°	29°	25°
Winkel 1/2	24°	24°	22°
Winkel 2/3	12°	8°	21°
Winkel 3/4	12°	13°	13°
Winkel 4/5	8°	12°	1°
Winkel 5/6	6°	7°	18°
Winkel 6/7	5°	1°	3°
Winkel 7/8	0°	0°	8°
Abstand	= Abstand Fußspitze-Latte im Absprung		
Winkel 0/1	= Winkel zwischen Lattenebene und Richtung des letzten Anlaufschrittes		
Winkel 1/2	= Winkel zwischen letztem und vorletztem Schritt		

So gliedert sich der Anlauf der übergroßen Mehrzahl der Springer in einen mehr oder weniger geradlinigen und einen kurvenförmigen Teil. Beim Druckfrequenz-Anlauf (s.o.) entspricht der geradlinige dem Druck- und der Kurvenanlauf dem Frequenzlauf. Der Beginn des Kurvenlaufes wird gewöhnlich durch eine Umlaufmarke gekennzeichnet.

Tab. 6.3: Exemplarischer Vergleich der Schrittlängen und Winkelveränderungen von Schritt zu Schritt bei verschiedener Anlauftechniken im Hochsprung

		Druck-Frequenz- Anlauf	Steigerungs- Anlauf	Frequenz- Anlauf
	Name	Matei	McCants	Grant
	BL	2,40 m	2,37 m	2,37 m
	Leist.	2,30 m	2,25 m	2,25 m
Abstand		0,85	1,25	0,95
Länge 1		2,25	2,05	1,90
Länge 2		2,35	1,95	1,95
Länge 3		2,50	2,15	1,60
Länge 4		2,70	2,20	1,95
Länge 5		2,80	2,15	1,80
Länge 6		3,05	2,30	2,15
Länge 7		2,80	2,20	2,30
Länge 8		2,70	2,15	1,80
Länge 9		1,50	2,10	1,95
Länge 10				1,45
Länge 11				1,55
Winkel 0/1		28°	26°	18°
Winkel 1/2		22°	32°	34°
Winkel 2/3		16°	6°	21°
Winkel 3/4		8°	10°	10°
Winkel 4/5		10°	16°	-4°
Winkel 5/6		5°	6°	10°
Winkel 6/7		1°	0°	4°
BL	= Bestleistung,			
Leist.	= Leistung im untersuchten Sprung			
Abstand	= Abstand Fußspitze-Latte im Absprung			
Winkel 0/1	= Winkel zwischen Lattenebene und Richtung des letzten Anlaufschrittes			
Winkel 1/2	= Winkel zwischen letztem und vorletztem Schritt			

Der geradlinige Teil wird von der Mehrheit der Athleten im rechten Winkel zur Latte ausgeführt, doch gibt es auch eine Reihe von Athleten, die in einem flacheren Winkel zur Latte den Anlauf beginnen, um den Kurveneingang einfacher zu gestalten (z.B. Henkel,

s.u.). Nur in seltenen Fällen wird auch der erste Anlaufteil bogenförmig ausgeführt, dann zumeist, um die Innenlage zu betonen.

Die Anlaufgestalt (Fußpunktlinie in Aufsicht) lässt sich dann als „J“, als Parabel, Zykloide¹³⁸ oder als Gerade mit Viertelkreis bzw. Kreisausschnitt bezeichnen. Die Bezeichnungen geben Hinweise auf die jeweilige Theorie betreffs der zu laufenden Kurve, wobei in West-Europa und den USA die Kreisausschnitt-Theorie dominiert (zuerst Heinz, 1971, S. 233f; zuletzt Dapena, 1996, S. 148).

Geometrisch nicht exakt kennzeichnet in der Sprungpraxis die Umlaufmarke den Radius der Kurve. Dieser Umlaufpunkt wird durch zwei Zahlen eines Koordinatensystems, das im absprungnahen Ständer seinen Nullpunkt hat, definiert. Für die seitliche Abweichung konnten wir bei Weltklassespringern Werte von 3 bis 6 m feststellen, die Längenkoordinate der Umlaufmarke, zugleich auch der Kurveneingang schwankte zwischen 8 und 15 m.

Indem die Senkrechten auf Kurveneingang und Richtung des letzten Schrittes errichtet werden, kann über ihren Schnittpunkt der Kurvenmittelpunkt und der Radius bestimmt werden¹³⁹. Heinz (1971, S. 234) ermittelte für Schüler einen Kurvenradius von 5 bis 7 m, für Jugendliche und Frauen 6 bis 10 und für Männer 8 bis 12 m. Tidow (1994, S. 16) nennt 8 bis 12 m, Bauersfeld & Schröter (1998, S. 238) sprechen von 5 bis 12 Meter¹⁴⁰. Bei den genannten Autoren wird der Kurvenradius von der Anlaufgeschwindigkeit abhängig gemacht, je höher die Geschwindigkeit, desto weiter der Bogen bzw. der Radius.

Die Ergebnisse eigener Untersuchungen, aber auch von Dapena u.a. (1997) lassen diese monokausale Auffassung fraglich erscheinen. So fanden wir bei Frauen (mit durchschnittlich geringerer Anlaufgeschwindigkeit) gleich große und sogar größere Radien als bei Männern. Dapena u.a. (1997, S. 108) führt diese Beobachtung auf die größeren Kraftvoraussetzungen der Männer zurück. Dadurch können sie bei gleichem Radius mehr Innenlage erzeugen bzw. halten und schneller anlaufen bzw. bei gleicher Geschwindigkeit wegen der größeren Innenlage einen engeren Radius durchlaufen als die Frauen. Dapena u.a. (1997, S. 108) nutzen als Kennzahl für diesen Zusammenhang den Quotienten aus dem Quadrat der Anlaufgeschwindigkeit und dem Kurvenradius (v^2/r). Die Durchschnittswerte für die Männer liegen mit 6,8 deutlich höher als die für die Frauen (4,8)¹⁴¹.

¹³⁸ Der Begriff „Zykloid“ bezeichnet eine sich gleichmäßig verjüngende Kurve. Er wird von einzelnen russischen Trainern favorisiert, lässt sich in der einschlägigen Literatur aber nicht belegen.

¹³⁹ Zur Bestimmung des Kurvenradius im Flopanlauf siehe Heinz (1971, S. 233f), Tidow (1994, S. 16) und Dapena u.a. (1997, S. 108).

¹⁴⁰ Beim Vergleich dieser Angaben zum Kurvenradius mit vorgenannten Koordinaten der Umlaufmarke ist zu beachten, dass sich der Kurvenmittelpunkt nicht auf Ständerhöhe sondern weiter innen befindet, so dass die Radius-Werte größer als die der Umlaufmarke ausfallen.

¹⁴¹ Die Art der Bestimmung ist aus Sicht der Fehlertheorie problematisch, da bei der Quadratbildung der Geschwindigkeit auch ihr Messfehler quadriert wird. Insofern sind die Zahlenangaben zurückhaltend zu interpretieren (Willimczik, 1989, S. 55).

Dieser Umstand ist grundsätzlich schon lange bekannt, so geben Bauersfeld & Schröter (1993, S. 238) die Innenneigung beim Flopanlauf mit bis zu 30° bei Erwachsenen und 20° bei Kindern an. Bei eigenen Untersuchungen ermittelten wir maximale Innenneigungswinkel von 16 bis 33° (jeweils von der Vertikalen aus berechnet). Diese Angaben gelten grundsätzlich für den dritt- und den vorletzten Kontakt, da sich die Springer zu Absprungbeginn schon wieder aus der Innenlage aufgerichtet haben und nur noch Innenneigungswinkel bis maximal 14° erreichen (s.u. Tab. 6.15).

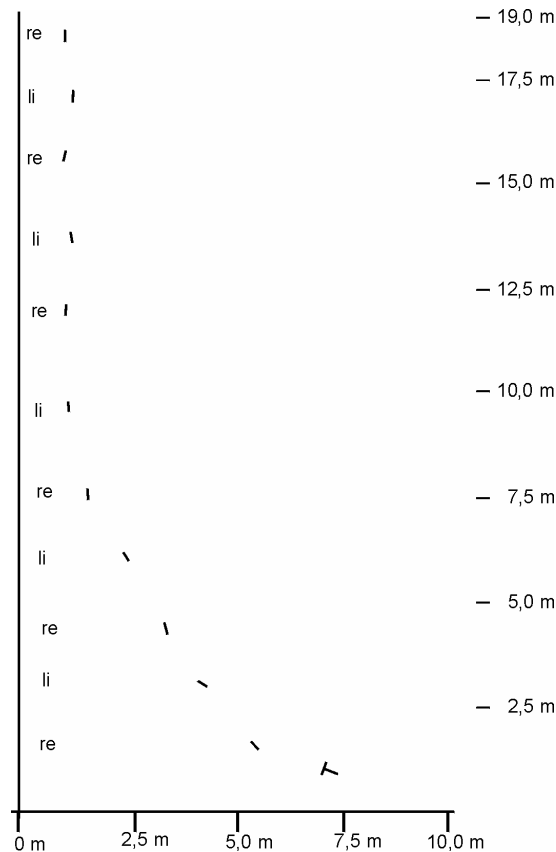


Abb. 6.2: Schrittgestaltung im Anlauf von D. Grant (2,25 m, 5.02.1991, Wuppertal)

Die relativ größere Innenlage der Erwachsenen bzw. der Männer erzeugt durch das Aufrichten im Absprung einen größeren Drehimpuls um die Transversalachse als in den Vergleichsgruppen. Aufgrund dieses Zusammenhangs muss die bisherige Vorstellung vom Kurvenlauf erweitert werden: Springer mit geringeren Kraftvoraussetzungen (z.B. Frauen, Jugendliche, Schüler) müssen bei gleicher Anlaufgeschwindigkeit einen weiteren Bogen (mit größerem Radius) als Springer mit größeren Kraftvoraussetzungen (z.B. Männer) verwenden. Sie können nur dann einen engeren Radius technisch korrekt und effektiv durchlaufen, wenn sie entsprechend, d.h. überproportional langsamer anlaufen.

Damit ist jedoch noch nicht geklärt, ob die Kurve in Form eines gleichmäßigen Kreisabschnittes oder einer sich verjüngenden Parabel gelaufen wird. Unsere eigenen Untersuchungen bestätigen weder die eine noch die andere Theorie: Die Kurvengestaltung, d.h. die Winkelveränderung von Schritt zu Schritt im Kurvenlauf schwankt zwischen einem völlig gleichmäßigen Richtungswechsel und einer Kombination von abrupten Richtungsänderungen und geradlinigen Abschnitten. Bei einigen Springern fanden wir in der Fußpunktkurve starke Richtungsänderungen jeweils auf dem kurvenäußeren Bein (vorletzter und viertletzter Kontakt), wogegen die Winkeländerungen auf dem inneren Bein gering ausfielen; bei anderen Springern war ein beinahe umgekehrter Rhythmus zu beobachten. Noch andere reihen in der Fußpunktkurve vermeintlich gänzlich ohne System starke und geringe Richtungsänderungen aneinander. Sozusagen Extremwerte sind kurzfristige Richtungsänderungen entgegen der Kurvenkrümmung (so Grant, siehe Tab. 6.3 und Abb. 6.2).

Wegen dieser Uneinheitlichkeit der Winkelveränderungen von Schritt zu Schritt erscheint eine Modellierung der Fußpunktkurve in Kreisabschnitt-, Zykloid- oder Parabel-Form nicht zwingend. Der Zweck des Kurvenlaufes ist die Innenneigung des Körpers weg von der Latte, um die Sprungauslage zu vergrößern und dadurch mehr Aufrichtimpuls für den vertikalen Beschleunigungsstoß und den lateralen Drehimpuls zu erzeugen. Dies kann mittels einer gleichmäßigen oder einer sich verjüngenden Kurve erfolgen.

Die Ausgestaltung des Kurvenlaufes (eng oder weit), insbesondere im letzten Teil, gibt den Winkel zwischen der Richtung des letzten Schrittes und der Lattenebene vor. Je größer der Winkel, desto mehr muss sich der Springer um die Körperquerachse drehen, um die waagerechte Beckenposition während der Lattenpassage zu erreichen. Andererseits kann der Springer mit einem größeren Annäherungswinkel durch den diagonalen Schwungelementeeinsatz einen stärkeren Drehimpuls erzeugen und damit die größere Winkelstrecke bewältigen. Entsprechend finden sich schon in der Literatur erhebliche Spielräume für den Annäherungswinkel an die Latte (nämlich 20° bis 30°). Bei eigenen Untersuchungen der Fußpunktkurve ermittelten wir noch größere Winkel, der Extremwert liegt über 40° .

Die Auswertung der 3-D-Daten ergibt für den Winkel zwischen der Flugrichtung des letzten Schrittes und der Lattenebene vergleichbare mittlere Werte, weist jedoch ungewöhnlich hohe Streumaße aus (Tab. 6.4). In den Teilgruppen sind die Mittelwerte nur unwesentlich verändert, auch die Streuparameter bleiben auf den Niveau der Gesamtgruppe bzw. steigen noch, demnach ist dieser Parameter empirisch-statistisch nicht leistungsrelevant.

Tab. 6.4: Winkel zwischen Richtung des letzten Anlaufschrittes und der Nulllinie in °

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	28,9	6,2	21,4	20	43	23
M1	36	28,8	6,0	20,7	20	43	23
M2	36	28,9	6,4	22,1	20	43	23
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	30,8	6,5	21,1	18	47	29
F1	36	30,8	7,0	22,7	18	44	26
F2	36	30,8	6,1	19,8	20	47	27

c. *Schrittgestaltung und Schrittlängen*

In der Fachliteratur wird eine gleichmäßige Schrittlängengestaltung insbesondere im Kurvenlauf empfohlen (so Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 238). Betrachtet man die Mittelwerte der Schrittlängen von Weltklassehochspringern in Tabelle 6.5, scheint diese Vorstellung bestätigt, abgesehen vom letzten Schritt werden die Schritte mit zunehmendem Abstand vom Absprung größer.

Tab. 6.5: Schrittlängen im Anlauf von Tophochspringern (in cm, n = 18, BL = 2,28 bis 2,42 m)

Schritt	\bar{x}	s	V	min	max	R
Letzter	215	26	12,1	175	255	80
Vorletzter	198	28	14,1	180	250	70
Drittletzter	207	25	12,1	160	255	95
Viertletzter	234	28	12,0	175	280	105
Fünftletzter	239	33	13,8	180	295	115
Sechstletzter	251	29	11,6	200	205	105
Siebtletzter	244	31	12,7	185	290	105

Untersucht man jedoch die Streuparameter (Standardabweichungen, Variationskoeffizient, Streubreite), wird dieser Eindruck deutlich abgeschwächt: Vergleicht man Schritte im mittleren Anlaufteil, also vor Beginn des Kurvenlaufes, kommt man zu Standardabweichungen von 25 bis 33 cm bzw. zu Variationskoeffizienten von 11 bis 14 %. Bei 100-bis 400-m-Läufern der Weltklasse ermittelte Letzelter (1979, S. 82) bei vergleichbaren mittleren Schrittlängen Standardabweichungen von nur 7 bis 12 cm (Frauen 7-9 cm), das entspricht Variationskoeffizienten von 3 bis 6 %.

Bei den Hochsprunganläufen weisen auch die Streubreiten über 1 m und die Streuzahlen von 35 bis 48 % ungewöhnlich große Schwankungen in den Schrittlängen auf. Dies erklärt sich zum Teil über die unterschiedliche Körpergröße bzw. Beinlänge. Bestimmt man die

Schrittlängen prozentual zur Körpergröße, sind die Differenzen aber immer noch beträchtlich (relative Schrittlängen von unter 90 % bis über 150 % der Körpergröße). Ein Teil dieser Differenzen kann mit der unterschiedlichen Anlaufgestaltung erklärt werden: Bei Springern mit ausgeprägtem Drucklauf werden im mittleren Anlaufteil die großen Werte (Schrittlängen) ermittelt, bei frequenzorientierten Anläufen die kleinen. Doch klärt der Hinweis zu den verschiedenen Formen der Anlaufgestaltung nicht alle Unregelmäßigkeiten. So können wir weiter unten (Kap. 7) zeigen, dass auch bei denselben Springern bei aufeinanderfolgenden Sprüngen erhebliche Längendifferenzen von Schritt zu Schritt auftauchen.

Die Vorstellung, dass für gelungene Sprünge eine gleichmäßige Anlaufgestaltung Voraussetzung sei, kann daher nicht gehalten werden. Vielmehr muss von erheblichen zufälligen bzw. willkürlichen Abweichungen einzelner Schritte zugunsten des Gesamtablaufes ausgegangen werden. Dies korrespondiert mit der Vorstellung von Göhner (1996, S. 67), der keine ganz präzise Abgrenzung des Bewegungsspielraums im Hochsprunganlauf vornehmen und stattdessen von individuellen Optimaltrends ausgehen möchte.

6.2 Varianten der Absprungvorbereitung

Die Absprungvorbereitung im engeren Sinn beginnt mit dem Aufrichten des Oberkörpers im dritt- oder vorletzten Kontakt und endet mit dem Aufsetzen des Sprungfußes (Dickwach, 1991, S. 34). Im weiteren Sinn kann auch der Kurvenlauf (Innenlage, Absenkung des KSP, Fernhalten des Rumpfes von der Latte, Ausholbewegung) zur Absprungvorbereitung gezählt werden, dies ist jedoch wegen des primär zyklischen Charakters des Kurvenlaufs nicht üblich (Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 237). Hauptmerkmale der Absprungvorbereitung sind die Verlagerung der Rumpf-Sprungbein-Achse aus der leichten Vorlage in die Sprungauslage, die Rückführung der Schwungelemente hinter den Körper und die Absenkung des KSP. Nachfolgend untersuchen wir folgende Parameter der Absprungvorbereitung:

- a. *Geschwindigkeit, Schrittlänge und -frequenz*
- b. *KSP-Absenkung*
- c. *Fußaufsatz im vorletzten Stütz*
- d. *Armführung*

a. *Geschwindigkeit, Schrittlängen und -frequenz*

Die Anlaufgeschwindigkeit wird von vielen Autoren bestimmt, dabei geben sie für die jeweilige Höchstgeschwindigkeit Spannweiten von 5.7-7.8 m/s bei den Frauen bzw. 6.9-8.7 m/s bei den Männern an (siehe Tabelle 6.6).

Tab. 6.6: Messwerte für die Anlauf-Höchstgeschwindigkeiten von Hochspringern¹⁴²

Autor	Frauen	Männer
Tancic (1978, 753)		7,0 - 8,2 m/s
Martin u.a. (1982, 107)		7,0 - 8,2 m/s
Ritzdorf/Conrad (1987, 45)	5,7 - 7,6 m/s	6,1 - 8,3 m/s
Dapena (1992, 6)	5,9 - 7,5 m/s	6,9 - 8,5 m/s
Bothmischel/Prause (1989, 4)	7,8 m/s	8,7 m/s
Eigene Untersuchungen	5,9 - 7,6 m/s	6,9 - 8,6 m/s

Der Zeitpunkt bzw. Ort, zu dem die Höchstgeschwindigkeit erreicht wird, liegt nach Auskunft der Autoren bei der Mehrzahl der Springer im vorletzten Schritt. Nur eine Minderheit von Autoren geht von einer Geschwindigkeitssteigerung bis in den letzten Schritt aus. So fand Kerksenbrock (1973, S. 1100) bei der Analyse des Sprungs von Fosbury, dass dieser auf den letzten drei Schritten die Geschwindigkeit erhöht (6.3, 7.1 und 7.9 m/s) und die Schrittlänge vergrößert habe. Viitasalo u.a. (1982, S. 148) beobachteten auf den letzten drei Schritten ebenfalls eine Geschwindigkeits- und Frequenzzunahme, stellten aber eine Schrittlängenreduktion von 2.03 auf 1.88 m fest. Gleiche Ergebnisse, jedoch ohne Quellenangabe oder Untersuchungshinweis referieren auch Martin u.a. (1982, S. 105).

Neuere Messungen äußern einerseits Kritik an Geschwindigkeitsbestimmungen aus den siebziger Jahren¹⁴³ und kommen zugleich zu anderen bzw. differenzierteren Ergebnissen. So fanden Ritzdorf & Conrad (1987, S. 45) von den vorher zitierten Ergebnissen abweichend bei einer Reihe von Springern (WM-Finalisten 1987) eine Geschwindigkeitszunahme bis zum vorletzten Schritt, im letzten Schritt jedoch eine Reduktion (z.B. Mögenburg: 8.0 – 8.3 – 7.9 m/s). Ähnlich differenzieren auch Bothmischel & Prause (1989, S. 4f). Noch krasser formuliert Tancic (1978, S. 789), der im letzten Schritt eine Geschwindigkeitsabnahme von 0.3-0.6 m/s für alle Springer konstatierte.

In Tabelle 6.7 sind die Anlaufhöchstgeschwindigkeiten für Männer und Frauen sowie für die nach Leistung differenzierten Teilgruppen abgebildet. Die Tabelle weist aus, dass die Männer durchschnittlich 0,76 m/s schneller als die Frauen anlaufen. Vergleicht man diese Zahlen mit denen von Tabelle 6.6 und beachtet dabei, dass in unseren Untersuchungen nur die jeweils bessere Leistungsgruppe dem Anspruch Weltklasse genügt, kann man eine Übereinstimmung mit den anderen Untersuchungen konstatieren.

¹⁴² Der bisher letzte Vertreter der Flop-2-Technik, der Tscheche Zvara, erreichte nur eine Anlaufhöchstgeschwindigkeit von 6,1 m/s (Ritzdorf & Conrad, 1987, S. 37), dieser Wert liegt drei Standardabweichungen unter dem Mittelwert der besseren Männer in unserer eigenen Untersuchung. Ansonsten liegen die Messwerte für Weltklasseathleten bzw. -leistungen bei 6,9 m/s und höher (vgl. Dapena u.a., 1997).

¹⁴³ So weist Ritzdorf (1987, S. 220) darauf hin, dass die Schätzungen der Anlaufgeschwindigkeit (über 8 m/s) aufgrund von 2-D-Auswertungen bei den Weltrekordsprüngen von Stones 1973 erheblich zu hoch ausgefallen seien.

Tab. 6.7: Statistik der Anlaufhöchstgeschwindigkeit in m/s

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	7,37	0,54	7,32	5,92	8,56	2,64
M1	36	7,66	0,48	6,26	6,93	8,56	1,63
M2	36	7,08	0,42	5,93	5,92	8,02	2,10
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	6,61	0,43	6,51	5,61	7,67	2,06
F1	36	6,87	0,31	4,51	6,33	7,67	1,34
F2	36	6,35	0,36	5,67	5,61	7,28	1,67

Teilt man die Population in leistungshomogenere Gruppen, stellt man fest, dass die Mittelwerte der leistungstärkeren Gruppen bezüglich der Anlaufgeschwindigkeit um 0,58 bzw. 0,52 m/s größer sind als die der leistungsschwachen Gruppen. Eine 2x2-faktorielle Varianzanalyse der Geschwindigkeit im letzten Schritt nach Geschlecht und Leistungsvermögen bestätigt diese Differenzen, nicht nur Männer und Frauen unterscheiden sich bezüglich der Anlaufgeschwindigkeit hochsignifikant (F-Wert 90,5; $p = 0,000$), sondern auch die jeweils besseren bzw. schlechteren Teilgruppen (F-Wert 57,9; $p = 0,000$)¹⁴⁴. Tabelle 6.7 zeigt ferner, dass die Variationsbreite betreffs der Anlaufgeschwindigkeit enorm hoch ist, so dass der Eindruck einer gewissen Beliebigkeit entsteht. Betrachtet man die relativen Abweichungen und vergleicht diese mit denen der Schrittlängen, wird dieser Eindruck abgeschwächt, Variationskoeffizient und Streuzahl sind für die Geschwindigkeit nur halb so groß wie für die Schrittlängen in den letzten beiden Schritten. In den leistungsabhängigen Teilgruppen verringern sich die Streumaße, doch fällt die Reduktion angesichts der hochsignifikanten Gruppenunterschiede geringer als erwartet aus.

Tab. 6.8: Änderung der Horizontalgeschwindigkeit vom vorletzten zum letzten Schritt (in m/s)

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	-0,34	0,28	82,4	-0,95	0,80	1,75
M1	36	-0,34	0,32	106,2	-0,85	0,80	1,65
M2	36	-0,34	0,23	67,6	-0,95	0,03	0,98
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	-0,18	0,19	105,5	-0,70	0,22	0,92
F1	36	-0,25	0,19	76,0	-0,70	0,16	0,86
F2	36	-0,11	0,17	154,4	-0,61	0,22	0,83

¹⁴⁴ Für diese und die weiteren mehrfaktoriellen Varianzanalysen wurde jeweils der Kolmogorov-Smirnov-Test auf zufällige Abweichungen von der Normalverteilung und der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen durchgeführt und die nicht überzufällige Abweichung der Stichproben bzw. Gruppen und Teilgruppen festgestellt (vgl. Brosius, 1998, S. 381, 385).

In unseren Untersuchungen ermittelten wir bei über 200 Messungen in 95 % der Fälle im letzten Schritt eine Geschwindigkeitsabnahme und in den verbleibenden wenigen Fällen eine meist nur geringfügige Zunahme (siehe Tab. 6.8¹⁴⁵), wobei vorzugsweise die langsameren Springer eine Geschwindigkeitssteigerung im letzten Schritt vornahmen (Korrelationen von Geschwindigkeit im vorletzten Schritt und der Geschwindigkeitsreduktion vom vorletzten zum letzten Schritt $r_{M\ddot{a}} = 0,44^{**}$ sowie $r_F = 0,46^{***}$). Bei einer 2x2x2faktoriellen VA mit Messwiederholung auf den Faktor Geschwindigkeit der letzten beiden Schritte ermittelten wir eine signifikante Interaktion zwischen dem Geschlecht und der Geschwindigkeitsänderung (F-Wert 25,3; P = 0,000). Der beinahe doppelt so hohe Geschwindigkeitsverlust bei den Männern wird einerseits durch den höheren Absolutbetrag relativiert, weist andererseits aber auch auf die ausgeprägtere Ausholbewegung hin.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt auch Dapena (1997, S. 6), der bei der Mehrheit der untersuchten Springer eine Geschwindigkeitsabnahme in letzten Schritt bis zu 0.6 m/s feststellt. Die Geschwindigkeitsreduktion lässt sich mit den erheblichen strukturellen Veränderungen in der Absprungvorbereitung begründen, sie stellt, wenn auch keine Notwendigkeit, zumindest den Bewegungsstandard dar.

Tabelle 6.9 weist die Schrittlängen des letzten Schrittes aus. Aufgrund der unterschiedlichen Größe und Anlaufgeschwindigkeit ist der Mittelwert für den letzten Schritt für die Männer erwartungsgemäß größer als der der Frauen, das gleiche gilt auch für den vorletzten Schritt. Weiterhin sind die Schrittlängen bei den jeweils besseren Teilgruppen 8,5 (Mä.) bzw. 3,3 cm (Fr.) größer als bei den schlechteren. Die mehrfaktorielle Varianzanalyse erweist die Gruppenunterschiede als hochsignifikant aus (Geschlecht: F-Wert 70,5; $p = 0,000$, Leistung: F-Wert = 7,2; $p = 0,008$).

Tab. 6.9: Länge des letzten Schrittes in cm

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	195,54	14,15	7,23	151	219	68
M1	36	199,81	12,41	6,21	171	219	48
M2	36	191,28	14,66	7,66	151	215	64
Frauen	N	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	177,08	12,80	7,23	153	209	56
F1	36	178,72	12,06	7,05	153	206	53
F2	36	175,44	13,46	7,67	156	209	53

Tabelle 6.10 weist die vergleichbaren Kennwerte des vorletzten Schrittes aus. Die Absolutwerte, aber auch die Streuparameter fallen größer aus als die des letzten Schrittes. Auch

¹⁴⁵ Da der durchschnittliche Messfehler für Anlaufgeschwindigkeiten ein ähnliches Ausmaß aufweist (0,1-0,2 m/s), können diese Fälle nicht als Beleg für eine reale Geschwindigkeitszunahme verwandt werden.

hier weisen die jeweils leistungsstärkeren Gruppen deutlich größere Schrittlängen als die leistungsschwächeren auf, dabei ist der Unterschied bei Frauen und Männern mit jeweils ca. 12 cm etwa gleich groß. Die mehrfaktorielle Varianzanalyse erweist die Gruppenunterschiede als hochsignifikant aus ($F_{\text{Geschl}} = 16,48$; $p = 0,000$, $F_{\text{Leist}} = 20,43$; $p = 0,000$), die Interaktion jedoch als nicht signifikant.

Tab. 6.10: Länge des vorletzten Schrittes in cm

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	207,13	16,69	8,05	167	242	75
M1	36	213,36	15,34	7,19	185	242	57
M2	36	200,89	15,80	7,87	167	226	59
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	196,11	17,90	9,13	150	233	83
F1	36	202,14	15,43	6,97	172	233	61
F2	36	190,08	18,35	9,65	150	231	81

Die gewogenen Streuparameter unterscheiden sich für den vorletzten und den letzten Schritt in allen Gesamt- und Teilgruppen nur unwesentlich. Da die Schrittlängen einen Hinweis auf die KSP-Absenkung im entsprechenden Schritt geben, verglichen wir die Länge des vorletzten mit der des letzten Schrittes (Abb. 6.3 und Tab. 6.11)¹⁴⁶.

Dabei stellt sich heraus, dass die Längendifferenz bei den Frauen schon absolut deutlich größer als die der Männer ist, relativiert man die Längen auf Körpergröße und Anlaufgeschwindigkeit, vergrößert sich die Diskrepanz weiter. Die Varianzanalyse bestätigt die Differenz zwischen den Geschlechtern, aber auch die zwischen den Leistungsklassen als signifikant ($F_G = 5,63$; $p = 0,019$; $F_L = 4,11$; $p = 0,044$), die Interaktionen (F-Wert 0,59; $p = 0,442$) dagegen nicht. D.h., die Frauen und die Leistungsstärkeren senken den KSP über einen deutlich längeren vorletzten Schritt stärker ab.

¹⁴⁶ Die Streuparameter für die Differenzwerte sind extrem groß, da die Mittelwerte klein ausfallen. Entsprechend können diese Werte nicht mit denen der „normalen“ Parameter verglichen werden, allenfalls mit anderen Differenzwerten.

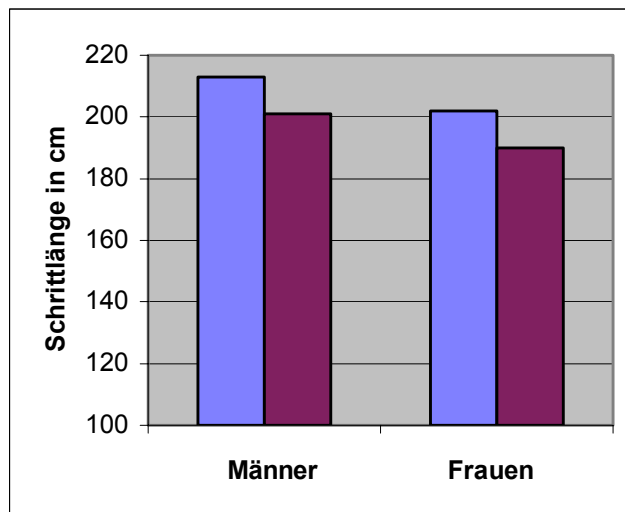


Abb. 6.3: Vergleich der Schrittlengthen in cm vom vorletzten (hell) und letzten Schritt (dunkel)

Tabelle 6.11 weist aus, dass die Schrittlengthendifferenz bei den Frauen insbesondere durch die leistungsstärkere Gruppe hervorgerufen wird, d.h., dass bei ihnen der Rhythmus langkurz noch ausgeprägter vorliegt. Elf Springerinnen mit Differenzen von 40 cm und mehr (sechs über 50 cm) schlagen sich hier nieder.

Tab. 6.11: Differenz $l_2 - l_1$ (in cm)

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	11,58	19,79	170,09	-22	57	79
M1	36	13,56	22,20	163,72	-22	53	75
M2	36	9,61	17,14	178,36	-20	57	77
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	19,03	18,17	95,48	-11	71	82
F1	36	23,42	18,32	78,22	-10	71	81
F2	36	14,64	17,17	117,28	-11	50	61

Die mit dem 3-D-Verfahren ermittelten Schrittlengthen fallen kleiner aus als die der Anlaufuntersuchungen (vgl. Tab. 6.2, 6.3, 6.5). Betrachtet man nur die Statistik der leistungsstärkeren Männergruppe (die dem Leistungsniveau der Anlaufuntersuchung entspricht), werden diese Diskrepanzen erheblich geringer. Auch die Streuparameter in der 3-D-Analyse fallen deutlich kleiner als in der Anlaufuntersuchung aus, sind aber immer noch größer als die der Geschwindigkeit in den letzten Schritten (s.o. Tab. 6.7). So liegt der Variationskoeffizient der Schrittlengthen zwischen 6 und 10 % und die Streuzahlen zwischen 23 und 43 % (die erheblich höheren Werte für die Schrittlengthenunterschiede müssen als Differenzwerte hier ausgeklammert werden).

Die Schrittfrequenz der letzten Schritte im Hochsprung weist eine Besonderheit auf, da durch die Überführung des Oberkörpers von einer Vor- in eine Rücklage die Beine bzw. die Füße den KSP überholen und die Schrittlänge die KSP-Bewegung übertrifft bzw. die Frequenz im Vergleich zu gleichförmigen Bewegungen unterschätzt wird. Entsprechend gering fallen die Schrittfrequenzen im Hochsprung im Vergleich zu anderen Disziplinen aus (Tab. 6.12). Die Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen erreichen gerade das Signifikanzniveau (F-Wert 10,2; $p = 0,002$), die zwischen den Geschlechtern und die Interaktion sind n. s.

Tab. 6.12: Schrittfrequenz des letzten Schritts in s^{-1}

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	3,60	0,27	7,5	2,86	4,45	1,59
M1	36	3,66	0,26	6,8	3,18	4,45	1,27
M2	36	3,53	0,27	7,6	2,86	4,45	1,59
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	3,64	0,25	6,9	2,99	4,09	1,10
F1	36	3,71	0,23	6,2	3,23	4,09	0,85
F2	36	3,57	0,26	7,3	2,99	4,04	1,06

Alle Untersuchungen, die sich mit der Schrittfrequenz befassen, weisen eine Erhöhung der Schrittfrequenz auf den letzten Schritten aus (Martin u.a., 1982, S. 105; Viitasalo u.a. 1982, S. 148). Diese Ergebnisse werden von Ritzdorf & Conrad (1987, S. 21) bestätigt, der bei den WM-Finalisten in 13 von 14 Fällen eine Frequenzerhöhung messen konnte und Frequenzerhöhungen von 3.5 auf 4.5 s^{-1} feststellte. Bei unseren 3-D-Untersuchungen war dagegen die Frequenzentwicklung vom vorletzten zum letzten Schritt gering bzw. gar nicht festzustellen (vgl. Tab. 6.12 und 6.13). Auch innerhalb der Teilgruppen finden sich uneinheitliche Tendenzen, so dass die 2x2x2faktoriellen VA mit Messwiederholung auf den Faktor Frequenz der letzten beiden Schritte nur die Interaktion von Frequenz und Geschlecht als signifikant ausweist (F-Wert 14,1; $p = 0,000$).

Tab. 6.13: Schrittfrequenz des vorletzten Schritts in s^{-1}

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	3,57	0,31	8,7	2,99	4,14	1,15
M1	36	3,60	0,31	8,6	2,99	4,02	1,03
M2	36	3,54	0,31	8,8	3,08	4,14	1,06
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	3,39	0,28	8,3	2,84	4,02	1,18
F1	36	3,41	0,25	7,3	2,90	3,84	0,95
F2	36	3,38	0,30	8,9	2,84	4,02	1,18

b. KSP-Absenkung

Eine der Hauptaufgaben der Absprungvorbereitung ist die KSP-Absenkung, durch die im Absprung der Beschleunigungsweg vergrößert werden soll. Tancic (1978, S. 826) verwendet als Kriterium die Beugung des Schwungbeinknies im vorletzten Stütz, die sogenannte Schwungbeinhocke. Er gibt Werte von 125 bis 138° im Moment der stärksten Beugung und 160 bis 170°, also eine nur unvollständige Streckung, im Moment des Lösens vom Boden an. Bei unseren eigenen Messungen fanden wir noch deutlich geringere Kniewinkel in der Amortisationsphase des vorletzten Stützes (Minimum 101°, siehe Tab. 6.14 und Abb. 6.4).

Tab. 6.14: Maximaler Kniewinkel des Schwungbeins im vorletzten Stütz in °

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	58	127,51	11,43	8,96	101	150	49
M1	25	128,86	12,60	9,77	101	150	49
M2	33	126,17	10,12	8,02	101	145	44
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	48	136,90	10,23	8,98	109	159	50
F1	22	138,14	11,82	8,56	109	159	50
F2	26	135,66	8,34	6,15	115	151	36

Während erwartungsgemäß die Männer eine um etwa 10° stärkere Kniebeugung als die Frauen aufweisen, kommen die jeweils besseren Leistungsgruppen mit einer um 2-3° geringeren Beugung des Schwungbeinknies aus. Dieses Ergebnis steht in einem gewissen Widerspruch zur Auffassung Dapena's (1997), der als wichtigsten Einflussfaktor der Hochsprungleistung neben der Anlaufgeschwindigkeit eben die KSP-Absenkung ausweist. Da nicht nur die Schwungbeinhocke für die KSP-Absenkung verantwortlich ist, sondern auch die Länge des letzten Schrittes und die Innenlage, ist unser Ergebnis zwar unerwartet, gefährdet aber noch nicht den theoretischen Bezug zwischen KSP-Absenkung und Leistung.



Abb. 6.4: Geringe und starke Stützbeinkniebeugung im vorletzten Schritt
(Buss, bei 2,30 m 115° , Holinski bei 1,92 m 160°)

Bauersfeld/Schröter (1998, 238) erklären, dass im Flop die Innenneigung die KSP-Absenkung sichere, daher keine Veränderung der Schrittstruktur erforderlich sei. Damit ist die einfachste Form der Schrittgestaltung benannt und somit die Schritttechnik der Wahl für den Anfänger bzw. denjenigen, der mit einer geringen KSP-Absenkung auskommt. Heinz (1971, S. 234) dagegen möchte die KSP-Absenkung durch einen langen letzten Schritt sicherstellen. Ritzdorf & Conrad (1987, S. 22) fanden bei Weltklasseathleten (WM-Finalisten 1987), dass die Mehrheit (10) den Rhythmus lang-kurz, eine Minderheit (4) umgekehrt den Rhythmus kurz-lang bevorzugte. Wir konnten zuvor zeigen (Tab. 6.12), dass bei unseren Untersuchungen der Lang-Kurz-Rhythmus dominierte, wobei er bei den Frauen noch einmal ausgeprägter auftrat. Damit betrachten wir die Annahme, dass Hochspringerinnen die KSP-Absenkung primär über einen langen vorletzten Schritt absichern, vorläufig als bestätigt.

Die Frage ist weitergehend, ob die Innenlage bei den Männern wirklich größer ist und den weniger ausgeprägten Lang-Kurz-Rhythmus kompensiert. Da das Innenlagemaximum schon im vorletzten Stütz¹⁴⁷ erreicht ist (vgl. Tidow, 1994, S. 16), weisen wir diesen in der Tabelle 6.15 aus.

¹⁴⁷ Aus messtechnischen Gründen ist bei unseren 3-D-Analysen die Innenlage zu Absprungbeginn mit 2-3° extrem niedrig. Die in der Literatur angegebenen Innenlagen bis 30° für leistungsstarke Springer (so Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 238) stimmen eher mit unseren Werten für die Innenneigung im vorletzten Schritt überein (s.o. Tab. 5.14), so dass wir primär letzteren Parameter zu Auswertungszwecken heranziehen.

Tab. 6.15: Innenlagewinkel im vorletzten Stütz in°

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	25,06	4,72	18,44	15	33	18
M1	36	26,25	4,14	15,19	17	33	16
M2	36	23,86	5,01	21,00	15	33	18
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	22,87	4,40	19,24	11	32	21
F1	36	23,61	4,30	18,12	15	32	17
F2	36	22,14	4,43	20,01	11	31	20

Die Innenlage im vorletzten Stütz beträgt danach bei den Männern im Mittel ca. 25°, bei den Frauen 23°. Dabei gibt es erhebliche Streubreiten, die auch in den Teilgruppen nicht abnehmen. Die mehrfaktorielle Varianzanalyse weist für die Innenlage im vorletzten Schritt signifikante Unterschiede sowohl für das Geschlecht (F-Wert 8,51; $p = 0,004$) als auch für die Leistung aus (F-Wert 6,67; $p = 0,011$), wobei die Leistungsunterschiede auch bei Prüfung nach Geschlechtern getrennt noch das Signifikanzniveau erreichen. Damit wird die erwähnte Kompensation des Schrittrhythmus' lang-kurz bei den Frauen durch die stärkere Innenlage bei den Männern belegt.

c. *Fußaufsatz im vorletzten Stütz*

Die Richtungsänderungen in den letzten Schritten wurden schon zuvor thematisiert (Kap. 4.2.1) Bedeutsam für die Absprungvorbereitung ist die Stellung des Stütz-/Schwungbeins während des vorletzten Bodenkontaktes. Erhebliche seitliche Abweichungen nach außen werden als „Side-Step“ bezeichnet, der als Fehler eingestuft und entsprechend korrigiert werden sollte (Lohmann & Klimmer, 1985, S. 1622). Eigene Analysen zeigen jedoch, dass eine Reihe von Weltklassenspringern das Schwungbein im vorletzten Stütz mehr oder weniger deutlich nach außen versetzt positionieren (z.B. H. Henkel, siehe unten). Eine erste Begründung dafür ist die Sicherung der Innenlage und damit der Sprungauslage im Übergang zum Absprung (siehe Abb. 6.5). Insofern muss die Einstufung des Side-Steps als Fehler neu überdacht und gegebenenfalls korrigiert oder separat untersucht werden.



Abb. 6.5: Leichter Side-Step zur Stabilisierung der Innenlage im vorletzten Stütz (Kulma, Eberstadt, 2000, 1,82 m)

Mit dem Aufrichten des Oberkörpers im vorletzten Schritt einher geht ein veränderter Fußaufsatz, weg vom Fußballenaufsatz hin zum größerflächigen Fußsohlenkontakt. Dabei gibt es fließende Übergänge vom Ballen- über den Mittelfuß- zum Ganzsohlen- oder Fersenaufsatz. Je ausgeprägter die Absprungvorbereitung (Unterlaufen/Aufrichten, KSP-Ab-senkung), desto eher erfolgt der Fußaufsatz über den ganzen oder den hinteren Fußteil (s.u. Abb. 6.9, rechtes Bild). Tidow (1994, S. 17) spricht auch beim schnelligkeitsorientierten Flop vom ganzsohligen vorletzten Stütz. In Einzelfällen hat er sogar bei besonders schnellen Springern eine „Fersenführung“ beobachtet. Beachtet man, dass der Fersenaufsatz einen horizontalen Bremsstoß entgegen der Anlaufaufrichtung und damit eine Geschwindigkeitsreduktion zur Folge hat, deckt sich die Auffassung Tidows mit unseren weiter oben vorgetragenen Ergebnissen, wonach die übergroße Mehrzahl der Springer im vorletzten Schritt ihr Geschwindigkeitsmaximum erreicht und im letzten Schritt einen Geschwindigkeitsverlust erleidet.

d. *Armführung*

Die Rückführung der Schwungelemente (insbesondere der Arme) wird durch die nachfolgende Armschwungvariante im Absprung bestimmt, hier lassen sich verschiedene Formen unterscheiden.

1. **Der Gegenarmschwung:** Die normale Armführung wird bis in den Absprung hinein fortgesetzt. D.h. im Absprung wird der lattennahe Arm nach hinten-oben und der

lattenferne Arm nach vorn-oben geführt. Da keine Veränderung der Armarbeit stattfindet, erlaubt diese Variante einen sehr schnellen, kurzen Absprung. Prominenter Vertreter: Fosbury (Abb. 6.6).



Abb. 6.6: Gegenarmschwungeinsatz (Fosbury, 1968, 2,24 m; aus: Nett, 1968)



Abb. 6.7: Die Führarmtechnik (Simeoni, 1978, 2,01 m)

2. **Die Führarmtechnik:** Auch hier findet bis zum letzten Schritt keine Abweichung vom normalen Armeinsatz statt. Nur wird im Absprung der lattennahe Arm nicht nach hinten geschwungen, sondern in der vorderen Position fixiert und zur Latte hochgeführt. Der Arm dient im Sprung zur Orientierung und Führung der Flugbewegung. Gleichzeitig wird der andere, lattenferne Arm mehr oder weniger intensiv nach

vorn oben geschwungen und erzeugt einen Schwungimpuls. Prominente Vertreter: Simeoni (Abb. 6.7), Mögenburg.

3. **Der kurze Doppelarmschwung:** Bis einschließlich des vorletzten Schrittes werden die Arme normal, also gegengleich geschwungen. Im letzten Schritt wird der lattennahe Arm nach hinten geführt, der lattennahe Arm jedoch nicht nach vorne geschwungen, sondern in der Position hinter dem Körper fixiert. Dadurch sind zum Fußaufsatz beide Arme hinter dem Körper und können während des Absprungvorgangs nach vorn oben geschwungen werden. In der Steigephase werden entweder beide Arme an den Körper angelegt, so dass der Springer die Latte mit dem Kopf ansteuert oder – in den selteneren Fällen – wird der lattennahe Arm zum über die Latte greifenden Führarm¹⁴⁸. Prominente Vertreter: Andonova, Stones (Abb. 6.8)



Abb. 6.8: Der kurze Doppelarmschwung (Stones, 1972; aus: Nett, 1974, S. 122)

4. **Der lange Doppelarmschwung:** Im vorletzten Schritt¹⁴⁹ werden beide Arme nach vorn und im letzten Schritt nach hinten geführt, so dass sich zum Sprungfußaufsatz beide Arme hinter dem Körper befinden. Diese Technik beeinträchtigt den Anlauf mehr als die zuvor beschriebenen Varianten, erlaubt aber eine größere Ausholbewegung (einen längeren Beschleunigungsweg) und erzeugt daher noch mehr Schwungimpuls als beim kurzen Doppelarmschwung. Aufgrund der aufwendigen

¹⁴⁸ Der kurze Doppelarmschwung wird von Dickwach (1991, S. 35) kritisiert. Die Zeit im letzten Schritt sei zu kurz, um einen optimalen Übergang vom normalen diagonalen (gegengleichen) zum parallelen (Doppel-) Armeinsatz zu finden. Die perfekte Demonstration des kurzen Doppelarmschwungs durch den früheren Weltrekordler D. Stones kann als Gegenbeispiel für diese Behauptung benutzt werden (Stones, in Martin u.a., 1982, S. 21). Doch sollte der hohe koordinative Anspruch des kurzen Doppelarmschwungs nicht unterschätzt werden. Nur motorisch bzw. koordinativ Hochbegabte können diese Technik optimal verwenden.

¹⁴⁹ Varianten, bei denen die Arme noch früher, also im dritt- oder gar viertletzten Stütz zurückgeführt werden, anschließend mehrere Schritte in Rückhalte fixiert oder wieder aufgelöst und in die Führarmtechnik überführt werden, sowie das mehrfache vor- und zurückführen der Arme (nicht zu verwechseln mit dem Mehrfachausholen, wie es Meinel & Schnabel, 1998, S. 84, beschreiben) müssen wegen der Laufbeeinträchtigung ohne Schwungvorteil als Fehler eingestuft werden.

Vor-Rückbewegung der Arme ist der Geschwindigkeitsverlust in dieser Technik größer und daher der Absprungkontakt länger als bei allen vorgenannten Armeinsatzvarianten. Diese Technik empfiehlt sich für Springer mit hohem Kraftpotential¹⁵⁰. Prominente Vertreter: Sotomayor, Yelesina (Abb. 6.9)



Abb. 6.9: Der lange Doppelarmschwung (Yelesina, 2000, 2,01 m)

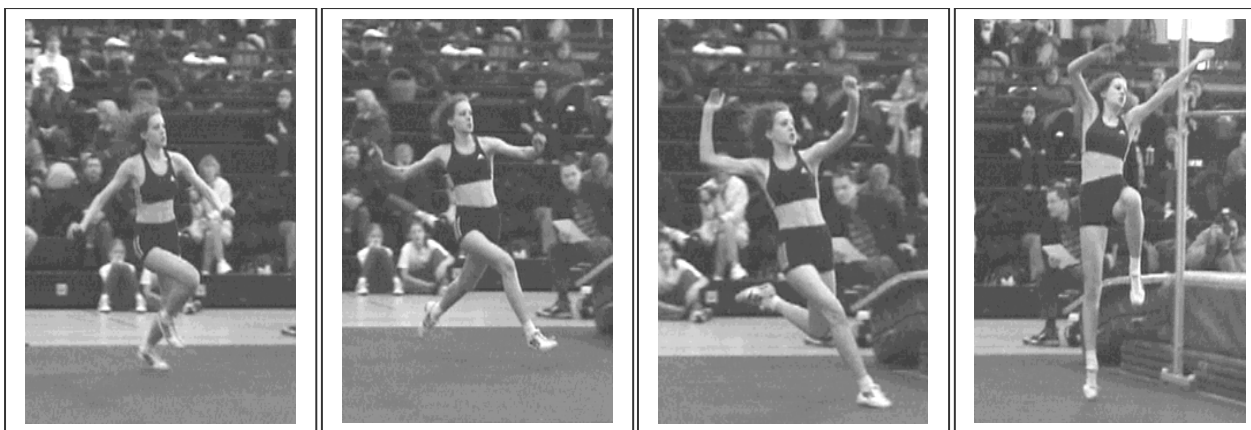


Abb. 6.10: Armentlastungstechnik (Behte, 2001, 1,73 m)

Neben diesen gängigen Formen des Armeinsatzes und ihren Übergangsformen lassen sich zwei weitere Armtechniken beschreiben.

5. **Armentlastungstechnik:** Im letzten Schritt werden beide Arme seitlich nach oben geführt und befinden sich zu Absprungbeginn deutlich über Schulterhöhe. Während des Absprungs werden sie dort mehr oder weniger fixiert. Zum Absprungende greift der lattennahe Arm analog der Führarmtechnik zur Latte. Durch das frühzeitige Vor-

¹⁵⁰ Bei Mädchen und Frauen sowie männlichen Jugendlichen ist das Kraftpotential generell niedriger, so dass der lange Doppelarmschwung nur in Ausnahmefällen (hohes Kraftpotential bei geringer Schnelligkeit) sinnvoll in die Absprunggestaltung zu integrieren ist.

Hochführen der Arme sind sie schon zu Absprungbeginn in der oberen Endposition, belasten während des Absprungs das Sprungbein nicht, erzeugen aber auch keinen zusätzlichen Schwungimpuls. Diese Technik eignet sich für schnelle Springer mit geringem Maximalkraftniveau. Keine Weltklassespringer bekannt (Abb. 6.10).

6. **Butterflytechnik:** Im drittletzten Schritt werden beide Arme erst nach vorne, dann kreiselnd gestreckt über den Kopf, dann nach hinten und schließlich nach unten geführt, so dass die Springerin zum vorletzten Kontakt mit zurückgeführten Armen, vergleichbar einem verfrühten Ausholen zum Doppelarmschwung, aufsetzt. Im letzten Schritt löst sie den Parallelarmschwung zur Führarmtechnik auf. Sie führt dazu den lattennahen Arm erst nach vorn, dann gestreckt nach oben. Der lattenferne Arm wird bis zum Sprungfußaufsatz hinter dem Körper fixiert, dann als Schwungelement nach oben geführt. Dieser Abschluss wäre auch ohne das frühe Armkreisen möglich gewesen, insofern erscheint die Butterflytechnik trotz prominenter Anwenderinnen primär als Fehler oder zumindest entbehrlich. Anlass und vielleicht auch Begründung dieses Armeinsatzes mag das Bedürfnis nach ausgeprägter Rhythmisierung der Absprungvorbereitung sein. Prominente Vertreterinnen: Meyfarth (bis 1971), Cloete-Storbeck (Abb. 6.11)



Abb. 6.11: Butterfly-Absprungvorbereitung (Cloete, OS-Zweite 2000 mit 2.01m)

Zwischen diesen Formen des Armeinsatzes gibt es Übergangsformen, die eine eindeutige Zuordnung erschweren, so zwischen Führ- und Gegenarmeinsatz das Fixieren des latten-nahen Arms neben dem Rumpf.

Die Armschwungvarianten 1-4 finden sich, wie es die aufgeführten Beispiele belegen, bei Weltklasseathleten wieder. Die These Geeses (2000, S. 15), der Doppelarmeinsatz sei nach Einführung der Floptechnik ein vernachlässigtes Element der Hochsprungtechnik, fanden wir bei der Auswertung unserer Materialien nicht bestätigt.

Wir führten eine Auszählung der jeweiligen Armschwungeinsätze von über 200 Spitzenathleten durch, die in den vergangenen Jahren videotecnisch erfasst wurden. Die Häufigkeiten in Tabelle 6.16 zeigen geradezu im Widerspruch zu der These von Geese, dass der Doppelarmschwung bei den ausgewerteten Männern die favorisierte Form des Armeinsatzes ist, dies noch einmal verstärkt bei den Spitzenathleten. Bei den Frauen ist der Anteil geringer, bei den Topathletinnen aber immerhin noch 50 %.

Tab. 6.16: Häufigkeiten der verschiedenen Armschwungvarianten im Hochsprung

	alle Männer		alle Frauen	
Bestleistung	1,95-2,45 m		1,70-2,09 m	
Gesamtzahl	138	100,0 %	83	100,0 %
Doppelarm	78	56,6 %	32	38,5 %
Führarm	57	41,3 %	50	60,2 %
Gegenarm	3	2,2 %	1	1,2 %
	Topathleten		Topathletinnen	
Bestleistung	2,25-2,45 m		1,90-2,09 m	
Gesamtzahl	83	100,0 %	52	100,0 %
Doppelarm	60	72,2 %	26	50,0 %
Führarm	22	26,5 %	36	50,0 %
Gegenarm	1	1,2 %	0	0,0 %

Umgekehrt zeigt die Tabelle 6.16, dass im Leistungs- und Hochleistungsbereich auch die Führarmtechnik sehr verbreitet ist. Eine Favorisierung des Doppelarmschwungs, wie sie Tidow (1994, S. 18; siehe auch Geese, 2000, S. 13) vornimmt, da sie drehungsneutral sei, einen größeren Teilimpuls erzeuge und zu einer größeren Abflughöhe führe, können wir daher schon aus empirisch-statistischen Gründen nicht unterstützen. Insbesondere aber wegen der vielfältigen Wechselwirkungen des Armeinsatzes mit anderen Komponenten der Absprungvorbereitung und des Absprungs (Anlaufgeschwindigkeit, Sprungauslage, Absprungdauer, ...) erscheint uns eine Festlegung a-priori unangemessen. Vielmehr sollte der Springer mit den verschiedenen Varianten des Armeinsatzes bekannt gemacht werden und die individuell optimale Variante ermitteln.

6.3 Absprungvarianten

Der Absprung beginnt mit dem Aufsetzen des Sprungbeinfußes und endet mit dem Lösen vom Boden. Eine Vielzahl von Bewegungsteilen und -komponenten müssen in kurzer Zeit sinnvoll miteinander verquickt werden. Die wichtigsten Bewegungselemente des Absprungs sind:

- a. *Sprungauslage*
- b. *Fußaufsatz, -stellung, Abstand zur Lattenprojektion*
- c. *Absprungdauer, Sprungbeinamortisation*
- d. *Schwungelementeeinsatz*
- e. *Aufrichten aus Rück- und Innenlage, KSP-Hub*
- f. *Absprungdynamik*
- g. *Abflugposition, Drehimpulse, Abfluggeschwindigkeit*

a. Die Sprungauslage

Die Winkel für die Körperrück- und Innenlage bestimmen die Sprungauslage. Bezüglich ihres Verhältnisses muss von einer Komplementarität ausgegangen werden. Beispielsweise ergab eine 3-D-Analyse der OS-Finalisten 1992 (Dapena u.a., 1992, S. 13), dass der Springer mit der stärksten Rücklage eine nur geringe Innenlage aufwies. Die statistische Auswertung unseres Datenmaterials ergab jedoch keine signifikanten Zusammenhänge im Sinne einer negativen Korrelation zwischen Rück- und Innenlage zu Beginn des Absprungs.

Die geringen Innenlagewinkel zu Absprungbeginn (ca. 2-3°) zeigen, dass am Ende des letzten Schritts ein deutliches Aufrichten aus der Innenlage stattgefunden hat. Dadurch verliert dieser Parameter an Volumen und letztlich an die Differenzierungskraft für die Zielgrößen. Entsprechend wichtiger wird die Rücklage.

Tab. 6.17: Rücklage bei Fußaufsatz zum Absprung in °

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	31,06	3,72	11,98	21	41	20
M1	36	32,58	3,45	10,59	27	41	14
M2	36	29,53	3,38	11,45	21	38	17
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	29,42	3,23	10,98	22	37	15
F1	36	29,56	3,18	10,76	22	37	15
F2	36	29,28	3,32	11,34	22	34	12

Die Rücklage zu Absprungbeginn, als Abweichung von der Vertikalen in Grad ($^{\circ}$) angegeben, ist deutlich größer als die Innenlage (Tab. 6.17). Die Männer weisen durchschnittlich eine um mehr als ein Grad stärkere Rücklage als die Frauen auf, wobei sich die Leistungsgruppen der Männer erheblich stärker ($3,0^{\circ}$) als die der Frauen ($0,3^{\circ}$) unterscheiden. Die mittleren Werte decken sich mit denen anderer Untersuchungen, doch sind die absoluten wie auch die gewogenen Streuungen beträchtlich. Auch in den leistungsabhängigen Teilgruppen sinken die Streuparameter nur unwesentlich. Die zweifaktorielle Varianzanalyse erbrachte für die Rücklage zu Absprungbeginn signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechter- (F-Wert 8,7; $p = 0,004$) und Leistungsgruppen (F-Wert 9,00; $p = 0,003$) sowie für die Interaktion (F-Wert 6,25; $p = 0,014$). Bei einer separaten Prüfung der Leistungsgruppen nach Geschlechtern erwiesen sich nur die Unterschiede der Männer als signifikant ($T_{M\ddot{a}} = 3,8$; $p = 0,000$; $T_{Fr} = 0,36$; $p = 0,718$).

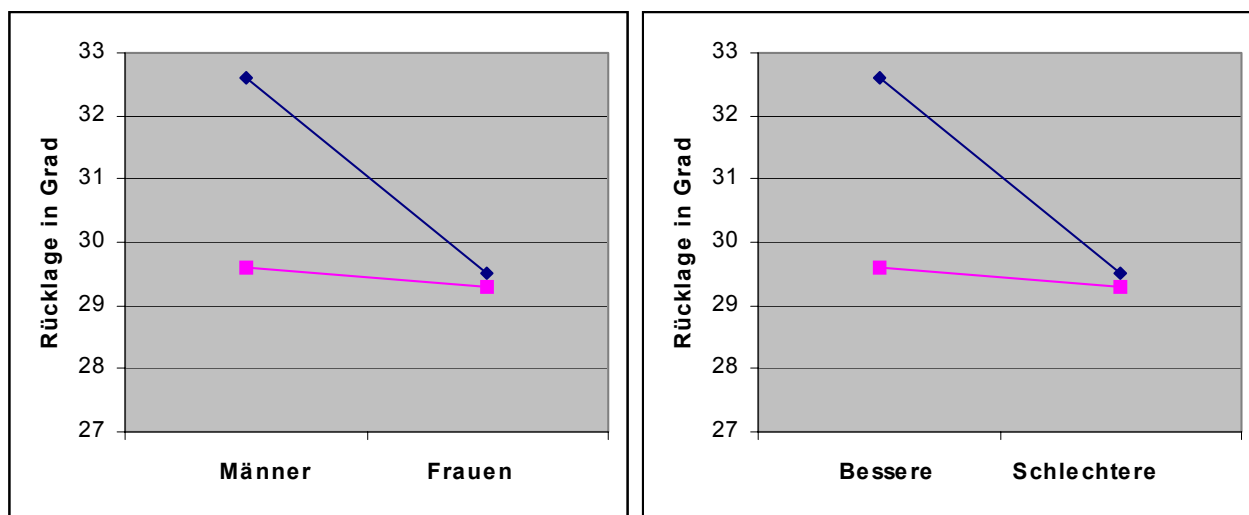


Abb. 6.12: Interaktionsdiagramme für den Einfluss von Leistung und Geschlecht auf die Ausprägung der Rücklage zu Absprungbeginn

Die Diagramme in Abbildung 6.12 mit jeweils fallenden, aufgrund unterschiedlicher Steigungen sich erreichenden Linien weist die Interaktion als ordinal aus (vgl. Bortz, 1999, S. 290). Bei Männern wie bei Frauen zeigt die leistungsstärkere Gruppe eine größere Rücklage als die leistungsschwächere. Doch ist bei den leistungsschwächeren Männern die Verringerung der Rücklage so groß, dass die schwächere Männergruppe den Wert der schwächeren Frauengruppe annähernd erreicht. Da die Überschneidung sehr gering ausfällt, kann aufgrund dieses Ergebnisses der Geschlechtereffekt nur sehr bedingt interpretiert werden.

Die Sprungauslage ist geometrisch gesehen das Ergebnis aus Rück- und Innenlage. Aufgrund unseres Messverfahrens ergeben sich für die Innenlage derart geringe Mittelwerte und große Streuparameter, dass sie hier vernachlässigt werden müssen. Unter dem Aspekt der anschließenden vertikalen Beschleunigung interessiert vor allem die KSP-Absenkung

bzw. die KSP-Höhe zu Absprungbeginn. Tabelle 6.18 zeigt, dass die KSP-Höhe bei den Männern etwas höher als bei den Frauen und bei den besseren niedriger als bei den schwächeren ist. Doch übersteigen die Streumaße die Mittelwertsdifferenzen erheblich. Die zweifaktorielle VA erweist den Geschlechterunterschied als hochsignifikant aus (F-Wert 15,57; $p = 0,000$), den zwischen den Leistungsgruppen jedoch nicht (F-Wert 0,31; $p = 0,577$).

Tab. 6.18: KSP-Höhe zu Absprungbeginn in cm

Männer	n	x	s	V	min	max	R
Mg	72	96,57	5,90	6,11	85,56	113,94	28,38
M1	36	96,12	5,69	5,92	85,56	108,54	22,98
M2	36	97,01	6,16	6,34	87,22	113,94	26,72
Frauen	n	x	s	V	min	max	R
Fg	72	93,10	4,50	4,83	83,79	103,00	19,21
F1	36	93,05	4,02	4,32	83,79	100,10	16,31
F2	36	93,14	4,99	5,36	85,00	103,00	18,00



Abb. 6.13: Fußaufsatz über die Ferse und auf dem flachen Fuß
(links Yelesina, 2,01, rechts Mensah, 1,94 m)

b. Fußaufsatz, -stellung, Winkel und Abstand zur Latte

Der Fußaufsatz erfolgt in der Regel über die Ferse mit schnellem nachfolgenden Klappen auf die ganze Sohle (Abb. 6.13, links). Bei Springern, die den KSP über eine ausgeprägte Innenlage stark absenken, ist dieser Fersenaufsatz noch einmal verstärkt, er erfolgt hier über den Außenrand der Ferse (Graff & Krahl, 1984, S. 81f). Bei sehr leichten und schnellen Springern, insbesondere bei Frauen, ist ein Aufsatz direkt auf dem ganzen Fuß möglich (Abb. 6.13, rechts). Ein Mittelfuß- oder sogar Vorderfußaufsatz im Absprung dagegen ist die seltene Ausnahme. Sie erfordert eine extrem starke Fußstreckmuskulatur.

Schon weiter oben wiesen wir darauf hin, dass zwischen den untersuchten Athleten eine beträchtliche Varianz bezüglich des Winkels zwischen dem letzten Anlaufschritt und der Lattenebene auftritt. Der Winkel der Fußstellung muss von diesem Winkel noch einmal unterschieden werden, obwohl der Fußaufsatz lehrbuchgemäß in Anlaufrichtung liegen sollte (u.a. Jonath u.a., 1995, S. 273). Ein Verdrehen der Fußspitze weg von der Latte bzw. eine Parallelstellung des Fußes zur Latte wird als Fehler und wegen der Fußverwringung als Verletzungsquelle eingestuft (Krahl & Knebel, 1978, S. 501). Die Untersuchungen von Dapena (1982-1997) zeigen, dass der Winkel Fuß-Latte größer, kleiner oder gleich groß als bzw. wie der Winkel letzter Schritt-Latte sein kann. Ein Erklärungsmuster für die Unterschiede ist die natürliche Fußstellung der Springer, Springer mit aus- oder einwärts gedrehter Fußspitze im normalen Stand werden auch beim Fußaufsatz im Lauf und Sprung eine ähnliche Tendenz aufweisen. Eine weitere Ursache ist die Sprungleistung. Bei geringer relativer Sprunghöhe muss der Springer wegen der geringen Steigezeit schon vor und während des Absprungs die Drehungen einleiten, möchte er in eine günstige Lattenlage gelangen. Entsprechend kann man bei jungen bzw. leistungsschwachen Springern (Sprunghöhe unter Schulterhöhe) einen Fußaufsatz parallel zur Latte oder sogar mit der Fußspitze von der Latte weggedreht beobachten¹⁵¹.

Tab. 6.19: Abstand Fußspitze zur Lattenebene im Absprung in cm

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	88,60	15,45	17,44	47	126	79
M1	36	94,78	14,81	15,63	66	126	60
M2	36	82,42	13,54	16,43	47	105	58
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	76,11	14,84	19,50	47	116	69
F1	36	82,56	15,22	18,44	59	116	67
F2	36	69,67	11,39	16,34	47	98	51

¹⁵¹ Um Torsionsverletzungen zu vermeiden, sollten Athleten dieser (niedrigen) Leistungsklassen bzw. mit diesem Sprungverhalten auf die Benutzung von Fersendornen verzichten.

Tabelle 6.19 weist die Statistik des kürzesten Abstands des Absprungfußes (Spitze) zur Latte aus. Die Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den Leistungsklassen sind hochsignifikant (zweifaktorielle VA: $F_{\text{Geschl.}} = 29,34$; $p = 0,000$; $F_{\text{Leist.}} = 30,04$; $p = 0,000$). Hier muss der Bezug zur Horizontalgeschwindigkeit am Absprungende und ihren Einflussfaktoren hergestellt werden. Je höher die Anlaufgeschwindigkeit, je geringer die Sprungauslage, je stärker das Aufrichten während des Absprungs, umso geringer ist der Bremseffekt, umso höher ist die Resthorizontalgeschwindigkeit am Absprungende und so größer fällt der Abstand zur Latte aus.

Der Abstand der Fußspitze zur Latte variiert beträchtlich, wie die Extremwerte von 0,47 bis 1,26 m für die Männer und 0,47 bis 1,16 m für die Frauen in Tabelle 6.19 belegen, die mit andere Untersuchungen korrespondieren. So ermittelten Ritzdorf & Conrad (1987, S. 48) bei Sprüngen jeweils über 2,38 m für Paklin einen Abstand von nur 46 cm, für Sjöberg dagegen 1,44 m¹⁵². Die mit dem Mittelwert gewogenen Streumaße fallen entsprechend hoch aus. Auch wenn man unsere Ergebnisse mit den Analysedaten von Dapena (1982-1997) anreichert, um bei relativ großen Populationen (jeweils ca. 30 Frauen und Männer) das Leistungsspektrum weiter (auf je 6 cm: 1,88-1,94 m bzw. 2,27-2,33 m) einzuengen, reduziert sich die Variationsbreite nicht wesentlich.

c. *Absprungdauer, Amortisation*

Die Absprungdauer wird primär von der Anlaufgeschwindigkeit, der Sprungauslage und dem Aufrichtvorgang während des Absprungs beeinflusst. Je höher die horizontale Auftreffgeschwindigkeit, je geringer die Sprungauslage und je schneller der Aufrichtvorgang, umso kürzer wird die Absprunzeit ausfallen. Die Statistik unserer Messwerte ist in Tabelle 6.20 zusammengestellt. Die mittlere Absprungdauer ist danach für die Männer etwas länger als für die Frauen und für die leistungstärkeren Gruppen kürzer als für die leistungsschwächeren ($F_{\text{Geschl.}} = 1,67$; $p = 0,198$; $F_{\text{Leist.}} = 5,55$; $p = 0,02$). Bei der nach Geschlechtern getrennten Prüfung ergeben sich jedoch geringere, z.T. insignifikante Werte ($T_{\text{Mä}} = -2,16$; $p = 0,034$; $T_{\text{Fr}} = -0,99$; $p = 0,325$). Auch Ritzdorf (1987) fand bei einer Untersuchung von Steigesprüngen die längeren Flugzeiten (also die größeren Flughöhen) bei den kürzeren Absprunzeiten. Damit wird die unter Trainern verbreitete Bewertung, nach der eine kurze Absprunzeit einen guten Sprung charakterisiere, teilweise bestätigt. Doch greift diese Auffassung zu kurz, wenn sie den in der Kontaktzeit zurückgelegten Weg, insbesondere in vertikaler Richtung, also den Hubweg, vernachlässigt. (s.u. Kap. 8). Hier liegt u.E. ein Optimierungsproblem vor, bei dem nicht nur KSP-Abflughöhe und

¹⁵² An dieser Stelle muss das Messproblem thematisiert werden. So wird der Abstand Fuß-Latte für verschiedene Sprünge Sjöbergs von Dapena u.a. (1992, S. 4) mit 0,77-0,93 m angegeben, bei Ritzdorf & Conrad (1987, S. 48) dagegen mit 1,44 m. Diese Schwankungen lassen sich nicht mehr so ohne weiteres mit den nachfolgend zu diskutierenden intraindividuellen Spielräumen erklären, hier muss vielmehr von methodischen Unterschieden oder sogar Messfehlern ausgegangen werden, wobei zunächst die Extremwerte (hier die 1,44 m) die geringere Wahrscheinlichkeit aufweisen (z.B. weiter Absprung und gleichgerichteter Messfehler, vgl. Letzelter, Letzelter & Steinmann, 1991, S. 19).

Abflugzeit gegeneinander optimiert, sondern auch die neuromuskulären Voraussetzungen überprüft werden müssen.

Tab. 6.20: Absprungkontaktzeit in 1/100. Sekunden

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	16,22	1,54	9,49	13,0	20,5	7,5
M1	36	15,83	1,32	8,34	13,0	18,0	5,0
M2	36	16,60	1,66	10,00	13,0	20,5	7,5
Frauen	n	\bar{x}	s	V	Min	max	R
Fg	72	15,94	0,95	5,96	14,0	18,0	4,0
F1	36	15,83	0,96	6,06	14,0	17,5	3,5
F2	36	16,06	0,94	5,85	14,5	18,0	3,5

Die Absprungdauer stellt kein rein quantitatives Phänomen mit kontinuierlichen Übergängen dar, ist doch die Arbeitsweise des kurzen Dehnungsverkürzungszyklus' (DVZ) mit besonders hohen Kontraktionsreizen an ein kurzes Zeitregime gebunden, wobei für den Absprung im Dropjump eine Obergrenze von etwa 17/100. sec genannt wird (Bauersfeld & Voss, 1992, S. 18). Bewegt sich ein Springer innerhalb dieser Zeitspanne, kann er besondere Innervationsmuster aktivieren und dadurch eine höhere Streckgeschwindigkeit erreichen. Greift man noch einmal die Dichotomisierung Tancic's (1978, S. 789) in schnelligkeitsbetonte Springer und kraftbetonte Springer (insbesondere solche mit gestrecktem Schwungbein) auf, lägen erstere durchweg innerhalb dieser Zeitspanne und letztere darüber (siehe Kap. 1). Die Auswertung in Tabelle 6.20 zeigt, dass die Mittelwerte um 16/100. sec liegen, also erheblich unter den Werten von Bauerfeld & Voss. Selbst wenn man den Mittelwert um eine Standardabweichung ergänzt, liegen die jeweils besseren Teilgruppen unter dem kritischen Wert. D.h., die große Mehrzahl der untersuchten Springer bevorzugt einen schnelligkeitsorientierten Absprung mit kurzem DVZ.

Aufgrund des Aufpralls auf den Boden gibt das Sprungbein in Knie und Hüftgelenk zunächst etwas nach, wird also gebeugt und erst danach explosiv gestreckt. Da sich gleichzeitig die Achse Sprungbein-Oberkörper aufrichtet, sinkt der KSP trotz der Sprungbeinbeugung nicht ab¹⁵³. Nach Auffassung vieler Trainer sind geringe Beugewinkel Kennzeichen eines „guten“ Absprungs.

Dies kann durch unsere Auswertung nicht belegt werden. Nach Tabelle 6.21 erfolgt das Nachgeben des Sprungbeinknies in unterschiedlichem Ausmaß. Während die Gesamtgruppen der Männer und Frauen ähnliche Mittelwerte aufweisen, weisen die leistungstär-

¹⁵³ Wenn Ballreich (1996, S. 25) von einem leichten KSP-Absenken während der Amortisation im Hochsprung ausgeht, wird damit eher ein Fehlerbild, nämlich eine Überforderung des Sprungbeins mit anschließendem Einknicken beschrieben.

keren Männer ähnliche Mittelwerte wie die schwächeren aus, bei den Frauen ist es jedoch umgekehrt (Differenz $3,5^\circ$). Im Vergleich zu den Mittelwertsunterschieden erreichen die Streumaße sehr hohe Werte. Hier kommt der Differenzcharakter des Parameters (Eingangswinkel minus Winkel stärkster Beugung) zum Tragen. Entsprechend brachte die varianzanalytische Untersuchung keine Signifikanzen ($F_{\text{Geschl}} = 0,125$; $p = 0,724$, $F_{\text{Leist}} = 2,95$; $p = 0,088$). Ohne der Analyse der leistungsbestimmenden Einflussgrößen vorgreifen zu wollen, weisen diese Werte schon darauf hin, dass das Nachgeben im Sprungbein – zumindest bei dieser Untersuchungstechnik – keine leistungsdifferenzierende Größe sein kann.

Tab. 6.21: Nachgeben des Sprungbeins im Absprung in $^\circ$

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	13,87	6,99	50,4	2	30	28
M1	36	14,03	6,68	46,7	2	29	27
M2	36	13,72	7,37	53,7	2	30	28
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	14,26	6,32	44,3	3	32	29
F1	36	16,00	6,74	42,1	3	32	29
F2	36	12,53	5,43	43,3	4	26	22

d. Schwungelementeeinsatz

Im Absprung wird der in der Absprungvorbereitung eingeleitete Armschwungeinsatz fortgesetzt (s.o.). Wer dort einen gegengleichen Armeinsatz begonnen hat, wird nun den lattenfernen Arm energisch vor- und den lattennahen Arm rück-hochschwingen. Bei der Führarmtechnik wird der lattenferne Arm ebenfalls vorhochgeschwungen, während der lattennahe Arm in der Streckhaltung fixiert bleibt. Bei den Doppelarmschwung-Varianten werden beide Arme explosiv nach vorn oben bewegt. Je länger und je schneller die Schwungelemente nach vorn-oben geführt werden, desto größer ist ihr Effekt, desto größer ist also ihr Beitrag zum Vertikalimpuls. Entsprechend ist der Teilimpuls bei der Doppelarmtechnik größer als bei der Führ- und Gegenarmtechnik. Das heißt aber auch, dass der Widerstand und damit die Belastung für den Streckapparat steigen (Bothmischel & Prause, 1989, S. 13). Verkürzt kann man daher ableiten, dass Männer mit einem durchschnittlich höheren Kraftpotential einen im obigen Sinn diskutierten intensiveren Schwungelementeeinsatz aufweisen. Dies wird durch die Untersuchungen von Dapena u.a. (1992, S. 13) bestätigt, die bei den männlichen Probanden eine höhere Armaktivität als bei den weiblichen belegen (ebenso Brüggemann & Loch, 1992).

Art des Schwungbeineinsatzes wird erst im Absprung entschieden. Variabel sind Hüft-, Fuß- und Kniegelenkwinkel. Allgemein wird davon ausgegangen, dass der Schwungimpuls umso größer wird, je größer die Schwungbeinstreckung bzw. je offener die Winkel

sind. Als Extrem gilt das gestreckte Schwungbein beim kraftbetonten Flop (siehe Kap. 1). Hildebrand (1997, S. 128) nennt in Anlehnung an Hochmuth drei Funktionen der Schwungelemente:

- Sie speichern als schnell bewegliche Körperteile große Mengen kinetischer Energie
- Sie üben einen zusätzlichen Druck auf das Sprungbein aus, dadurch wird bei entsprechenden Kraftvoraussetzungen der Streckimpuls erhöht
- Bei ihrem Abbremsen in der Endphase wird kinetische Energie auf den Körper übertragen, so dass sich die Sprunggelenke schneller strecken

Die Höhe des Schwungimpulses hängt also nicht nur von der Hebellänge, sondern auch von der Schnelligkeit der Vor-Aufwärtsbewegung der Schwungelemente ab. Hebellänge und Geschwindigkeit sind nicht beliebig variabel, sondern an koordinative und konditionelle Fähigkeiten gebunden. Bei gegebenen konditionellen Voraussetzungen kann die Hebellänge nur zulasten der Geschwindigkeit gesteigert werden und umgekehrt. Damit könnte die optimale Absprunzeit überschritten werden. Hier besteht ein Optimierungsproblem. Nur wer über entsprechende Voraussetzungen verfügt, kann einen längeren Hebel gleich schnell nach vorn-oben führen und den Schwungimpuls erhöhen. Soll der Hebel verlängert oder die Geschwindigkeit erhöht werden, müssen zunächst die Voraussetzungen verbessert werden.

Insofern erscheint es bedenklich, wenn Tidow (1994, S. 15) von einem Trend zum offenen Kniewinkel spricht, ohne die Wechselwirkungen oder Voraussetzungen zu thematisieren. Zudem gibt es für diese Behauptung keinen empirischen Beleg. Bei unseren 3-D-Auswertungen ($n = 144$) setzte kein Springer ein (auch nur tendenziell) gestrecktes Schwungbein ein, bei der Auszählung von Weltklasseathleten ($n = 221$) fanden sich in den letzten zehn Jahren nur zwei Springer mit einem gestreckten Schwungbein. Dass der Olympiasieger 2000, Kljugin, zu diesen beiden Springern zählt, zeigt aber die Leistungsfähigkeit dieser Schwungvariante.

Einen offenen Kniewinkel unabhängig vom Hüftwinkel als Beleg für einen kraftbetonten Flop zu interpretieren, wie es auch Krause (1998, S. 122) vornimmt, ignoriert den funktionalen Aspekt. Wenn der Oberschenkel, wie im von Krause verwandten Beispiel, nur unvollständig angehoben wird, ist der Hebel zwar lang, der Weg aber verkürzt, so dass erstens der Schwungimpuls des Schwungbeins geringer ausfällt und zweitens die Zeit für die Schwungbewegung ausreichend kurz ist, um einen schnelligkeitsbetonten Absprung durchzuführen. Statt von Powerflop sollte also eher von einem Fehlerbild (unvollständiger Schwungbeineinsatz) gesprochen werden¹⁵⁴.

¹⁵⁴ Wenn Krause (1998, S. 123) in Anlehnung an Jonath u.a. (1995) den Powerflop eher leistungsschwachen Springern und Mehrkämpfern zuordnet, zeugt das von einem Missverstehen der konditionellen Anforderungen an einen kraftbetonten Absprung. Insofern ist fraglich, ob die Vorstellung von Sonderformen in Lehrbüchern sinnvoll ist.

e. Aufrichten aus Rück- und Innenlage, KSP-Hub

Durch das Aufrichten aus der Sprungauslage während des Absprungs wird die Sprungbein-Oberkörperachse in eine nahezu senkrechte Position gebracht. Beinahe allen Springern sind am Absprungende folgende Merkmale gemeinsam:

- weitgehende Streckung von Fuß-, Knie-, Hüftgelenk und Oberkörper
- hohe Position der Schwungelemente
- annähernd vertikale Position sowohl in Seit- als auch Frontalansicht
- Anheben der lattennahen Hüfte und Absenken der lattennahen Schulter (Einrollen) (siehe Killing, 1993b)

Abweichungen von diesen Qualitätsmerkmalen können als Fehler bezeichnet werden, die aber im Leistungsbereich nicht vorkommen. Unsere Auswertungen erbrachten, dass die Springer bei vergleichsweise geringen Streuungen jeweils die Senkrechte in seitlicher (Rück-Vorlage) wie in der Vorderansicht (Innen-Außenlage) erreichen, wobei sich Geschlechter- und Leistungsgruppen nur unwesentlich unterscheiden.

Biomechanisch gesehen wird im Absprung der KSP angehoben, die horizontale Geschwindigkeit in vertikale umgeleitet, Vertikalgeschwindigkeit entwickelt und werden Drehimpulse eingeleitet. Für letzteres ist insbesondere die Aufrichtbewegung verantwortlich. Traditionell differenziert man den Aufrichtvorgang in den aus Rück- und Innenlage. Weiter oben haben wir darauf verwiesen, dass bei unserem Messverfahren die Innenlage zu Absprungbeginn schon weitgehend aufgelöst ist, dadurch hat das weitere Aufrichten im Absprung nur ein geringes Ausmaß (im Mittel 1°) und ist nicht leistungs- oder geschlechtsdifferenzierend¹⁵⁵. Bezieht man die Innenlage im vorletzten Schritt in den Aufrichtvorgang mit ein, steigt der Betrag erheblich (Männer = $23,3^\circ$; $s = 5,4^\circ$; Frauen = $21,3^\circ$; $s = 5,6^\circ$) und führt bei der zweifaktoriellen VA zu einer signifikanten Leistungs- und Geschlechtsdifferenzierung ($F_G = 4,7$; $p = 0,032$; $F_L = 4,6$; $p = 0,034$; Interaktion n. s.). Da diese Berechnung des Aufrichtens aus der Innenlage zumindest umstritten ist, soll sie hier nicht weiter ausgeführt werden.

Nachdem von den Springern eine ähnlich aufgerichtete Endposition erreicht wird, liegt es nahe, die Differenzen im Aufrichtvorgang zu suchen. Tabelle 6.22 zeigt, dass der Aufrichtwinkel aus der Rücklage beträchtlich ist. Dabei ist der Unterschied zwischen den Geschlechtergruppen gering und schwach signifikant ($F_G = 4,2$; $p = 0,043$). Die Differenzen zwischen den Leistungsgruppen dagegen sind gravierend und hochsignifikant (F-Wert 12,2; $p = 0,001$) wobei die Differenz zwischen den Männer-Teilgruppen dabei deutlich

¹⁵⁵ Bezüglich der Werte für das Aufrichten aus der Innenlage sind gewisse Vorbehalte gegenüber der Messmethodik angebracht. Denn es ist unwahrscheinlich, dass alle Springer zum Absprungende sich genau bis zur Vertikalen (90°) aufgerichtet haben. Eher ist zu erwarten, dass bei der Mehrzahl der Springer am Absprungende eine mehr oder weniger große Neigung zur Latte besteht, also Winkel um 100° erreicht werden. Da dies nicht der Fall ist, interpretieren wir die Daten entsprechend zurückhaltend.

höher ausfällt als die zwischen den Frauengruppen, bei separater Prüfung ist nur der Mittelwertsunterschied der Männer signifikant ($T_{M\ddot{a}} = 3,3$; $p = 0,002$; $T_{Fr} = 1,5$; $p = 0,136$).

Tab. 6.22: Aufrichten aus der Rücklage als Winkelstrecke in Grad ($^{\circ}$)

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	29,96	4,76	15,89	18	41	23
M1	36	31,69	4,65	14,67	24	41	17
M2	36	28,22	4,26	15,10	18	35	17
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	28,54	3,87	13,56	19	37	18
F1	36	29,22	3,35	11,46	23	37	14
F2	36	27,86	4,26	15,29	19	35	16

Angesichts des Differenzcharakters des Parameters sind die Streuparameter vergleichsweise niedrig, wobei auffällt, dass die Standardabweichungen in den Teilgruppen ähnlich hoch wie für die Gesamtgruppen ausfallen.

Die Abflughöhe stellt die obere Begrenzung des vertikalen Beschleunigungswegs während des Absprungs dar und gilt als wesentliches Qualitätskriterium des Sprunges. Tabelle 6.23 ist zu entnehmen, dass die Männer deutlich größere Abflughöhen als die Frauen aufweisen ($F_{Geschl} = 163,2$; $p = 0,000$). Hier spielt natürlich die unterschiedliche Körpergröße eine Rolle. Innerhalb der Geschlechtergruppen weisen die jeweils besseren Teilgruppen größere Werte als die schwächeren auf ($F_{Leist} = 9,9$; $p = 0,003$). Die Differenzen fallen mit 2,8 und 2,5 cm ähnlich aus, bei nach Geschlecht getrennter Prüfung ist der Männerwert signifikant, der Frauenwert sogar hochsignifikant ($T_{M\ddot{a}} = 2,03$; $P = 0,046$; $T_{Fr} = 2,63$; $p = 0,010$).

Tab. 6.23: KSP-Abflughöhe in cm

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	139,93	6,09	4,35	125,12	152,25	27,13
M1	36	141,36	5,51	3,90	128,80	150,00	21,20
M2	36	138,51	6,38	4,61	125,12	138,51	13,29
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	129,09	4,21	6,09	121,18	141,00	19,82
F1	36	130,34	3,70	2,77	123,37	137,25	13,88
F2	36	127,84	4,36	3,41	121,18	141,00	19,82

f. Absprungdynamik

Während des Absprungs übt der Springer einen erheblichen Druck gegen den Boden aus, dieser kann in vertikaler und horizontaler Dimension, letzterer wiederum mit der bzw.

quer zur Laufrichtung, gemessen werden. Aus den vertikalen Kräften kann der Absprungimpuls und – nach Berücksichtigung des Körpergewichts – die Steighöhe errechnet werden. Damit könnte die kinematische Berechnung der Steighöhe überprüft werden.

Trotz vieler Messungen der Absprungdynamik mittels der Bodendruckmessplatte ist es bisher nicht zu quantitativen Aussagen oder auch nur zu einer Rangierung von Sprüngen in gute und schlechte aufgrund der Kraftmesswerte gekommen. Tabelle 6.24 gibt die Kraftmesswerte einer Untersuchung an Kaderathletinnen wieder. Während die Sprungleistungen der Springerinnen relativ leistungshomogen sind, differieren die Kraftwerte (insbesondere F_y) um beinahe 100 % und können daher in keinen quantitativen Zusammenhang zur Zielgröße gesetzt werden. Allenfalls die Kraftstöße (P_y) sind der Sprungleistung vergleichbar homogen, so dass eine quantitative Zuordnung möglich scheint. Doch gibt es hierzu bisher keine wissenschaftlichen Untersuchungen bzw. Interpretationen.

Bei eigenen Untersuchungen (Killing, 1997b, S. 56) konnten wir nur einen groben Zusammenhang von Kraftmesswerten und Körpergewicht feststellen: Springer mit hohem Körpergewicht erzeugen in der Regel große, leichte Springer kleine Kraftwerte. Insofern gibt es zwar eine große Streubreite der Messwerte, jedoch keine schlüssigen Interpretationen, die hier vorgetragen werden könnten.

Tab. 6.24: Dynamische Parameter einer biomechanischen Untersuchung von Kaderathletinnen (OSP Frankfurt, Nixdorf, 1995)

Parameter	Einheit	Athletin 1	Athletin 2	Athletin 3	Athletin 4	Athletin 5
Höhe	m	1,70	1,65	1,80	1,80	1,80
Gewicht	kg	67,60	64,30	61,40	66,50	61,50
Kontaktdauer	sec	0,19	0,19	0,15	0,17	0,16
Winkel zur Latte	°	40	36	41	40	33
F_x max	N	2899	2140	4773	2387	3012
F_z min	N	146	110	244		163
F_z max	N	501	420	728	2073	798
F_y 1. Max	N	4641	3602	7155	4225	5811
F_y 1. Min	N	1489	1518		2267	2417
F_y 2. Max	N	2562	2427	2780	2736	2838
P_x	Ns	160,10	144,40	171,90	164,10	153,20
P_z	Ns	0,30	3,70	11,00	47,00	22,30
P_y	Ns	370,10	349,20	345,20	363,70	349,80
D_{vx}	m/s	2,37	2,25	2,80	2,47	2,49
D_{vz}	m/s	0,00	0,06	0,18	0,71	0,36
D_{vy}	m/s	3,63	3,55	4,16	3,77	4,15

g. Abflugposition, Drehimpulse, Abfluggeschwindigkeit

Am Ende des Absprungs, also unmittelbar vor dem Lösen vom Boden, lässt sich bei allen untersuchten Springern eine weitgehende Streckung der am Sprung- bzw. Streckvorgang beteiligten Gelenke beobachten.

Aufgrund des passiven Aufrichtens zur Latte hin wird schon ein Drehimpuls zur Latte hin erzeugt, der nicht vom Vertikalimpuls abgezweigt werden muss. Doch reicht der Rotationsimpuls aus dem Aufrichten bis zur Senkrechten zumeist nicht aus, daher muss der Springer sich bis über die Vertikale neigen, damit der Kraftstoß im letzten Teil der Absprungsphase geringfügig lattenfern am KSP vorbeiwirkt und die Rotation verstärkt (Heinz, 1971, S. 233)¹⁵⁶.

Ritzdorf & Conrad (1987, S. 48) bestimmen die Neigung durch die Abstandsmessungen von Fußspitze und KSP zur Lattenebene. Sie finden bei der Mehrheit der Springer am Absprungende eine leichte Neigung zur Latte¹⁵⁷ (Abstand KSP-Lattenebene geringer als Fußspitze-Lattenebene). Die entsprechenden Messungen bei unseren eigenen Sprüngen ergeben ebenfalls, dass sich die Springer und insbesondere die Springerinnen in der Mehrzahl am Absprungende mit dem KSP näher an der Lattenprojektion als mit der Fußspitze befinden. Eine (extreme) Ausnahme bildet Paklin, bei dem der KSP-Abstand mit 76 cm deutlich größer als der der Fußspitze (48 cm) ist (Ritzdorf & Conrad, 1987, S. 48). Entsprechend groß muss bei diesem Springer der Kippimpuls bzw. die Winkelgeschwindigkeit um die Transversalachse sein, damit er über der Latte in die günstige waagerechte Lage gelangt.

Einflussfaktoren auf die Körperneigung zur Latte beim Lösen vom Boden sind der Abstand zur Latte (je größer der Abstand, desto mehr Neigung zur Latte bzw. umgekehrt, siehe Paklin) und die Innenlage zu Absprungbeginn (je geringer der Eingangs-, desto geringer auch der Ausgangswinkel). Dapena u.a. (1997, S. 11f) ermittelten einen (negativen) Zusammenhang zwischen der Winkelveränderung während des Absprungs und der Steigehöhe, die Athleten mit geringem Aufrichten bzw. Seitneigen steigen demnach mehr (und rotieren weniger). Damit ist das geringe Aufrichten jedoch noch kein Qualitätsnachweis, da das Verhältnis von Steige- und Rotationsimpuls nur höhenabhängig optimiert werden kann: Wer höher springt, benötigt weniger Rotationsimpuls und richtet entspre-

¹⁵⁶ Diese punktuelle Vorstellung von der Kraftstoßrichtung und dem KSP ist hier sicher unzureichend. Denn der Kraftstoß wirkt während des gesamten Absprungs, d.h. der Vektor verändert sich fortlaufend. Bei sehr schnellem Aufrichten kann der KSP zum Absprungende in Einzelfällen noch auf der lattenfernen Seite der Vertikalen sein. Insofern muss die Betrachtung von Heinz (1971, S. 233f) relativiert werden.

¹⁵⁷ Tancic (1978, S. 862) und Dickwach (1991, S. 26) sehen die Neigung des Körpers zur Latte am Ende des Absprungs als Fehler an. Eigene Untersuchungen (Killing, 1990) und viele Bildreihen von Spitzenspringern widerlegen diese Ansicht. Das Aufrichten aus der Innenlage mit einer mehr oder weniger großen Neigung zur Latte am Absprungende ist eine technische Notwendigkeit für die zur effektiven Lattenpassage erforderlichen Rotationen. Springer mit zu geringer Neigung am Absprungende bzw. zu geringem Kippimpuls weisen keine optimale Lattenpassage auf.

chend weniger auf¹⁵⁸. Die entsprechenden Auswertungen unserer eigenen Daten ergaben keine nennenswerten Korrelationen.

Als Resultat der Absprung-Aktivitäten hebt der Athlet vom Boden ab. Neben der schon diskutierten Körperhaltung sind Abfluggeschwindigkeit, Abflugrichtung und Drehimpulse dabei variabel. Die Abfluggeschwindigkeit kann als resultierende Geschwindigkeit oder in die horizontale und vertikale Abfluggeschwindigkeit zerlegt ausgewiesen werden. Während die resultierende Geschwindigkeit einen Hinweis auf die Ausnutzung der Anlaufgeschwindigkeit gibt, ermöglicht die Aufspaltung in Horizontal- und Vertikalgeschwindigkeit über letztere eine direkte Ableitung der Steigehöhe. Unsere Messungen ergaben, dass die resultierende Abfluggeschwindigkeit etwa 0,1-1,8 m/s unter der Eingangsgeschwindigkeit liegt.

6.4 Varianten der Flugphase

Die Flugphase wird in Steigephase, Angehen, Überqueren, Lösen von der Latte und Landung unterschieden. Während der Flugphase hat der Springer Möglichkeiten der Bewegungssteuerung und damit der Leistungsbeeinflussung. Erster und wichtigster Ausdruck dieses Handlungsspielraumes ist der Technikindex bzw. die Lattenüberhöhung (Differenz KSP-Flughöhe zur Lattenhöhe bzw. zur möglichen Sprunghöhe), für die wir eine große Streubreite (-2 bis 19 cm, s.u.) ermittelten. Nachfolgend soll nach Ursachen für diese Differenzen geforscht werden. Kritische bzw. variationsträchtige Bereiche betreffs der Flugphase sind:

- a. *Extremitäteneinsatz*
- b. *Rotationen*
- c. *Hüfteinsatz im Angehen der Latte*
- d. *Hüftüberstreckung über der Latte*
- e. *Kopfstellung*
- f. *Landung*

a. *Extremitäteneinsatz*

Die Armführung in der Steigephase ist durch den Armeinsatz im Absprung bedingt. Während Gegenarm- und kurze Doppelarmtechnik mehrheitlich zu einer Lattenpassage mit angelegten Armen und entsprechend zur Steuerung der Bewegung mit dem Kopf führen, greift bei Führarmtechnik und Doppelarmschwung der lattennahe Arm gewöhnlich über die Latte nach hinten unten, während der lattenferne Arm an den Körper angelegt wird. Doch gibt es dabei viele Misch- und Sonderformen (siehe Tidow, 1994/2, S. 16).

¹⁵⁸ Zudem muss die negative Beziehung zur effektiven Lattenpassage bedacht werden, wer sich weiter aufrichtet, erzeugt größere Rotationen und kann damit die Lattenüberquerung verbessern (s.u.).

Unterschiede in der Steigephase werden zumeist auf die Dauer des aktiven Schwungbeineinsatzes beschränkt. Dem frühen Fallenlassen steht das Fixieren des gebeugten Knies bis zur Lattenpassage gegenüber (siehe Thränhardt-Bildreihe bei Mocker, 1988, S. 388). Je geringer die relative Sprunghöhe, desto früher muss das Schwungbein abgesenkt werden, soll die Hüfte bei der Lattenpassage überstreckt werden. Wegen der im Durchschnitt geringeren Steigehöhe müssen die Frauen das Schwungbein eher und aktiver senken als die Männer.

b. Rotationen

Wichtig für die effektive Lattenpassage ist die Kippgeschwindigkeit, also die Winkelgeschwindigkeit um die Transversalachse; sie bestimmt das Abtauchen des Oberkörpers hinter der Latte und analog das Anheben der Beine. Bei höherer Kippgeschwindigkeit werden die Beine früher aus dem Gefahrenbereich der Latte befördert und die Gefahr des Reißens mit den Beinen sinkt¹⁵⁹. Das Timing, also das raum-zeit-gerechte Absenken der Hüfte zum Anheben der Beine verliert dadurch an Bedeutung. Wer beim Absprung mehr Drehimpuls abzweigt, hat also größere Chancen, die Latte erfolgreich zu überfliegen. Dass die Springer auch während des Fluges noch Möglichkeiten haben, die Drehgeschwindigkeit zu beeinflussen, wird nachfolgend thematisiert.

Neben dem Rotieren um die Transversalachse ist auch die Drehung um die Längsachse für eine effektive Lattenpassage von Bedeutung: wer über der Latte eine schiefe Beckenposition aufweist, muss den KSP für die gleiche Lattenhöhe höher anheben. Entsprechend der Flughöhe muss der Springer daher im Absprung einen ausreichenden Drehimpuls um die beteiligten Achsen erzeugen. Während der Anfänger bzw. der Springer mit geringer Sprungleistung den Rotationsimpuls durch einen ausgeprägt diagonalen Schwungbeineinsatz im Absprung einleitet (u. a. Jonath u. a., 1995, S. 247, 251), genügt beim Weltklasse-Springer eine Parallelführung des Schwungbeines zur Latte.

Mittels der Computersimulation hat Dapena (1996, S. 45) ein Phänomen beobachtet, das er „Catting“ nennt. Damit sind Bewegungen/Rotationen einzelner Körperteile während des Fluges gemeint, die bei anderen Körperteilen nach dem Actio-Reactio-Prinzip zu Gegendrehungen führen¹⁶⁰. So bewirkt ein Seit-Rückführen des Schwungbeins im Steigen oder das Seitliche-Nach-Unten-Führen des Führarms über der Latte eine entgegengesetzte Drehung des Rumpfes bzw. des Beckens, so dass bei eigentlich unzureichendem Drehimpuls während des Absprungs dennoch eine effektive waagerechte Beckenlage während der

¹⁵⁹ Diese hohe Winkelgeschwindigkeit um die Transversalachse demonstrierte H. Henkel bei einem 2-m-Sprung 1992 in Köln (siehe Killing, 1993c, S. 72). Nur wenn eine derart starke Rotation eingeleitet wird, können auch die Arme nach hinten unten überstreckt und der Technikindex verbessert werden. Tidow (1994, S. 16) favorisiert dieses Abtauchen beider Arme, berücksichtigt aber nicht die erforderliche größere Rotation, die auf Kosten des Vertikalimpulses gehen würde.

¹⁶⁰ Es handelt sich um Scheindrehungen aufgrund des Gegeneinander-Drehens von Körperteilen (vgl. Kasat, 1992, S. 150).

Lattenpassage möglich wird. Bei zu starkem Drehimpuls im Absprung kann auf ähnliche Weise auch entgegengesteuert und die Lattenlage verbessert werden.

c. Hüftwinkelvarianten im Angehen der Latte – Sit-and-Kick-Flop

In den Standardwerken zur Leichtathletik bzw. zum Hochsprung wird die optimale Lattepassage relativ einheitlich („Überstrecken der Hüfte“), also varianten- und problemlos beschrieben. Aufgrund der Beobachtung davon abweichender Spitzenathleten untersuchten wir daher die Überquerungstechnik von Weltklassespringern.

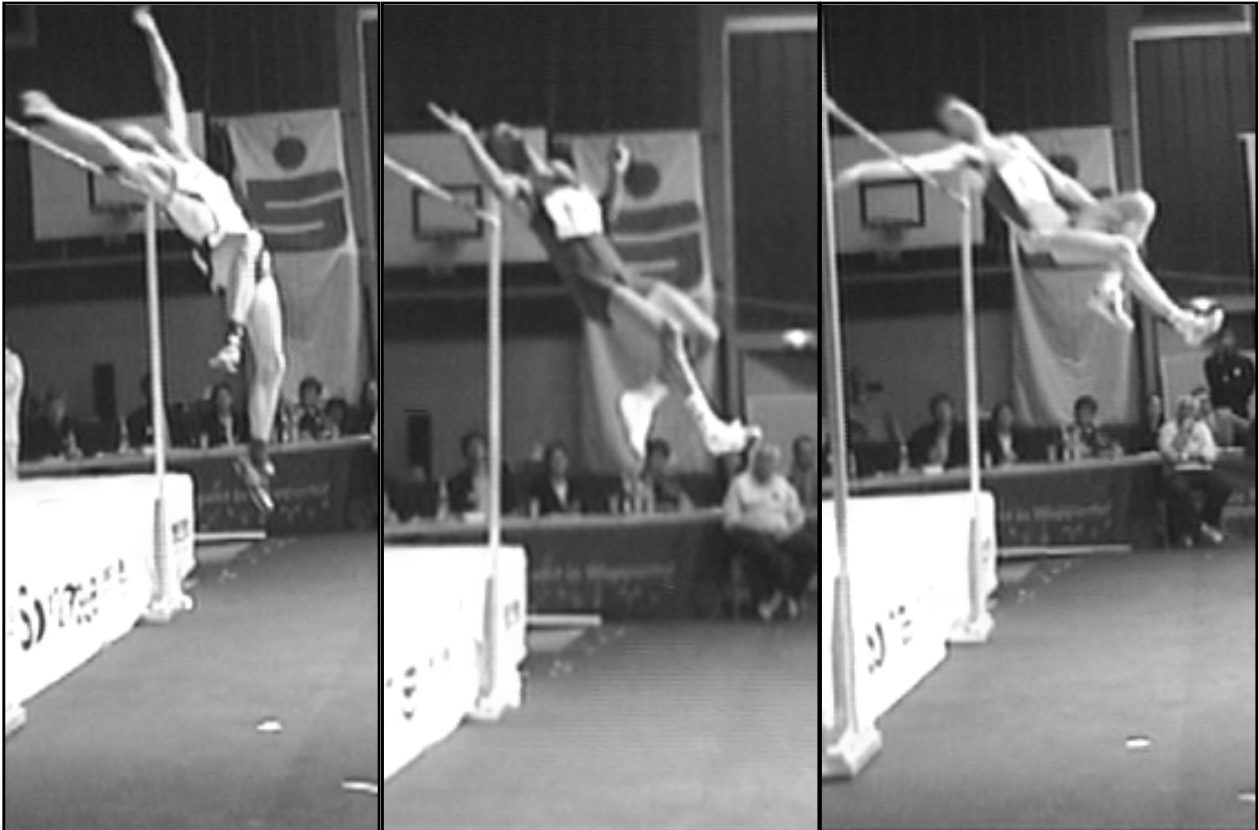


Abb. 6.14: Unterschiede in der Steigephase bei Weltklassehochspringern (5.02.1998, Wuppertal), a) Forsyth ohne Hüftabsenkung, b) Grant mit leichter Hüftabsenkung, c) Detchenique mit starker Hüftabsenkung

Dabei fanden wir heraus, dass es neben einer Mehrheit von Springern mit einer permanenten Streckung der Hüfte einige Hochspringer internationalen Niveaus gibt, die eine andere Form der Körperhaltung im Flug verwenden. Abbildung 6.14 illustriert die Unterschiede. Die Abweichung betrifft insbesondere die Steigephase und das Angehen der Latte. Nach einem kurzen Fixieren (Einfrieren) der Absprungsfigur senken diese Athleten vor der Lattenüberquerung die Hüfte ab, um sie anschließend wieder zu strecken bzw. überstrecken (siehe Abb. 6.15). Diese Hüftbeugung ist mehr oder weniger stark ausgeprägt, sie beträgt, definiert man die gestreckte Hüfte als 180° , bis zu 95° und erreicht also

beinahe einen rechten Winkel (Tab. 6.25). Einmal für das Phänomen sensibilisiert, konnten wir auch bei Athleten, von denen wir zuvor annahmen, sie hätten eine „normale“ Lattenpassage, beobachten, dass sie das Becken im Angehen der Latte absenkten (z.B. Mögenburg).

Durch das Absenken, Strecken und wieder Absenken kommt es zu einem wellenförmigen Auf-und-Ab der Bewegung des Beckens. Gemäß dem besonderen Bewegungsverlauf bezeichnen wir diese technische Variante als „Absitz-Überstreck-Variante“ oder als „Sit-and-Kick-Flop“. Neu ist diese Art der Lattenpassage nicht, schon 1975 wurde J. Törring mit dieser Technik Europameister.

Tab. 6.25: Sporttechnische Daten zu den untersuchten Springern

Name	Nation	Größe	BL	Diff.	Sprunghöhe im Test	Hüftbeugewinkel ¹⁶¹ in der Steigephase
Conway	USA	1.86	2.40h	0.54	2.27 m	120°
Mögenburg	BRD	2.01	2.39h	0.38	2.33 m	150°
Sonn	BRD	1.98	2.39h	0.41	2.30 m	180°
McCants	USA	1.86	2.37	0.51	2.30 m	170°
Grant	GB	1.86	2.37h	0.51	2.30 m	110°
Saunders	BER	1.90	2.36	0.46	2.30 m	130°
Banks	USA	1.73	2.30	0.57	2.27 m	95°
Detchenique ¹⁶²	FRA	1.86	2.31	0.45	2,30 m	95°

Bei den bisherigen Beschreibungen der Floptechnik ging man davon aus, dass die Fortsetzung der Absprungstreckung in der Steigephase bis zum Angehen der Latte, also das Fixieren der gestreckten Hüfte mit Varianten der Schwungbeinführung, das Normale, einzig Richtige und sozusagen das Natürliche sei¹⁶³. Das erscheint jedoch nicht zwingend, ist das Fixieren (Stillhalten) in einer Streckposition eher ein künstliches, statisches Element, das Halteenergien verbraucht (vgl. Meinel & Schnabel, 1998, S. 107). Die Vertreter der neuen Flugtechnik im Flop verwenden dagegen im Hinblick auf die Hüftbewegung ein dynamisches, rhythmisches Element:

1. Streckung (zum Absprungende)
2. Absetzen/Senken (in der Steigephase)

¹⁶¹ Ein Winkel von 180° bedeutet eine völlige Hüftstreckung, ein Winkel von 90° einen rechten Winkel zwischen dem Oberkörper und dem stärker gebeugten Bein.

¹⁶² Auswertung 1998 bei der gleichen Veranstaltung mittels Videoprint.

¹⁶³ Für die Trainer galt eine Abweichung von der Streckhaltung im Angehen der Latte als Fehler, die als „Zappeln“ oder „unruhige Flugphase“ bezeichnet wurde. Sie führe häufig zu unnötigen Fehlversuchen und sei daher zu unterbinden. Da ein Grund für die rasche Durchsetzung des Flop' seine Einfachheit war, ist diese Sichtweise durchaus plausibel. Anfängern und Fortgeschrittenen, die noch um technische Stabilität ringen, ist aus diesem Grund von der Absitz-Überstreck-Variante abzuraten.

3. Überstreckung (während der Lattenpassage)
4. Absitzen (beim Lösen von der Latte)

Grosser & Neumaier schreiben zur Bedeutung der Ausholphase in der Vorbereitungsphase:

„Zweck der Ausholbewegung ist das Schaffen einer optimalen Ausgangslage für die Hauptphase, d.h. eine optimale Beschleunigungsphase.“
(Grosser & Neumaier, 1982, S. 30).



Abb. 6.15: Sit-and-Kick-Technik, Detchenique (2,30 m, 5.02.1998, Wuppertal)

Dieser Zusammenhang lässt sich auf die Beziehung von erstem zum zweiten Teil der Hauptphase übertragen, denn das „Absitzen“ vor der Latte kann als Ausholbewegung für die Hüftüberstreckung in der nachfolgenden Lattenüberquerung verstanden werden. Auch beim Beckenabsenken in der Steigephase geht es um die Vorbereitung einer optimalen Ausgangslage für die anschließende Lattenpassage (2. Teil der Hauptphase)¹⁶⁴. Solche

¹⁶⁴ Vergleiche dazu auch die Aussage von Meinel & Schnabel (1998, S. 116) zum Speerwurf, bei dem die Abwurfdynamik durch eine Ausholbewegung in der Stemmphase herbeigeführt bzw. gesteigert wird

Ausholbewegungen versprechen eine größere Ausschöpfung der Bewegungsamplitude in der nachfolgenden Hauptbewegung, d.h. hier eine größere Überstreckung über der Latte.

Nach dem Absprung können die Flughöhe und das Drehmoment des KSP nicht mehr beeinflusst werden. Vereinfachend kann man davon ausgehen, dass jeder Hochspringer im Absprung eine Kippbewegung um die Beckenachse (Synonyme: Transversal- oder Breitenachse¹⁶⁵) erzeugen muss (Müller, 1986, S. 52). Aufgrund dieses Drehimpulses kippt der Oberkörper während der Flugphase bzw. Lattenpassage nach hinten-unten, die Beine bewegen sich nach vorne-oben (Steiner, Ebenhöf & Knebel, 1970, S. 954). Der entsprechende Drehimpuls wird primär durch das Aufrichten aus der Innenlage hin zur Latte erzeugt. Bei der Mehrzahl der Springer führt diese Bewegung am Ende des Absprungs zu einer Neigung der Streckachse Richtung Latte¹⁶⁶. Im Flug wird die Rotation bzw. Kippung um die Transversalachse fortgesetzt. Daher besteht beim Angehen der Latte die Gefahr, mit der lattennahen Schulter die Latte zu reißen.

Durch das Absenken der Hüfte werden der Oberkörper und damit die Schulter entgegen der allgemeinen Kippbewegung von der Latte weg geführt, so dass die Gefahr des Reißens mit der Schulter verringert ist. Die anschließende Überstreckung der Hüfte erfolgt idealer Weise erst, nachdem sich die Schultern höher als das Lattenniveau befinden.

Dieser Vorteil wird mit steigender relativer Sprunghöhe (Differenz Lattenhöhe zu Körpergröße) größer. Denn je länger das Steigen dauert, umso länger wirkt auch der Drehimpuls und umso weiter dreht sich der Oberkörper nach hinten, ungünstigen Falles eben in die Latte.

Dadurch, dass beim „Absitzen“ die Körperextremitäten näher an den KSP herangeführt werden, ist die Drehgeschwindigkeit um die Transversalachse erhöht (analog Streck- vs. Bück-/Hocksalto beim Turnen, vgl. Baumann, 1989, S. 65). Der gesamte Körper dreht sich also schneller, d.h., der Oberkörper taucht früher ab, und die Beine werden eher aus dem Gefahrenbereich der Latte angehoben. Dieser in unserer Untersuchung nur tendenziell zu beobachtende positive Begleiteffekt wird von Dapena u.a. (1997, S. 23) bestätigt, der anhand statistischer Auswertungen aller von ihm untersuchten Springer ermittelte, dass mit steigender Rotationsgeschwindigkeit die Gefahr des Reißens geringer wird. In diesem Zusammenhang interessant ist der Technikvergleich von Henkel und Babakova (Killing, 1993c, S. 60), bei dem Henkel aufgrund einer starken Kippbewegung die Beine so schnell von der Latte anhebt, dass ein Hüftabsenken hinter der Latte kaum noch erforderlich ist. Timing-Fehler werden so – ohne Einsatz der Absitz-Überstreckvariante, aber zulasten des Vertikalstoßes – minimiert (siehe Abb. 6.16).

¹⁶⁵ Siehe dazu Grosser & Neumaier (1982, S. 34).

¹⁶⁶ Als Ausnahme sei noch einmal Paklin genannt, der aufgrund seines geringen Abstands zur Lattenebene mit Neigung von der Latte weg abspringt, dann aber aufgrund eines großen Rotationsimpulses umso schneller rotiert (Ritzdorf & Conrad, 1987, S. 45). Aufgrund unserer Analysen zählt R. Sonn, zumindest im untersuchten Sprung, auch zu diesem seltenen Springertypus.

Trotz dieses theoretischen Vorteils sind die Fehlversuche bei der Sit-and-Kick-Technik häufiger als bei der klassischen Form¹⁶⁷. Die Bewegung des Beckens, aber auch Ausgleichsbewegungen der Arme bringen diese Körperteile in den Gefahrenbereich der Latte und erschweren ein sicheres Timing während der Lattenpassage.



Abb. 6.16: Starke und geringe Rotation um die Transversalache links I. Babakova mit geringer Rotation, rechts H. Henkel mit starker Rotation (Hommel, 1993)

Die Absitz-Überstreck-Variante ist ein akrobatisches Flugteil zur Effektivierung der Lattenpassage. Wenn Ballreich & Ballreich (1996, S. 109) davon sprechen, dass in resultatorientierten Sportarten die Entwicklung von Teiltechniken gegenüber der Gesamttechnik dominiert, ist die Sit-and-Kick-Technik dafür ein guter Beleg. Sie ist technisch aufwendiger und schwieriger als die normale Flughaltung. Sie erfordert vom Anwender ein hohes technisch-koordinatives, beinahe akrobatisches Niveau¹⁶⁸. Dadurch ist sie vermutlich nicht für sehr große Athleten und auch nicht für solche mit nur durchschnittlichem oder geringem akrobatisch-turnerischem Geschick geeignet.

¹⁶⁷ Gemäß Wettkampfauswertung 24.01.89 in Wuppertal.

¹⁶⁸ In diesem Zusammenhang erwähnenswert ist J. Törring, der ein äußerst vielseitiger Athlet mit Spitzenleistungen im Weit- und Stabhochsprung, Hürdenlauf und Zehnkampf war. Das spricht für seine turnerisch-akrobatischen Fähigkeiten.

Da bei nur geringer Überhöhung die Zeit für Konterbewegungen fehlt, wird die Absitz-Überstreck-Variante mit zunehmender Differenz von Sprunghöhe und Körpergröße vorteilhafter. So erklärt sich, dass bisher noch keine Spitzenhochspringerin mit einem entsprechenden Bewegungsablauf ermittelt werden konnte¹⁶⁹.

d. Hüftüberstreckung

Der für die Lattenüberhöhung wichtigste Unterschied betrifft die Überstreckung von Hüfte und Wirbelsäule während der Lattenpassage. Durch eine komplette Überstreckung kann der KSP stark nach unten, im Extrem sogar außerhalb des Körpers befördert werden, so dass die KSP-Flughöhe niedriger als die Lattenhöhe ausfällt (in unseren ca. 250 Auswertungen erst dreimal festgestellt), durch ein „Sitzen“ über der Latte wird der Abstand von KSP-Scheitelpunkt und Latte nachteilig vergrößert.

Tab. 6.26: Maximale Hüftüberstreckung während der Lattenpassage in °

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	224,29	12,84	5,72	190	250	60
M1	36	229,28	11,80	5,15	190	250	60
M2	36	219,31	12,00	5,47	196	249	53
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	221,07	11,99	6,25	192,00	250,00	58,00
F1	36	223,08	12,16	5,45	192,00	250,00	58,00
F2	36	219,06	11,63	5,31	192,00	241,00	49,00

Tabelle 6.26 weist aus, dass bei unseren 3-D-Untersuchungen alle Springer zumindest kurzzeitig das Hüftgelenk (Winkel Schulterachse – Hüfte – Knie) über 180° strecken. Dies braucht jedoch nicht zu einer Korrektur der Beobachtungserfahrung zu führen, wonach einzelne Springer die Latte mit abgelenkter Hüfte passieren. Denn erstens wurde der maximale Überstreckwinkel während der Lattenpassage erfasst, der in der Regel nur kurzzeitig beibehalten wird und zweitens kann durch eine Überstreckung der unteren Lendenwirbelsäule ein kleinräumiges Hüftbeugen kompensiert werden, so dass der großräumig bestimmte Hüftwinkel dennoch über 180° liegt. Die Tabelle zeigt, dass sich die Mittelwerte der Männer und Frauen nur geringfügig unterscheiden ($F_{\text{Geschl}} = 2,64$; $p = 0,106$), die der Leistungsklassen dagegen erheblich ($F_{\text{Leist}} = 12,46$; $p = 0,001$). Dabei sind die Unterschiede bei den Männern mit ca. 10 deutlich größer als bei den Frauen (4), die entsprechende Interaktion ist jedoch nicht signifikant ($F_{\text{Int}} = 2,25$; $p = 0,136$). Tabelle 6.26 zeigt schließlich, dass die gewogenen Streumaße eine mittlere Ausprägung haben, die Streubreiten jedoch beträchtlich ausfallen. Durch die Aufteilung in Leistungsklassen werden die Streumaße kaum verringert.

¹⁶⁹ M. Jagar (BL 2,04 m) zeigt am Ehesten einen entsprechenden Technikansatz, doch kann ihre Sitzposition über der Latte auch als Fehler eingestuft werden.

e. Kopfstellung

Ebenfalls unterschiedlich ist die Kopfstellung während der Lattenüberquerung, der Kopf kann im Nacken oder auf der Brust geführt werden. Während in den Anfangszeiten des Flop die Kopfstellung auf der Brust mit Beobachtung des Fluges entsprechend dem Erfinder der Technik Dick Fosbury favorisiert wurde (z.B. Kerksenbrock, 1970, S. 1280), hat sich in den letzten Jahren bei Weltklassespringern jedoch die Nackenposition des Kopfes durchgesetzt. Dadurch soll die Wirbelsäule in eine zusätzliche Überstreckung befördert werden (z.B. Smith, in Killing; 1995a, S. 15). Tidow (1994, S. 16) spricht davon, dass die Kopf-im-Nacken-Position den Körperstellreflex begünstige. Da für eine effektive Lattenpassage die Hüftüberstreckung wichtiger als die der oberen Wirbelsäule ist und da erstere auch mit dem Kopf auf der Brust möglich ist, kann die Kopfstellung jedoch nicht automatisch als Qualitätsmerkmal der Lattenpassage betrachtet werden¹⁷⁰.

f. Landung

Die Landung enthält keine eigenständigen Bewegungen mehr, vielmehr ist sie die Folge der vorigen Bewegungsteile (Absprung, Lattenüberquerung). Insofern geben die qualitativen (Landeposition) und quantitativen (Abstand KSP-Lattenebene) Unterschiede noch einmal wichtige Hinweise auf die Gestaltung der Hauptphase

Die Landeposition auf dem Nacken, den Schultern oder dem Rücken weist auf den (in der Reihenfolge abnehmenden) Kippimpuls. Je mehr die Landung auf Kopf oder Schultern erfolgt, je näher die Extremitäten sich am KSP befinden und je höher die Drehgeschwindigkeit ist, um so eher wird der Springer die Landung mit einer Rolle rückwärts beenden. Die Saltolandung mit Landung auf den Füßen nimmt diese Rolle schon in der Luft vorweg. Sie ist zwar spektakulär, hängt jedoch mehr vom Körperschluss im „Landeanflug“ als von der Höhe der Drehimpulse oder der Lattenbewegung ab und ist daher nicht leistungsrelevant. Der Abstand KSP-Lattenebene bei der Landung hängt von der Flugweite, die wiederum von Anlauf- und horizontaler Abfluggeschwindigkeit ab. Während diese Einflussgrößen mit zunehmendem Betrag den Abstand vergrößern, erlaubt eine große Kippgeschwindigkeit (Rotation um die Transversalachse) eine steile Flugbahn und entsprechend eine der Latte nahe Landung.

6.5 Diskussion und Interpretation

Technikspielräume findet man in allen Sportarten, sie sind geradezu ein Charakteristikum sportlicher Leistungen. Letzelter & Letzelter (1983, S. 25) sprechen vom „kompensatorischen Charakter aller sportlichen Leistungen“. Sie gründen auf den individuellen Aus-

¹⁷⁰ So lassen sich viele Beispiele für eine gute Wirbelsäulen- und Hüftüberstreckung bei gleichzeitiger Kopf-auf-der-Brust-Stellung beobachten, z.B. Fosbury und Stones (siehe entsprechende Bildreihen bei Nett, 1968, 1972).

prägungen der einzelnen (konstitutionellen, konditionellen, koordinativ-technischen) leistungsbestimmenden Einflussgrößen und zielen auf die individuelle Optimierung der Technik (Thorhaur & Kampe, 1993, S. 169). Insofern sind Technikleitbilder immer nur Orientierungsrahmen für die individuell optimale Technik oder für den individuellen Stil¹⁷¹.

Schon in den Kapitel 1 wurde auf die großen Bewegungsfreiräume beim Hochsprung im Allgemeinen hingewiesen (siehe auch Göhner, 1996, S. 67). Die aufgeführten Untersuchungsergebnisse ergeben für den Hochsprung in der Floptechnik weit über das in der Fachliteratur diskutierte Maß hinausgehende Freiräume für die konkrete Sprunggestaltung. Gravierende Unterschiede für wesentliche Bewegungselemente ergaben sich zwischen Männern und Frauen, innerhalb der Geschlechtergruppen und auch innerhalb der jeweils leistungsstärkeren bzw. schwächeren Teilgruppen. Die Spielräume betreffen beinahe alle Anteile der Hochsprungbewegung und beinhalten gleichermaßen qualitative wie quantitative Parameter. Die Bewegungsfreiräume geben nicht nur Aufschluss über die Vielzahl wirksamer Freiheitsgrade, sondern auch über das (große) Ausmaß der Substituierbarkeit der Faktoren untereinander. Offenbar ist die These von Bauersfeld & Schröter (1992, S. 28), Weltspitzenleistungen ließen nur eine geringe Zahl von Freiheitsgraden in den Leistungsvoraussetzungen zu, für den Hochsprung nicht zu halten. Auch die normative Vorstellung von Tidow (1994), der für den Hochsprung eine schnelligkeitsbetonte Zieltechnik empfiehlt, wird der technischen Vielfalt nicht gerecht. Denn die Individualisierung der Technik kann durchaus Leitbildgrenzen übersteigen, wie es Thorhauer & Kampe (1993, S. 170) erklären und wie es unsere Ergebnisse belegen.

Tab. 6.27: Technikraaster Hochsprung (siehe folgende Seiten)

Abkürzungen:	primär geeignet für
A	= Anfänger,
T	= Topathlet,
K	= kraft- ,
S	= schnelligkeitsbetonte Springer
eT	= besonders anspruchsvolles Technik- element, nur für einzelne Topathleten geeignet

¹⁷¹ Den sportlichen Stil definieren Thorhauer & Kampe (1993, S. 172) als „eine auffällige sporttechnische Lösung, die von der Normalität abweicht, aber keine technischen Fehler beinhaltet“ bzw. als „zulässige Individualisierung eines generalisierenden sporttechnischen Leitbildes.“

Nr.	Funktions-Phase Bewegungssegment	Zieltechnik	funktionale Äquivalente Technikspielräume (1s)	In Ausnahmefällen geeignet für () Fehler (eingerrückt)
A	Anlauf			
	Allgemeine Hinweise			
	Anlaufbeginn	Stand	Angehen / Antrippeln/Knieheben	Anlauf zur Marke (T)
	Schrittzahl	8-9 Schritte	7-11 Schritte	4-6 (A), 12-13 (eT) <4, >13
	Anlaufgestaltung	Steigerungslauf	Druck-Frequenzlauf	Frequenzlauf (eT) mehrfacher Rhythmuswechsel
	Umlaufmarke, Radius	3-7 m, mit Va und Sprunghöhe steigend		< 3 (A), >7 (eT), voller Bogen (eT) gerader Anlauf
	Kurveneingang	gleichmäßiger Richtungswechsel		eckig, abrupter Richtungswechsel
	Innenlage Kurvenlauf	15-25°		<15° (A), >25° (eT) abgeknickter Oberkörper
	Einzelne Beobachtungskriterien			
A.1				
	Treffen der Ablauf-Marke	getroffen	Toleranzbereich 20 cm	deutlich verfehlt
A.2			immer gleiche Abweichung	falsches Bein an der Marke
	Laufverhalten	leichte Sprintvorlage	deutliche Vorlage	Rücklage
		aktive Schwungelemente		blockierte Schwungelemente
		Abdruckbeinstreckung		unvollst. Beinstreckung
B	Absprungvorbereitung			
B.1	Allgemeine Hinweise	schnelligkeits-reaktivkraftbetonte Absprungvorbereitung (=S)		
		explosiv-maximalkraftbetonte Absprungvorbereitung (=K)		
	Armschwungvarianten	Führarmtechnik (S)	Gegenarmzug (S)	kurzer Doppelarmsatz (eT)
			langer Doppelarmschwung (K)	Butterflyvorbereitung
				Armentlastungstechnik
	Einzelne Beobachtungskriterien			
B.2	drittletzter Kontakt			
	Fußaufsatz	Vorderfuß	Mittelfuß, ganzer Fuß (mT)	Ferse (eT)
	Körperhaltung	leichte Vorlage	aufrecht	starke Vorlage, Rücklage
	Armführung	gegengleich		beide Arme vorne, dann nach oben beide Arme hinten
	Abdruck	flach nach vorn		nach oben
B.3	vorletzter Kontakt			
	Fußaufsatz	ganzer Fuß	Mittelfuß (ST), Ferse (K)	Vorderfuß (A)
	Fußposition	leicht nach außen versetzt	auf dem Kreisbogen	nach innen versetzt
	Armstellung	Gegenarm (S)	Arme vorne (D, K)	Arme seitlich angehoben früher Führarm, Arme hinten
	Körperposition	aufrecht	leichte Rücklage (K)	Vorlage (A) Verwindungen
	Innenlage	20-30°		<15° (Anf.), > 30° (eT) abgeknickter Oberkörper
	Amortisation	KW 120-150°	110-160 °	KW >160° (A), <110° (K)
	Abdruck	nicht ganz gestreckt	vollständige Streckung	Sprungabdruck keine Streckung
	Schrittlängen	letzter Schritt etwas kürzer	letzter/vorletzter Schritt gleich	vorletzter Schritt kürzer sehr langer letzter Schritt
	Endgeschwindigkeit	abh. von der Sprunghöhe	1 s (+/-)	2 (S), -2 s (K)
		Mä = 0,86 + 0,03 x H, Fr = 2,0 + 0,025 x H		

C	Absprung			
C.1	Fußaufsatz			
	Fußaufsatz	Ferse / ganzer Fuß	ganzer Fuß	Mittelfuß (A) Vorderfuß
	Fußstellung	in Laufrichtung	leicht nach außen verdreht	stark nach außen/innen verdreht
	Abstand	mit Höhe und va steigend	1 s (+/-)	2 s
		$Mä = -27,5 + 0,54 \times H$; $Fr = -50,2 + 0,69 \times H$		
	Sprungauslage /	mit Höhe steigend	1 s (+/-)	2 s
	KSP-Absenkung	$Mä = -14,2 + 0,13 \times H$; $Fr = -17,8 + 0,16 \times H$		
	Längsachsenrotation	leichter Vorlauf lattenn. Schulter	keine Verwringung	starker Vorlauf lattennahe Schulter
	Innenlage	85-90°	80-92°	<80°, >92°
				Oberkörper abgeknickt
	Schwungbeinhaltung	angeferst am Gesäß (S)	im Knie leicht geöffnet	im Knie deutlich geöffnet (K)
	Arme	beide gebeugt hinten ausgeholt	Führarm (S), Gegenarm (S)	Arme vor dem Körper
			beide gestreckt hinten (K)	Arme oberhalb der Schultern
C.2	Amortisationsphase			
	Sprungkniebeugung	10-15 °	5-25 °	> 25 °
C.3	Take-Off			
	Streckung Steckachse	vollständig in allen Gelenken	weitgehend (A)	unvollständig
	Seitneigung Rumpf/Kopf	leichte Neigung zur Latte	Vertikalstellung (eT)	starke Neigung zur Latte Neigung von der Latte weg
	Arme	beide Arme gebeugt über Kopf	Führ- o. Gegenarmschwung (S)	Arme unter Schulterhöhe
			beide Arme gestreckt über K.	
	Schwungbein	Oberschenkel waagrecht	Kniewinkel spitz (S) offen (K)	im Knie gestreckt (eK)
		Kniewinkel ca. 90°	Knie über waagrecht° (eT)	niedrig (unter waagrecht)
	Längsachsendrehung	Schulterachse diagonal zur Latte	mehr oder weniger	Brust/Rücken zur Latte
	Absprungdauer	150-180 ms	130-190 ms	<130 ms (S), <190 ms (K)
D	Flugphase			
D.1	Steigephase, Angehen			
	Kopfstellung	gestreckt	auf der Brust oder zur Seite	im Nacken
	Rumpf	vertikal	leichte Vor- oder Rücklage	starke Vor- oder Rücklage
	Arme	Führarm greift zur Latte	Arme werden angelegt	unnötige Armbewegungen
	Hüfte	gestreckt	leicht überstreckt, abgesetzt	stark gebeugt (eT) starke Überstreckung
	Schwungbein	leicht fallengelassen	gebeugt gehalten	frühzeitig gestreckt (eT) Beinbewegungen
	Sprungbein	leicht angeferst	gestreckt	stark angeferst (eT)
	Längsachsenrotation	Rücken dreht zur Latte		zu frühe/späte Rotation
	Flugbahn	hoch-weit (S)	steil (K)	zu steil/flach
D.2	Überquerung der Latte			
	Rumpf-Becken-Haltung	gute Überstreckung	extreme Überstreckung	Sitzhaltung
	Beckenlage	waagrecht		Schiefelage
	Kopfstellung	im Nacken	auf der Brust	
	Armstellung	Führarm vorne, anderer angelegt	beide Arme angelegt	Arme vom Körper entfernt
	Beine	parallel und angeferst	leicht gegrätscht	gegrätscht, nicht parallel Knie gestreckt
D.3	Lösen von der Latte			
	Kippen, Abtauchen	mittleres Oberkörperabtauchen	starkes Abtauchen	geringe Abtauchen
	Anheben der Beine	erst Hüftabsenken, dann Kniekick		im Knie gestreckt
	Armhaltung	nach vorn oben (actio-reactio)		Arme bleiben unten
D.4	Landung			
	Niederflughaltung	L-Position, Arme seitlich	Beine angehockt (Salto)	
	Landung	auf rundem Rücken	Nacken/Kopf	Saltolandung (eT)

Die Frage, wie die Bewegungsfreiräume begrenzt werden bzw. welche Abweichung noch toleriert werden kann und welche nicht mehr, wird in der einschlägigen Literatur unterschiedlich beantwortet. Thorhauer & Kampe (1993, S. 171) gehen davon aus, dass es bei jeder Technik Merkmale mit geringen und solche mit großen Toleranzbereichen für individuelle Technikanpassungen gibt. Meinel & Schnabel (1998, S. 128) sprechen von Knotenpunkten einer Handlung und schließen damit an den Begriff des Kennlinienschlauches von Gutewort (1968, S. 659) an, der sich an den entscheidenden Punkten verengt. Nach Dapena (1996) ist der Absprung solch ein Nadelöhr, an dem höchste Bewegungspräzision erforderlich ist, um eine optimale Leistung zu erzielen. Die bei unseren Untersuchungen ermittelten großen Streuungen auch im Bereich des Absprungs widersprechen diesem Trichtermodell.

Wir gehen stattdessen von einem Tunnel- oder Schlauchmodell aus, das zwar eine große Steigehöhe und damit eine hohe Abfluggeschwindigkeit erfordert, aber in allen mehr- oder andersdimensionalen Teilen des Hochsprungs Bewegungsfreiräume lässt. Im Unterschied zu den anderen leichtathletischen Sprüngen und den geraden Würfeln muss sich der Schlauch zum Absprung (Abwurf) hin nur geringfügig verengen, da der Hochspringer nicht punktgenau abspringen muss, um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Während es bei Weit- und Dreisprung einen vordersten Punkt gibt, von dem man idealer Weise abspringt, um die maximal mögliche Weite realisieren zu können, kann der Hochspringer aufgrund der 4 m langen Hochsprunglatte den Absprung seitlich verlegen und vorangehende Veränderungen damit in gewissem Ausmaß ohne Nachteil für die Sprungleistung ausgleichen. Das erklärt, warum Abweichungen auch in Absprung und Flug möglich sind.

In Tabelle 6.27 sind die Bewegungsfreiräume der Floptechnik nach Hauptbewegungsphasen gegliedert zusammengestellt. Die Großbuchstaben entsprechen den Hauptbewegungsphasen, denen jeweils eingerückt Teilphasen unterlegt werden. In der nächsten Spalte ist die von uns favorisierte Technik benannt, die darauf folgende beinhaltet äquivalente Alternativen. Bei den wenigen Parametern, für die wir signifikante Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen ermitteln konnten, haben wir Regressionsgleichungen ausgewiesen. Dabei gehen wir davon aus, dass Abweichungen innerhalb einer Standardabweichung keinen Leistungsverlust bei der Zielgröße bewirken. Die letzte Spalte enthält Hinweise auf Fehler bzw. nur in Ausnahmefällen einsetzbare Technikelemente. Die Angaben in Klammern geben Hinweise darauf, mit welcher Technikvariante bzw. für welchen Springertyp dieses Bewegungselement besonders geeignet ist.

So spiegelt die Floptechnik, hiermit eine zusätzliche Begründung ihrer Überlegenheit liefernd, mit ihren technischen Spielräumen die Vielfalt früherer, miteinander konkurrierender Hochsprungstechniken wider.

7 Intraindividuelle Spielräume der Hochsprungtechnik

Aufgrund der konstitutionellen, konditionellen und technischen Unterschiede zwischen den einzelnen Springern resultiert die in Kapitel 6 aufgezeigte Vielfalt funktional gleichwertiger, technisch aber sehr verschiedener Stilarten und Bewegungselemente. Überraschend sind das aufgezeigte Ausmaß der Abweichungen und die Vielzahl der Varianten. Beim einzelnen Springer erwartet man dagegen einen typischen bzw. charakteristischen Bewegungsablauf.

Zur Reproduktionsfähigkeit der Technik finden sich in der praxisnahen Literatur mehr normative als deskriptive Aussagen, die primär den Anfängerbereich betreffen¹⁷². Dabei sollte mit steigendem Leistungs- bzw. Fertigniveau die Reproduktionsfähigkeit immer größer werden. Beim Fortgeschrittenen wird ein hoher Reproduktionsstandard vorausgesetzt, so dass die Bewegungskonstanz geradezu ein Qualitätsmerkmal des Hochleistungssportlers ist (Meinel & Schnabel, 1998, S. 132). Eine Quantifizierung der Bewegungsgenauigkeit findet sich primär zur Konstanz des Anlaufes bzw. der Schrittlängen. Drechsler (1990, S. 792) nennt in seinen Ausführungen über den Anlauf von Spitzenhochspringern als zulässige Abweichung für die Zwischenmarke 5 bis 10 cm. Größere Abweichungen lehnt er ab, da schon geringfügige Veränderungen im Anlauf erhebliche und komplexe Wirkungen im Sprung haben würden. Bothmischel & Prause (1989, S. 14) dagegen fanden an der Zwischenmarke Differenzen bis zu 60 cm und beim Absprung immer noch von 15 cm, also erheblich größere Bewegungsspielräume als Drechsler¹⁷³. Eventuell trifft für den Hochsprung die Vorstellung von Thorhauer & Kampe (1993, S. 171) zu, dass es bei jeder Technik Merkmale mit geringen und solche mit großen Toleranzbereichen gibt. Die Schrittlängen im Anlauf würden dann zu den letzteren Merkmalen zählen. Zu vermuten wäre, dass die der Kernbewegung bzw. Hauptbewegungsphase nächststehenden Absprungparameter eine hohe Wiederholungsgenauigkeit erforderten (Trichtermodell, s.o. Kap. 6.5). Dieser zunächst plausiblen Vorstellung steht der Steigerungscharakter des Hochsprungwettkampfes entgegen, der gerade für die leistungsbestimmenden Einflussgrößen mit zunehmender Sprunghöhe Veränderungen nahe legt. Unter diesem Aspekt wären zumindest zwei Varianten denkbar:

- der Springer passt seine Sprungbewegung der steigenden Höhe an (Ökonomie-Prinzip).
- der Springer versucht schon bei den unteren Höhen einen optimalen Sprung auszuführen (Optimal-Prinzip).

¹⁷² Siehe dazu die einschlägigen Leichtathletiklehrbücher wie Jonath u.a. (1995, S. 258), Bauersfeld & Schröter (1998, S. 236) oder Haberkorn & Plass (1992, S. 84).

¹⁷³ Loosch & Tamme (1997) formulieren korrespondierende Ergebnisse für den Weitsprung, bei einzelnen Spitzenspringern ermittelten sie innerhalb eines Wettkampfes Schrittlängendifferenzen von 6,5 bis 17 cm im mittleren Anlaufteil und bis zu 19 cm im letzten Schritt.

Während im ersten Fall bei offenem, sich verändernden Bewegungsablauf keine Präzision im Sinne einer Wiederholungsgenauigkeit möglich/erstrebenswert wäre, würde im zweiten Fall eine hohe Wiederholungsgenauigkeit im Sinne der Annäherung an die Idealtechnik angestrebt, so dass trotz des Steigerungscharakters der Bewegungsablauf von Sprung zu Sprung idealtypisch gleich ausfiele.

Diese sich widersprechenden Hypothesen waren für uns Anlass, unsere Untersuchungsdaten hinsichtlich der Reproduktionsfähigkeit der Athleten auszuwerten. Anhand der Ergebnisse der Anlaufuntersuchungen und insbesondere der 3-D-Analysen zur Absprungvorbereitung, zu Absprung und Flug möchten wir überprüfen, wie hoch der Grad an Präzision bzw. Wiederholungsgenauigkeit bei einzelnen Bewegungsteilen bzw. Parametern des Hochsprungs ausfällt. Dazu werden verschiedene Sprünge einzelner Sportler miteinander verglichen. Von einem Sportler liegen 28 Einzeluntersuchungen vor (Tab. 7.1), von anderen ebenfalls mehrere Einzelauswertungen¹⁷⁴.

Tab. 7.1: Sprungleistungen eines Springers (in cm) aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	217,11	10,48	195	236	41
2	bessere	14	225,36	5,11	220	236	16
3	schlechtere	14	208,23	7,95	195	217	22
4	Top 7	7	229,57	3,51	226	236	10
5	Ein-Wk	5	220,60	7,89	210	229	16
6	Gleiche Höhe	3	200,00	0,00	200	200	0

Die Sprünge des Athleten mit der größten Anzahl untersuchter Sprünge haben wir nach verschiedenen Prinzipien zusammengefasst (Tab. 7.1). Die einzelnen Aggregatformen gehen mit unterschiedlichen Erwartungen betreff der Streuung der nachfolgend zu diskutierenden Parameter, aber auch ihres Zusammenhangs mit der Zielleistung einher. Neben der Kategorie „alle Sprünge“ wurden analog der interindividuellen Untersuchung die untersuchten Sprünge nach Leistung in eine bessere und eine schlechtere Gruppe unterteilt. Von der besseren Gruppe wurde noch einmal die obere Hälfte in der Fraktion „Top 7“ zusammengefasst. Durch diese Splittung wird die Streuung in der Zielleistung reduziert, so dass wir erwarten, dass auch die Streuung der Beschreibungsgrößen bzw. Bewegungsparameter der Technik in entsprechendem Ausmaß geringer wird.

Noch homogenere Gruppierungen sind die, in den mehrere Sprünge an einem Untersuchungstermin ausgewertet wurden. Wir haben zu diesem Zweck die gültigen Sprünge eines Wettkampfes in einer Kategorie erfasst („Ein-Wk“). Hier steigen bedingt durch den

¹⁷⁴ Zu den Untersuchungsmethoden siehe Kap. 5. Entsprechend der geringen Fallzahl und der gezielten Auswahl kommen vorrangig deskriptive Auswertungsverfahren zum Einsatz.

Steigerungscharakter des Hochsprungwettkampfes die Streumaße für die Leistung, der Springer beginnt bewusst bei kleinen und endet bei großen Höhen. Dennoch gehen wir in diesen Fällen von einer hohen Konstanz der Bewegungs-Parameter bzw. Einflussgrößen aus. Die vermutlich homogenste Gruppierung ist die, in der drei aufeinanderfolgende Sprünge bei einer Höhe („Gleiche Höhe“) erfasst sind. Die zeitliche Nähe und der gleiche Aufforderungscharakter aufgrund der konstanten Höhe versprechen ein sehr hohes Ausmaß an Übereinstimmung der Bewegungsparameter. Deren Auswahl lehnt sich an die interindividuelle Analyse an.

7.1 Reproduktionsrate in den einzelnen Bewegungsphasen

7.1.1 Bewegungskonstanz in den vorbereitenden Bewegungsteilen

Anlauf

Im Rahmen unserer Anlaufuntersuchungen (Kap. 5.4.1) erfassten wir von jedem Springer alle Sprünge zu einem Untersuchungstermin. Daher bot sich neben dem Vergleich verschiedener Springer auch die Möglichkeit, mehrere bzw. alle Sprünge eines Springers miteinander zu vergleichen. Wir ermittelten von jedem Springer die Grobeinteilung des Anlaufes, Schrittzahl und Schrittlänge, Umlaufmarke und Richtungsänderungen von Schritt zu Schritt. Da sich die Grobeinteilung des Anlaufes, die Schrittzahl und die Umlaufmarke innerhalb eines Wettkampfes als konstante Größen erwiesen, beschränken wir uns nachfolgend auf die Ergebnisse zu den Schrittlängen und den Winkelveränderungen von Schritt zu Schritt.

Ausgangspunkt unserer Analysen sind die Anläufe des früheren Hochsprungweltmeisters Troy Kemp (Bahamas, BL 2,38 m). Innerhalb des Anlaufmusters von Kemp (Abb. 7.1) sieht man kleine, aber schon deutlich erkennbare Abweichungen, die durch die tabellarischen Werte (Tab. 7.2) quantifiziert werden. Im mittleren Anlaufteil finden sich Schrittlängenschwankungen von 25 cm, also Werten deutlich oberhalb der Toleranzspanne von 5 bis 10 cm, wie sie Drechsler (1990, S. 792) empfiehlt. Es läßt sich nun argumentieren, Kemp sei zum Untersuchungszeitpunkt 1992 noch nicht technikstabil gewesen, so dass seine Reproduzierbarkeit nicht gut entwickelt gewesen wäre.

Tab. 7.2: Vergleich der Schrittlängen und Winkelveränderungen von Schritt zu Schritt bei verschiedenen Sprüngen von T. Kemp (BL 2,38 m) in einem Wettkampf

Sprunghöhe	2,30	2,27	2,20	\bar{x}	R
Abstand	1,30	1,25	1,20	1,25	0,10
Länge 1	2,15	2,20	2,15	2,17	0,05
Länge 2	2,00	2,10	2,00	2,03	0,10
Länge 3	1,85	1,80	1,85	1,83	0,05
Länge 4	2,25	2,15	2,20	2,20	0,10
Länge 5	2,10	2,35	2,35	2,27	0,25
Länge 6	2,40	2,35	2,50	2,42	0,15
Länge 7	2,35	2,65	2,45	2,48	0,30
Länge 8	2,60	2,70	2,40	2,57	0,30
Winkel 0/1	20	20	21	20,33	1
Winkel 1/2	25	19	19	21,00	6
Winkel 2/3	5	7	8	6,67	3
Winkel 3/4	17	17	18	17,33	1
Winkel 4/5	5	4	2	3,67	3
Winkel 5/6	17	18	18	17,67	1
Winkel 6/7	1	5	5	3,67	4
Winkel 7/8	0	0	-1	-0,33	1

Daher ziehen wir die Anläufe einer weiteren Spitzenathletin, Heike Henkel, zum Vergleich heran. Entgegen der Erwartung mussten wir jedoch feststellen, dass bei Henkel die Abweichungen nicht kleiner, sondern erheblich größer als bei Kemp ausfallen (Tab. 7.3). Auffallend bei Henkel ist, dass die Übereinstimmung im ersten Schritt (in Tab. 7.3 Länge 7) größer als bei allen folgenden Schritten ist. Im mittleren und letzten Anlaufteil gibt es Schrittlängenveränderungen bis zu einem halben Meter. Bildet man Jahresfraktionen, z.B. die untersuchten Sprünge des Jahres 1991, werden die Streuungen deutlich geringer. 1991 setzt die Schrittverkürzung schon im drittletzten Schritt ein, im Jahr davor und danach erst einen Schritt später. Insofern kann man einen Teil der Abweichungen auf willkürliche Veränderungen des Anlaufes zurückführen. Aber auch innerhalb der Sprünge eines Wettkampfes bleiben die Streubreiten der Schrittlängen immer noch über denen von Kemp. Die Winkeländerungen von Schritt zu Schritt im Kurvenlauf fallen sehr unterschiedlich aus, bei Henkel finden sich Schwankungen bis 15° , innerhalb eines Wettkampfes bis 7° .

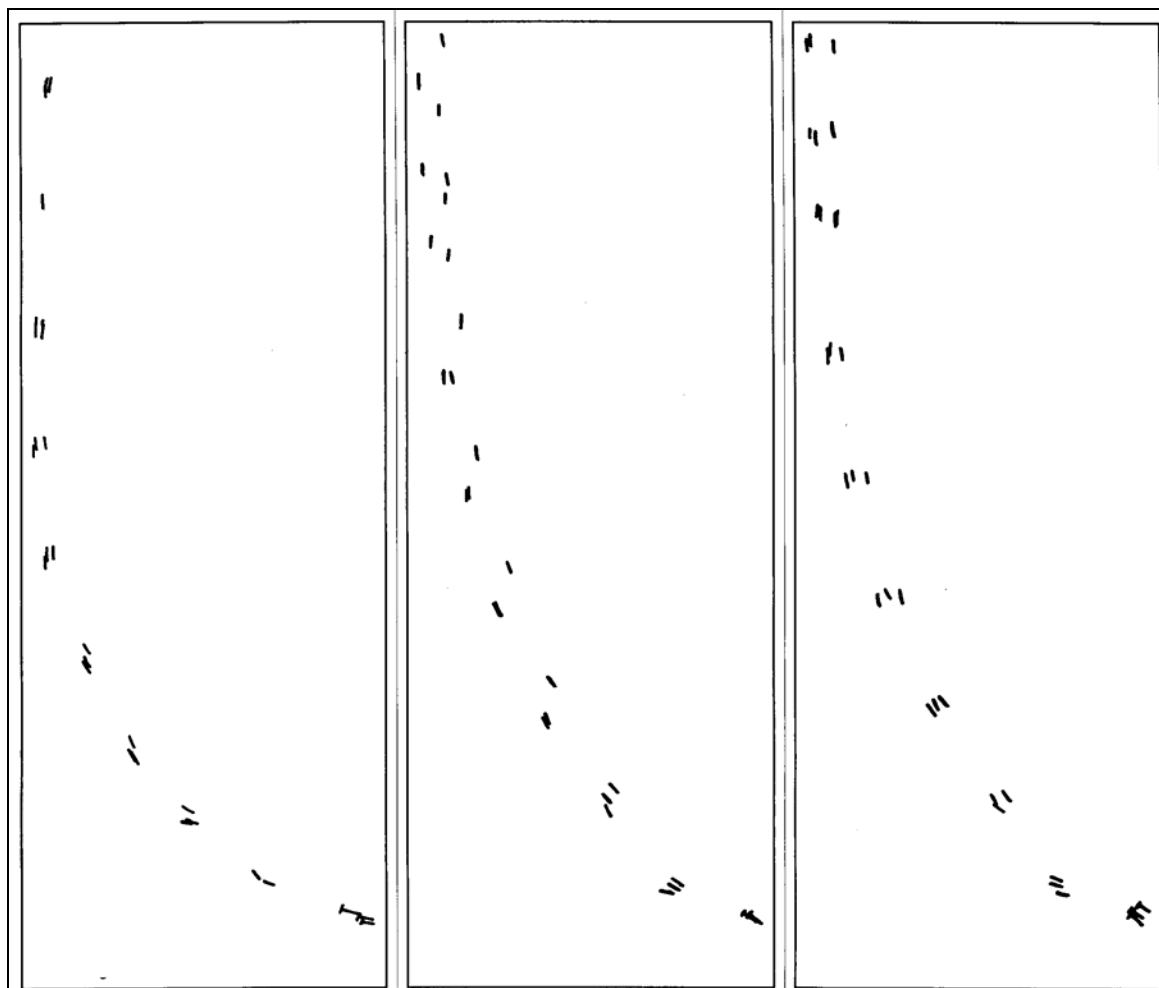


Abb. 7.1: Anlaufmuster von T. Kemp und H. Henkel

Links: Drei Versuche von Kemp innerhalb eines Wettkampfes 1992 (2.20, 2.24, 2.30)

Mitte: Die jeweils besten Versuche von Henkel der Jahre 1990-1992 (1.91, 2.00, 2.00)

Rechts: Drei Versuche von Henkel innerhalb eines Wettkampfes 1992 (1.90, 1.96, 2.00)

Daher verkehrt sich die Annahme, Kemp sei eine (negative) Ausnahme mit größeren Schwankungen im Anlauf beinahe in ihr Gegenteil, er weist besonders kleine Anlaufunterschiede von Sprung zu Sprung auf. Bei Henkel dagegen sind ganz erhebliche Abweichungen zu beobachten. Bei ihr und anderen Spitzenspringern fanden wir Schrittlängenschwankungen von 15-20 %.

Trotz dieser gravierenden Abweichungen im Detail erzeugen die Athleten typische, wiedererkennbare und reproduzierbare Anlaufmuster (siehe Abb. 7.1). Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Hildebrand (1997, S. 56), der bei Schwimmern unverwechselbare Bewegungsmuster ermittelte. Die Abweichungen summieren sich also nicht, sondern gleichen sich eher aus.

Tab. 7.3: Schrittlängen (m) und Winkelveränderungen (°) von Schritt zu Schritt bei verschiedenen Sprüngen von H. Henkel in mehreren Wettkämpfen

Jahr	1990	1991	1991	1991	1991	1992	1992	1992	\bar{x}	R
Höhe	1,93	2,00	1,97	1,94	1,90	2,00	1,96	1,90	1,95	0,10
Abstand	0,90	0,90	0,98	0,85	0,90	0,93	0,83	0,90	0,90	0,15
Länge 1	1,90	1,75	1,90	1,80	1,70	1,75	1,65	1,80	1,78	0,25
Länge 2	2,30	2,20	2,30	2,30	2,15	1,95	2,05	1,95	2,15	0,35
Länge 3	2,45	2,00	2,10	1,95	1,90	2,35	2,40	2,25	2,18	0,55
Länge 4	2,50	2,50	2,25	2,40	2,40	2,30	2,40	2,25	2,38	0,25
Länge 5	2,45	2,40	2,50	2,40	2,55	2,50	2,40	2,40	2,45	0,15
Länge 6	2,65	2,40	2,40	2,40	2,40	2,55	2,50	2,50	2,48	0,25
Länge 7	2,80	2,80	2,85	2,95	2,80	2,80	2,80	2,80	2,83	0,15
Winkel 0/1	27	25	26	24	28	20	22	20	24,00	8
Winkel 1/2	30	30	25	31	27	34	32	36	30,63	11
Winkel 2/3	4	0	0	-5	-4	0	0	0	-0,63	9
Winkel 3/4	11	15	24	20	17	9	10	10	14,50	15
Winkel 4/5	5	8	6	10	11	7	12	10	8,63	7
Winkel 5/6	9	8	7	9	5	9	7	5	7,38	4
Winkel 6/7	2	5	2	1	6	5	4	8	4,13	7
Winkel 7/8	2	1	0	0	0	2	3	1	1,13	3

Absprungvorbereitung

Für die Absprungvorbereitung, Absprung und Flug wurden die Ergebnisse der dreidimensionalen Analysen herangezogen. Diese stimmen bezüglich der Ausprägungen gemeinsamer Parameter (Schrittlängen, Richtungsänderungen im Kurvenverlauf, ...) mit denen der Anlaufuntersuchungen, aber auch mit anderen Untersuchungen grundsätzlich überein (siehe Kap. 6.1-6.2).

Kinematische Parameter der Absprungvorbereitung (AV) sind die Schrittlängen und die maximale Anlaufgeschwindigkeit, die Innenlage und der maximale Kniebeugewinkel im vorletzten Schritt (Schwungbeinhocke) und der Annäherungswinkel zwischen letztem Anlaufschritt und Lattenebene¹⁷⁵.

¹⁷⁵ Analog der interindividuellen Untersuchung befassen wir uns im vorliegenden Kapitel mit den beschreibenden Parametern. Ursächliche Zusammenhänge mit der Leistung bzw. die mehr erklärenden Parameter werden als leistungsbestimmenden Einflussgrößen in Kap. 8 erörtert.

Tab. 7.4: Länge des vorletzten Schrittes eines Springers (in cm), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	211,89	10,19	196	238	42
2	bessere	14	212,93	8,81	204	238	34
3	schlechtere	14	210,77	11,76	196	237	41
4	Top 7	7	215,29	11,53	204	238	34
5	Ein-Wk	5	209,20	4,82	204	214	10
6	Gleiche Höhe	3	212,33	2,31	211	215	4

Tabelle 7.4 und 7.5 zeigen die Länge der letzten beiden Schritte, der vorletzte ist durchschnittlich um ca. 6 cm länger, wobei die Differenz signifikant ist (F-Wert 5,97; $p = 0,022$). Wegen des geringen Unterschiedes ist von einer Mischform zwischen konstantem Schrittrhythmus und Lang-Kurz-Rhythmus auszugehen, wobei in einem Wettkampf (WK 1) der letzte Schritt sogar etwas länger als der vorletzte ausfällt. Die Streubreite erscheint mit 30 cm für den letzten und 42 cm für den vorletzten Schritt hoch, doch fällt der Variationskoeffizient kleiner als die der entsprechenden Sprungleistungen aus (vgl. Tab. 7.1). Bei anderen untersuchten Springern sind die Streumaße für die Schrittlängen vergleichbar. Beachtenswert ist, dass die Streubreite, aber auch die Standardabweichung in den Teilgruppen, für die eine geringere Streuung erwartet wurde, kaum abnimmt.

Tab. 7.5: Länge des letzten Schrittes eines Springers (in cm), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	206,04	8,34	194	224	30
2	bessere	14	209,43	7,94	196	224	28
3	schlechtere	14	202,38	7,39	194	220	26
4	Top 7	7	211,29	8,79	196	224	28
5	Ein-Wk	5	212,40	7,70	205	224	19
6	Gleiche Höhe	3	201,67	2,08	200	204	4

Die Schrittlängen bei den Sprüngen eines Untersuchungstermins fallen wie zuvor prognostiziert homogener als die bei den besten Sprüngen verschiedener Untersuchungstermine aus. Noch einmal deutlich reduziert sind die Streumaße bei drei aufeinander folgenden Sprüngen über eine Sprunghöhe, doch sind die Schrittlängen nicht identisch.

Tab. 7.6: Anlaufhöchstgeschwindigkeit (in m/s), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	7,48	0,34	6,79	8,04	1,25
2	bessere	14	7,58	0,30	7,01	8,04	1,03
3	schlechtere	14	7,38	0,36	6,79	7,89	1,10
4	Top 7	7	7,75	0,24	7,47	8,04	0,57
5	Ein-Wk	5	7,47	0,08	7,36	7,56	0,20
6	Gleiche Höhe	3	7,63	0,12	7,55	7,77	0,22

Der Springer erreicht die höchste Anlaufgeschwindigkeit in der Regel im vorletzten Schritt und wird im letzten Schritt im Mittel um ca. 0,4 m/s langsamer (Streubereich der Geschwindigkeitsreduktion von -0,2 bis +0,7 m/s). Damit liegt er im Trend der interpersonellen Auswertungen (s.o.)¹⁷⁶. Bei den besseren Sprüngen läuft der Proband schneller als bei den schlechteren an, doch sind die Unterschiede nicht signifikant (F-Wert = 2,45; $p = 0,13$). Bemerkenswert ist, dass die geringeren Anlaufgeschwindigkeiten den jeweils früheren Ergebnissen zuordbar sind (1995-1997). Diese Entwicklung soll später in ihren Auswirkungen auf die Sprungleistung überprüft werden. Schmäleret man die Auswertungsmenge um die Sprünge der genannten Jahre, sinkt der Streubereich auf das Niveau, das wir bei der Auswertung mehrerer Sprünge anderer Springer ermitteln konnten (0,57-0,94 m/s). Erst im oberen Leistungsviertel, in dem sich die Leistungen nur aus den späteren Untersuchungsjahren rekrutieren, sinken Streubreite und Standardabweichung deutlich.

Die Streumaße für die Sprünge eines Wettkampfs sind noch einmal geringer, d.h., innerhalb eines Trainings oder Wettkampfes läuft der Springer wesentlich konstanter an als bei den jeweils besten Sprüngen verschiedener Wettkämpfe. Dies führt beim Vergleich der Anlaufgeschwindigkeiten aller Sprünge zweier Wettkämpfe (größte Höhen 2,29 vs. 2,36 m) zu erheblichen Unterschieden in den Anlaufhöchstgeschwindigkeiten (1 = 7,39; 2 = 7,82 m/s). Wie erwartet reduzieren sich die Streumaße noch einmal bei mehreren aufeinander folgenden Sprüngen über die gleiche Höhe, immerhin liegt die Streubreite auch hier noch bei drei Prozent des Mittelwertes (Tab. 7.7).

¹⁷⁶ Nur bei relativ geringen Absolutgeschwindigkeiten konnten wir Geschwindigkeitszunahmen zum letzten Schritt feststellen. Hier korrespondieren die Ergebnisse mit denen der Gruppenauswertungen.

Tab. 7.7: Max. Kniebeugung im vorletzten Stütz (in Grad), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	113,93	9,38	101	133	32
2	bessere	14	112,93	9,38	102	127	25
3	schlechtere	14	115,00	9,64	101	133	32
4	Top 7	7	113,42	9,00	103	127	24
5	Ein-Wk	5	125,40	4,16	120	131	11
6	Gleiche Höhe	3	109,33	4,04	107	114	7

Die Beugung des Stützbeinknies im vorletzten Bodenkontakt, die sogenannte Schwungbeinhocke, ist ein Kriterium für das frühzeitige Absenken des KSP. In Kapitel 6 ermittelten wir für die Männergruppe einen mittleren Wert von 128° . Damit verglichen ist die Schwungbeinhocke des hier untersuchten Athleten mit durchschnittlich 114° erheblich. Die besseren und die schwächeren Sprünge divergieren im Mittel nur geringfügig um 2° . Die Streumaße erreichen Größenordnungen, die denen der Leistung vergleichbar sind. In der oberen und unteren Leistungshälfte und selbst im oberen Leistungsviertel schrumpfen sie nur geringfügig. Beide Kriterien, die geringen Unterschiede in den Mittelwerten und die erhebliche, kaum nachlassende Streuung, lassen auf einen geringen Zusammenhang zur Leistung schließen (F-Wert = 0,32; $p = 0,576$). Dagegen sind die Streumaße innerhalb eines Wettkampfes und noch mehr bei aufeinanderfolgenden Sprüngen über dieselbe Höhe erheblich reduziert (Tab. 7.8).

Bemerkenswert ist, dass sich der Mittelwert für den Schwungkniewinkel bei den Sprüngen eines Wettkampfes erheblich von dem eines anderen ($126,5^\circ$ vs. $105,5^\circ$) unterscheidet. Auch hier zeigt sich, dass die Variation weniger von der Leistung als von der aktuellen technomotorischen Ausprägung (konditionelles Niveau, willkürliche Technikansteuerungen, Tagesform) abhängt. Als indirekte Bestätigung dafür kann die nur unwesentlich geringere Streuung bei den Sprüngen über die gleiche Höhe innerhalb einer Trainingseinheit betrachtet werden. Immerhin wird damit ein durchaus beachtliches Mindestmaß an Streuung, eben ca. 4 % als „normal“ hingenommen.

Diese Folgerung lässt sich auch für die Innenlage im vorletzten Kontakt ziehen, die mit ca. 24° für Spitzenspringer einen nur durchschnittlichen Wert aufweist (Tab. 7.8). Die Gruppen 1-4 weisen ähnliche Mittelwerte und erhebliche Streuungen auf. Bestätigend für den geringen Leistungsbezug wirkt hier der gegenläufige Trend von der Gesamt- über die Halb- zur Viertelgruppe in den Mittelwerten. Wie schon bezüglich der Kniebeugung im vorletzten Stütz gibt es auch bezüglich der Innenlage zwischen verschiedenen Wettkampfauswertungen erhebliche Differenzen der Mittelwerte (21° vs. 27°). Auch im Vergleich der Sprünge eines Wettkampfes und mit mehreren aufeinanderfolgenden Sprüngen über eine Höhe sind die Mittelwerte sehr verschieden, die Streuungen jedoch gering. Offenbar spielt die Tagesform eine bedeutsame Rolle für die Ausprägung dieses Parameters.

Tab. 7.8: Innenlage im vorletzten Schritt (in Grad), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	23,85	3,20	19	29	10
2	bessere	14	24,36	3,30	19	29	10
3	schlechtere	14	23,31	2,90	19	28	9
4	Top 7	7	24,43	3,05	20	28	8
5	Ein-Wk	5	20,80	1,64	19	22	3
6	Gleiche Höhe	3	27,00	1,00	26	28	2

Als letzter Parameter der Absprungvorbereitung soll der Annäherungswinkel vom letzten Schritt zur Lattenebene diskutiert werden. In den Großgruppierungen ist die Streubreite groß und konstant (Tab. 7.9). Die Mittelwerte in den Gruppen 1-4 legen einen mit zunehmender Leistung flacheren Annäherungswinkel nahe, doch wird diese Annahme durch die erheblichen Streuparameter unterlaufen. So unterscheiden sich leistungsstärkere und -schwächere Sprungfraktion nicht signifikant (F-Wert = 3,2; $p = 0,089$). Die Winkel zu den verschiedenen Messterminen unterscheiden sich mit bis zu vier Grad deutlich, parallel nimmt die Streuung erheblich ab. Beides zusammen genommen kann als Beleg dafür gelten, dass dieses Beobachtungskriterium primär von der aktuellen technomotorischen Ausprägung abhängt.

Tab. 7.9: Annäherungswinkels an die Latte (in Grad), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	25,11	2,85	20	31	11
2	bessere	14	24,21	2,97	20	29	9
3	schlechtere	14	26,08	2,47	22	31	9
4	Top 7	7	23,43	2,51	20	27	7
5	Ein-Wk	5	22,60	1,95	20	24	4
6	Gleiche Höhe	3	26,00	1,73	25	28	3

7.1.2 Bewegungskonstanz im Absprung

Beobachtungsmerkmale des Absprungs sind die Sprungauslage (hier als Rücklage), der Abstand des Sprungfußes zur Lattenprojektion, die Kontaktzeit, das Nachgeben des Sprungbeinknies sowie die KSP-Höhe bei Absprungbeginn und -ende.

Nachdem die Innenlage im Moment des Sprungfußaufsatzes messbedingt nur sehr gering ausfällt (und wir entsprechend die maximale Innenlage im vorletzten Kontakt ausgewiesen haben, s.o.), stellt sich die Sprungauslage vor allem als Rücklage dar. Tabelle 7.10 zeigt,

dass der Mittelwert der Absprungrücklage in der leistungsstärkeren Hälfte größer als in der -schwächeren ist, im oberen Leistungsviertel die Rücklage aber wieder abnimmt.

Tab. 7.10: Rücklage im Absprung (in Grad), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	33,37	2,24	27	38	11
2	bessere	14	33,86	1,96	32	38	6
3	schlechtere	14	32,85	2,48	27	37	10
4	Top 7	7	34,00	1,63	32	36	4
5	Ein-Wk	5	34,80	2,17	32	38	6
6	Gleiche Höhe	3	34,67	2,52	32	37	5

Die Streuung in der Gesamtgruppe ist vergleichsweise groß, nimmt aber für die leistungsstärkere Hälfte bzw. das leistungsstärkere Viertel erheblich ab. Bei der Auswertung mehrerer Sprünge innerhalb eines Wettkampfes ist die Rücklage zum Teil deutlich größer, doch nimmt hier wiederum die Streuung zu, was eine stringente Interpretation hinsichtlich der Leistung erschwert.

Tab. 7.11: Abstand Sprungfuß-Lattenebene (in cm), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	81,4	9,7	62	100	38
2	bessere	14	83,4	9,0	70	100	30
3	schlechtere	14	79,2	10,4	62	96	34
4	Top 7	7	81,3	10,1	70	100	30
5	Ein-Wk	5	78,6	6,2	70	86	16
6	Gleiche Höhe	3	64,3	2,1	62	66	4

Der Abstand zwischen Sprungfußspitze und Latte steigt im interpersonellen Vergleich mit der Sprunghöhe. Für den intrapersonellen Vergleich dagegen ist zu erwarten, dass ein Springer aufgrund seiner Technikausprägung (z.B. Steil- oder Flachspringer) in relativ konstantem Abstand zur Latte abspringt. Die Angaben in Tabelle 7.11 liefern für diese Annahme jedoch keine Bestätigung. Schon in der Gesamtgruppe ist die Streuung größer als bei den zuvor genannten Parametern. In den Leistungshälften bleibt die Streuung auf diesem Niveau (F-Wert = 1,27; $p = 0,27$). Hier differieren die Mittelwerte, eine leistungsabhängige Interpretation wird jedoch wiederum durch die gegenläufige Veränderung im oberen Leistungsviertel konterkariert.

Die mittleren Abstände bei einzelnen Untersuchungsterminen variieren erheblich (78,1 vs. 85,2) und weisen auf eine Abhängigkeit des Parameters von der aktuellen technomotorischen Ausprägung hin. Während der Abstand zur Latte bei den verschiedenen Sprüngen einzelner Wettkämpfe erheblich differiert, ist die Streuung bei den direkt aufeinanderfolgenden Sprüngen in einer Serie sehr gering und liegt im Messfehlerbereich.

Die Vermutung, dass auch im intrapersonellen Vergleich der Abstand mit der Sprunghöhe wächst, kann durch eine korrelationsstatistische Berechnung nicht bestätigt werden ($r = 0,281$; $p = 0,165$), so dass allenfalls von einer Tendenz gesprochen werden kann.

Tab. 7.12: Absprungdauer (in ms), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	171,7	6,4	160	180	20
2	bessere	14	172,1	6,4	160	180	20
3	schlechtere	14	171,2	6,5	160	180	20
4	Top 7	7	172,9	6,4	165	180	15
5	Ein-Wk	5	169,0	6,5	160	175	15
6	Gleiche Höhe	3	173,3	2,9	170	175	5

Die Kontaktzeit des Absprungs variiert in nur engen Grenzen (Tab. 7.12), hier ist auch die kleinste Messeinheit von 5 ms und entsprechend der Messfehler zu beachten. Entsprechend geringfügig unterscheiden sich die Mittelwerte, so zwischen besseren und schlechteren Sprüngen um nur eine Millisekunde. Im Vergleich dazu sind die Standardabweichungen erheblich. Bei den Sprüngen innerhalb eines Wettkampfes ist die Varianz der Kontaktzeit noch einmal geringer bzw. umgekehrt die Reproduktionsrate besonders hoch. Dies weist auf die hohe Konstanz der Bewegungsausführung innerhalb eines Trainings oder Wettkampfes hin, die rasche Folge der Sprünge ermöglicht eine hohe Wiederholungsgenauigkeit (vgl. Meinel & Schnabel, 1998, S. 134)¹⁷⁷. Bei drei aufeinanderfolgenden Sprüngen ist die Streubreite noch einmal deutlich verringert, sie entspricht der kleinsten Maßeinheit und kann durchaus durch Mess- oder Ablesefehler entstanden sein. Zusammenfassend trifft für die Kontaktzeit die Vorstellung eines konstanten, veränderungsresistenten Bewegungsmerkmals in großem Umfang zu.

¹⁷⁷ Da es sich um einen Wettkampf ohne nennenswerte Konkurrenz handelte, konnte der Springer die Sprünge in rascher Folge absolvieren. Dies steigerte die Wiederholungsgenauigkeit noch.

Tab. 7.13: Kniegelenkbeugung während des Absprungs (in Grad), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	20,81	5,98	6	33	27
2	bessere	14	21,07	7,24	6	33	27
3	schlechtere	14	20,54	4,54	15	29	14
4	Top 7	7	20,00	7,48	6	29	23
5	Ein-Wk	5	18,40	2,88	15	23	8
6	Gleiche Höhe	3	19,33	5,13	15	25	10

Ganz im Gegenteil dazu zeigt sich das „Nachgeben im Kniegelenk“ als wenig beständige Größe. Tabelle 7.13 weist aus, dass die Streumaße in Relation zu den Absolutmaßen erheblich sind: in der Gesamtgruppe und der besseren Teilgruppe und dem besten Viertel sind die Streubreiten größer als der Mittelwert. Entsprechend hoch sind die Standardabweichungen, sie betragen ein Drittel bis ein Viertel der jeweiligen Mittelwerte. Hier spiegelt sich nicht nur der Differenzcharakter des Parameters wieder, sondern auch der geringe Zusammenhang zur Leistung.

Bei den Sprüngen innerhalb eines Messtermins sind die Streuwerte zwar kleiner, so dass man von einer höheren Reproduktionsrate dieses Wertes innerhalb eines Untersuchungstermins ausgehen kann, doch sind sie im Vergleich zum Mittelwert immer noch hoch. Selbst in der ansonsten sehr homogenen Kleinstgruppe ist die Streuung immens. Eine Beziehung zur Leistung im Sinne der These, dass bessere Leistungen mit geringerem Nachgeben einhergehen, lässt sich nicht bestätigen, die Parameter korrelieren nicht miteinander.

Die KSP-Höhen zu Absprungbeginn und -ende geben die Rahmendaten für den vertikalen Beschleunigungsweg während des Absprungs vor und sind damit zentrale Kennwerte für die Qualität des Absprungs.

Tab. 7.14: KSP-Höhe bei Absprungbeginn (in cm), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	97,05	2,64	92,64	102,29	9,65
2	bessere	14	96,11	2,29	92,64	100,36	7,72
3	schlechtere	13	98,07	2,70	94,57	102,29	7,72
4	Top 7	7	95,52	2,42	92,64	100,36	7,72
5	Ein-Wk	5	95,80	1,64	94,00	98,00	4,00
6	Gleiche Höhe	3	96,33	1,95	94,57	98,43	3,86

Tabelle 7.14 zeigt in den leistungsabhängigen Teilgruppen ein Trend zu immer geringeren KSP-Auftreffhöhen, doch verhindern die Streuungen einen signifikanten Zusammenhang (F-Wert = 4,2; $p = 0,051$). Bei den Sprüngen in der Gruppe „Ein-Wk“ ist die KSP-Auftreffhöhe geringer, bei einem anderen, leistungsstärkeren Wettkampf mit 95,34 cm noch einmal mehr. Auch dies weist auf einen eindeutigen Zusammenhang zur Leistung. Wegen der großen Bedeutung der KSP-Höhe zu Absprungbeginn für den vertikalen Beschleunigungsweg und die Steighöhe muss sie später (Kap. 8) noch einmal zur Analyse herangezogen werden.

Die KSP-Höhe zu Absprungende ist von der Streckung der Sprungbein-Oberkörper-Achse und von der Lage der Schwungelemente abhängig. Die statistischen Parameter der KSP-Abflughöhe weisen ebenfalls einen leistungsabhängigen Trend, diesmal zu steigenden Abflughöhen aus (Tab. 7.15). Bei dem ausgewerteten Wettkampf ist die Abflughöhe noch einmal größer (bei einem anderen dagegen mit 144,26 cm geringer). Bezüglich der KSP-Abflughöhe fallen die Streuparameter in allen ausgewerteten Teilgruppen gering aus, extrem niedrig sind sie bei den Sprüngen in einem Wettkampf bzw. bei aufeinanderfolgenden Sprüngen.

Tab. 7.15: KSP-Höhe am Absprungende (in cm) aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	145,00	2,16	140,89	148,61	8,00
2	bessere	14	145,57	1,82	142,80	148,61	5,81
3	schlechtere	14	144,37	2,38	140,89	148,61	7,72
4	Top 7	7	145,94	1,12	144,75	147,00	2,25
5	Ein-Wk	5	146,40	0,55	146,00	147,00	1,00
6	Gleiche Höhe	3	142,87	0,12	142,80	143,00	0,20

7.1.3 Bewegungskonstanz in der Flugphase

Bezüglich des Flugs interessieren die Parameter maximale KSP-Flughöhe und als Kennwert der Überquerungseffektivität die Lattenüberhöhung. Die Flughöhen fallen sehr hoch aus und weisen den untersuchten Springer als Spitzenathleten aus. Wie zu erwarten, sind die Unterschiede zwischen den besseren und schlechteren Sprüngen beträchtlich (F-Wert = 41,1; $p = 0,000$). Die höchsten Werte werden im oberen Leistungsviertel und bei den Wettkämpfen erreicht (der hier nicht aufgeführte mit einem Mittelwerte von 233 cm als Spitzenwert). Die Streuungen nehmen ähnlich denen der Sprunghöhen in den leistungsabhängigen Teilgruppen ab, sind aber insgesamt kleiner als jene. Bei den Sprüngen eines Wettkampfes betragen sie nur 10 cm (bei 19 cm Sprunghöhenunterschied). Dies belegt, dass der Athlet bei den niedrigeren Sprüngen eines Wettkampfes wesentlich höher als erforderlich springt. Dass er dabei nicht jedes Mal sein maximales Sprungvermögen

ausreizt, sondern in einem gewissen Rahmen die Steigehöhe dosiert entwickeln kann, verdeutlicht die sehr geringe Streuung bei der Kleinstgruppe, für eine Sprunghöhe von 2,00 m bringt der Athlet seinen KSP auf etwas mehr als 2,10 m Höhe (Tab. 7.16).

Tab. 7.16: Maximale KSP-Flughöhe (in cm), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	224,15	7,94	210	238	28
2	bessere	14	230,07	4,05	224	238	14
3	schlechtere	14	217,77	5,82	210	228	18
4	Top 7	7	233,14	3,08	229	238	9
5	Ein-Wk	5	228,80	3,77	223	233	10
6	Gleiche Höhe	3	211,67	2,08	210	214	4

Die statistischen Maße des maximalen Winkels der Hüftüberstreckung während der Latenpassage sind in Tabelle 7.17 zusammengestellt. Die mittlere Überstreckung fällt größer als bei der interpersonellen Untersuchung aus, bessere und schlechtere Teilfraktionen unterscheiden sich beträchtlich (F-Wert = 9,1; $p = 0,006$). Die Streumaße korrespondieren mit denen der maximalen KSP-Flughöhe. Bei den Sprüngen eines Wettkampfes ist die Hüftüberstreckung etwas homogener als in den leistungsabhängigen Teilgruppen, bei der Kleinstgruppe nimmt die Streuung sogar wieder zu. Hier kann aufgrund der geringen Sprunghöhe von einer Beliebigkeit oder einer willkürlichen Variation ausgegangen werden.

Tab. 7.17: Maximale Hüftüberstreckung (in Grad), aufgeteilt nach verschiedenen Gliederungsprinzipien

		n	\bar{x}	s	min	max	R
1	alle Sprünge	28	218,74	8,72	192	232	40
2	bessere	14	223,00	5,14	215	232	17
3	schlechtere	14	214,15	9,60	192	226	34
4	Top 7	7	221,00	4,16	215	225	10
5	Ein-Wk	5	219,40	4,04	215	225	10
6	Gleiche Höhe	3	209,00	6,25	202	214	12

7.2 Inter- und intraindividuelle Bewegungsfreiräume im Vergleich

Vergleicht man die Sprünge eines Springers aus unterschiedlichen Wettkämpfen (Untersuchungsterminen) miteinander, übersteigt die intraindividuelle Variationsbreite einzelner Bewegungsteile die der Zielleistung erheblich. Dies konnten wir für wesentliche Anlauf-, Absprung- und Flugparameter belegen. Die jeweiligen Streubreiten (R) für die Gesamt-

gruppe lagen bei 10-45 % des Mittelwertes und blieben in den leistungsabhängigen Teilgruppen bei nur geringen Mittelwertsunterschieden vergleichbar groß.

In Tabelle 7.18 haben wir die Streuungen der wichtigsten Parameter für verschiedene inter- und intraindividuelle Gruppierungen mithilfe des Variationskoeffizienten zusammengefasst¹⁷⁸. Dieser Kennwert ermöglicht nicht nur den Vergleich der Streuungen unterschiedlicher Teilgruppen, sondern auch unterschiedlich dimensionierter Parameter.

Tab. 7.18: Vergleich der Variationskoeffizienten für ausgewählte Parameter des Hochsprungs im inter- und intraindividuellen Vergleich

Parameter/Gruppe	1	2	3	4	5	6
Sprungleistung	5,52	2,26	4,83	2,27	4,53	0,00
Kniewinkel 2	8,96	9,77	8,23	8,30	3,54	3,70
Innenlage 2	18,44	15,19	13,42	13,55	7,99	3,70
V _{max}	7,32	6,26	4,55	3,96	2,48	1,57
Länge letzter Schritt	7,23	6,21	4,05	2,70	2,93	1,03
Annäherungswinkel	21,41	20,70	11,35	12,27	5,81	6,65
Abstand Fuß-Latte	17,44	15,63	11,95	10,76	10,99	3,23
Kontaktzeit	9,49	8,34	3,70	3,73	3,04	1,66
Rücklage	11,98	10,59	6,71	5,79	5,89	7,27
Knienachgeben	50,40	46,40	28,74	34,36	16,12	26,54
KSP-Höhe FA	6,11	5,92	2,72	2,38	1,94	2,02
KSP-Höhe TO	4,35	3,90	1,49	1,25	0,75	0,08
Hmax	4,48	2,81	3,54	1,76	2,48	0,98
max-Hüftwinkel im Flug	5,72	5,15	3,99	2,30	4,05	2,99
Legende:						
1 = alle Männer im interspers. Vergleich	n = 72				1,95 - 2,32	
2 = bessere Männer im interspers. Vergleich	n = 36				2,15 - 2,32	
3 = alle Sprünge eines Springers	n = 28				1,95 - 2,36	
4 = bessere Sprünge eines Springers	n = 14				1,95 - 2,36	
5 = alle Sprünge eines Wettkampfs	n = 4-6				2,10 - 2,29	
6 = drei aufeinanderfolgende Sprünge	n = 3				alle	2,00 m

Die Tabelle zeigt, dass bei vergleichbaren Leistungsspektren die intraindividuellen Variationskoeffizienten der Bewegungsparameter (Spalte 3) mehrheitlich geringer ausfallen als die der interpersonellen (Spalte 1), doch fällt die Reduktion kleiner als erwartet und je

¹⁷⁸ Eine Generalisierung der Unterschiede zwischen der Zielgröße und diesen Parametern kann über den Vergleich der Variationskoeffizienten nach Sachs (1997, S. 360) vorgenommen werden. Je größer der Stichprobenumfang und die Differenzen in den Variationskoeffizienten ausfallen, um so eher ist auf unterschiedliche Grundgesamtheiten zu schließen. Nach Sachs sind Stichprobenumfänge von > 30 für die Rechenoperationen wünschenswert. Da wir diese deutlich unterschreiten, können wir nur von Schätzwerten sprechen. Bei n = 27 weist eine Verdopplung des Variationskoeffizienten auf die Zugehörigkeit zu verschiedenen Grundgesamtheiten.

nach Parameter sehr unterschiedlich aus. Auffallend ist, dass die Rangfolge der Koeffizienten innerhalb der einzelnen Spalten sehr ähnlich ist: Die Parameter, die im interpersonellen Vergleich besonders große (kleine) Varianzen aufweisen, tun dies auch im intrapersonellen Vergleich, sowohl beim Vergleich der Sprünge verschiedener Wettkämpfe wie bei dem Vergleich mehrerer Sprünge eines Wettkampfes. Es überrascht nicht, dass für die Mehrzahl der Parameter die Variationskoeffizienten in den leistungsabhängigen Teilfraktionen abnehmen (Spalten 2 bzw. 4), dabei ist auch hier der Rückgang der Parameter geringer als bei der Zielleistung. Loosch (1999, S. 100) weist auch bei anderen Bewegungsabläufen darauf hin, dass die Streuung bei Bewegungsteilen größer ausfällt, als dies aufgrund der Streuung der Zielgröße zu erwarten ist.

Die Streuwerte wichtiger Bewegungsparameter bei den Sprüngen eines Wettkampfes (Spalte 5) fallen deutlich geringer aus als bei den Sprüngen verschiedener Wettkämpfe, die geringsten Koeffizienten finden sich erwartungsgemäß bei den drei aufeinander folgenden Sprüngen über eine Höhe (6). Diese Abstufung war zu erwarten, überraschend ist eher, dass sie nicht durchgängig ist und dass selbst innerhalb der letzten Kategorie erhebliche Streuungen auftreten. Je nach Verringerung der Variationskoeffizienten in den einzelnen Spalten lassen sich die einzelnen Parameter gruppieren:

- große (> 10), sich in den Teilfraktionen kaum verringernde Variationskoeffizienten weisen auf große Bewegungsspielräume der Parameter ohne negative Konsequenzen für die Leistung hin. (Innenlage, Annäherungswinkel, Abstand, Kniebeugung in der Amortisation)
- kleine Werte in allen Teilfraktionen indizieren eine hohe Konstanz in der Bewegungsausführung, aber auch eine geringe Abhängigkeit von der Leistung. (Kontaktzeit, KSP-Höhe Take-Off)
- deutlich kleinere Variationskoeffizienten bei den Sprüngen eines Springers innerhalb eines Untersuchungstermins, d.h. bei großer Leistungsbreite, lassen auf eine stärkere Abhängigkeit vom aktuellen technomotorischen Zustand des Athleten schließen (Schrittlänge, Geschwindigkeit, Kniewinkel, Innenlage, Rücklage, Annäherungswinkel, KSP-Höhe Fußaufsatz, max. KSP-Flughöhe)
- erhebliche Variationskoeffizienten in der Kategorie „drei aufeinander folgende Sprünge über 2 m“ weisen auf Indifferenzen sowohl gegenüber der Leistung als auch der aktuellen technomotorischen Ausprägung hin. Dies deckt sich mit Schöllhorns (1999, S. 9) Vorstellung, dass identische Wiederholungen äußerst unwahrscheinlich sind¹⁷⁹. (Kniebeugung Amortisation)
- deutlich abnehmende Variationskoeffizienten von den Kategorien „alle Sprünge“ (1, 3) zu „bessere Sprünge“ (2, 4) lassen auf eine Leistungsabhängigkeit des Parameters schließen (hier: v_{\max} , Rücklage, Abstand, KSP-Höhe_{FA+TO}, max. KSP-Flughöhe, Hüftwinkel). Siehe dazu Kapitel 8.

¹⁷⁹ Nicht auszuschließen ist ferner, dass Messfehler zu den Abweichungen führen. Dies kann nur über wiederholte Auswertungen identischer Versuche durch denselben bzw. andere Auswerter geprüft werden. Wie schon in Kap. 5 ausgeführt, waren solche wiederholten Sprungauswertungen in dieser Untersuchung nicht möglich.

Auch die Anlaufuntersuchungen, bei denen die Sprünge innerhalb eines Wettkampfes deutlich homogener als die Mehrjahresvergleiche ausfielen, zeigen die erheblichen intraindividuellen Spielräume. Doch macht gerade letztere Untersuchung deutlich, dass selbst innerhalb der Jahresfraktionen bezüglich der Schrittlängen und Richtungsänderungen im Kurvenlauf durchaus gravierende Abweichungen vorliegen. Wie die entsprechenden Abbildungen zeigen, summieren sich diese Abweichungen nicht, sondern werden von Schritt zu Schritt kompensiert, so dass die Anlaufcharakteristik jedes Springers erhalten bleibt.

7.3 Diskussion und Interpretation

Neben den großen interindividuellen Variationen konnten wir im vorliegenden Kapitel auch erhebliche intraindividuelle Bewegungsspielräume ermitteln. Diese schlagen sich bei der Entwicklung eines effektiven Technikleitbildes nieder¹⁸⁰. Um inter- und intraindividuelle Abweichungen gleichermaßen zu erfassen, sollte das Technikleitbild mehrstufig sein:

1. allen Springern und Stilen gemeinsame Bewegungsanteile
(unmittelbar leistungswirksame, nicht substituierbare Bewegungselemente)
2. aufgrund anatomisch-physiologischer Besonderheiten für einzelne Springer verpflichtende Bewegungsanteile
(leistungswirksame, interindividuell substituierbare Bewegungselemente)
3. aufgrund von Bewegungsgewohnheiten (Schulen, Traditionen) erworbene, relativ überdauernde Bewegungsteile
(interindividuell ohne Leistungsverlust substituierbare Bewegungselemente)
4. Variationen innerhalb des individuellen Bewegungsmusters
(intraindividuell ohne Leistungsverlust substituierbar)

Es stellt sich die Frage, wie es zu solch bedeutsamen Unterschieden zwischen den einzelnen Sprüngen eines Springers kommen kann. Zum Teil kann es sich um durchaus erwünschte (bewusste oder unbewusste) Anpassungen handeln. Dabei sind folgende Erklärungsgründe bzw. Ursachen denkbar:

Externe Veränderungen: Anpassung an wettkampfspezifische Umweltbedingungen

- Änderungen der Witterung
(Windstärke und -richtung, Regen, Temperaturwechsel)
- Unterschiedliche Bodenbeläge
(harter oder weicher Belag, fester oder federnder Untergrund)

Interne Änderungen: Anpassung aufgrund technischer oder konditioneller Entwicklungen

¹⁸⁰ Nitsch & Neumaier (1997, S. 41) definieren „Technikleitbild“ als „Vorstellung über das nach dem momentanen Wissensstand optimale Lösungsverfahren.“

- Technische Veränderungen aufgrund konditioneller Entwicklungen (höheres Schnellkraftniveau, größere Beweglichkeit)
- Absichtliche Veränderungen der Technik (Anlaufverlängerung, Schrittrhythmus, Armeinsatz)

Während die externen Änderungen Unterschiede von Wettkampf zu Wettkampf bzw. von Sprung zu Sprung (Wind) beschreiben, sind interne Änderungen eher mittel- und langfristiger Natur, doch kann hier auch das Phänomen der Tagesform summiert werden. In all diesen Fällen ist die Variabilität nicht als Fehler, sondern als erwünschter Anpassungsmechanismus anzusehen (vgl. Semmler, 2001, S. 63). Auch innerhalb eines Wettkampfes müssen die Abweichungen nicht zufällig bzw. aus Versehen auftreten, sondern können vom Springer intendiert sein. So ermittelten wir bei den 3-D-Auswertungen der Sprünge eines Springers innerhalb zweier Wettkämpfe jeweils mit steigender Sprunghöhe wachsende maximale KSP-Flughöhen. Dieses Ergebnis favorisiert bei der Frage, ob die Springer innerhalb eines Wettkampfes ein Optimal- oder Ökonomie-Prinzip verfolgen, letzteres, wobei die Einschränkung, dass der Zuwachs bei der Einflussgröße geringer als bei der Zielgröße ausfällt, zur Vorsicht anrät und ein Mischform aus Ökonomie- und Optimalprinzip nahelegt.

Analog könnten weitere Bewegungsparameter wie die Schrittlängen im Anlauf oder die Höchstgeschwindigkeit mit steigender Höhe größer werden. Dies konnten wir innerhalb unserer Untersuchungen jedoch nicht belegen. Eher kann man von zufälligen Schwankungen sprechen. Daher gehen wir davon aus, dass die ermittelten Variationen zufällig innerhalb der variablen Verfügbarkeit auftreten. Meinel & Schnabel weisen darauf hin, dass es auch im fortgeschrittenen Stadium keine absolute Wiederholungsgenauigkeit gibt und äußern sich kritisch zum Präzisionsbegriff bei sportlichen Bewegungen:

„Präzisionsleistungen ... werden meist unter starker Einengung des Bewegungsumfangs und durch stark gebremste, mitunter versteifte Bewegungsführung erreicht.“ (Meinel & Schnabel, 1998, S. 130)

Die Athleten reproduzieren Anlauf und Absprung danach nicht vollständig, sondern orientieren sich an Sollwerten, analog dem Regelkreismodell. Der Springer erfährt einerseits durch die sich ändernde Umwelt (Wind, ...) ständig wechselnde Randbedingungen, produziert sie andererseits durch nicht endgültig dosierbare Krafteinsätze selber. Dadurch ist er permanent in der Situation, Realwerte an Sollwerte anzupassen. Diese Ergebnisse korrespondieren mit Ergebnissen von Dillinger (2002, S. 139), wonach bei Dartspielern die Bewegungsausführung bei vielen Bewegungshandlungen variabler als das Bewegungsergebnis ist. Bogenlauf und Dimensionstransformation im Absprung erzeugen im Hochsprung zusätzliche Freiheitsgrade der Bewegung. Entsprechend groß ist der Spielraum für Abweichungen und entsprechend weit muss die variable Verfügbarkeit bzw. der dynamische Stereotyp verstanden werden¹⁸¹. Selbst bei unmittelbar aufeinanderfolgenden

¹⁸¹ Daher ist die Wettkampfwiederholung kein echter Retest (vgl. Letzelter & Letzelter, 1983, S. 84).

Sprüngen bei konstanten guten Witterungsbedingungen und guter Tagesform ergibt die Analyse Abweichungen im Detail, wie es unsere biomechanischen Auswertungen, aber auch der Bildreihenvergleich in Abbildung 7.2 dokumentieren.

Die erhebliche intra- wie interindividuelle Variationsbreite der Floptechnik hat Auswirkungen auf den Technikerwerb und das Techniktraining. Einerseits muss dem Springer die Variationsbreite der Technik gemäß seinen individuellen Voraussetzungen zugänglich gemacht werden, andererseits muss er den Umgang mit extern oder intern bedingten Änderungen von Sprung zu Sprung erlernen (s.u. Kap. 11.1). Abweichungen von der Idealstruktur stellen Orientierungshilfen des Lernenden innerhalb der Bewegungsmöglichkeiten dar. Sie sind essentiell für den Lernvorgang und für die Entwicklung der optimalen Bewegungsform (vgl. Loosch, 1999, S. 158). Höchste Bewegungspräzision im Detail ist daher wenig hilfreich, eventuell sogar für den Technikerwerb hinderlich. Vielmehr geht es um Sollwerte mit impliziten Spielräumen, die der Vielzahl von Freiheitsgraden der Floptechnik, den Reproduktionsmöglichkeiten des Springers und den wechselnden Umwelteinflüssen (Witterung, Boden) angemessen sind. Nur wer variabel übt, wird ein Bewegungsschema entwickeln (Göhner, 1999, S. 170).

Angesichts der aufgezeigten Spielräume für die untersuchten Bewegungsparameter muss die Forderung nach ihrer Quantifizierung durch biomechanische Messverfahren¹⁸² bzw. nach dem Einsatz der biomechanischen Leistungsdiagnostik für den Hochsprung noch einmal problematisiert werden. Nach Untersuchungen von Farfel (1977), die bis heute Bestand haben, ist die Bewegungsoptimierung des Athleten aufgrund unmittelbar nach Versuchsende gegebener objektiver (biomechanischer) Daten erheblich höher als aufgrund subjektiver (trainerischer) Bewegungsbeurteilung durch den Trainer. Ballreich & Preiss (2000, S. 14) weisen darauf hin, dass die Ansteuerungsgüte an die Zielbewegung aufgrund objektiver Ergänzungsinformationen deutlich (um ein Vielfaches) höher als aufgrund von Trainerbeurteilungen ausfällt¹⁸³. Die Autoren belegen den Vorteil mit eigenen empirischen Befunden, sprich erheblichen Leistungsverbesserungen von Diskuswerfern aufgrund von Informationen u.a. über den Anstellwinkel. Auch Daus (2000, S. 22) weist auf entscheidende Mängel der Trainerinformation hin:

- sie ist subjektiv, daher Irrtümern unterworfen und fehlerhaft
- sie betrifft nur qualitative, keine quantitativen Aspekte der Bewegung
- sie ist für eine objektive Information unzureichend

¹⁸² So Farfel (1977), Heilfort (1986), Ballreich (1996), Baumann & Preiss (1996), Daus (2000), Ballreich & Preiss (2000) und Schiebl (2000).

¹⁸³ Angesichts der kleinen Probandengruppe (n = 6) erscheint dieses Ergebnis nicht repräsentativ.



Abb. 7.2 Bildreihenvergleich zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Sprünge von K. Holinski über 1,90 m (oben) und 1,92 m (Berlin, 2001)¹⁸⁴

¹⁸⁴ Siehe dazu auch Killing (2001; 2002; 2003c+d; 2004a+b).

Die Folge dieser Argumentation ist ein sogenanntes Messplatztraining (Heilfort, 1986; Daus, 2000), mit dem die verbale und bildhafte Information des normalen Techniktrainings durch Informationen über biomechanische Parameter ergänzt wird. Solche objektive Ergänzungsinformationen schärfen und verbessern die subjektive Einschätzung bei Athleten (und Trainern). Ballreich (1996, S. 24) empfiehlt, als Ansteuerungsgrößen Merkmale mit niedriger Komplexität zu bevorzugen, da sie leichter verstanden und umgesetzt werden können. Durch entsprechende Daten erlange der Sportler eine hohe Selbststeuerungsfähigkeit, sozusagen im Nebeneffekt könne der Trainer seine Bewegungsbeurteilung schulen.

Eingedenk der in unseren Untersuchungen aufgezeigten großen Variationen einzelner Bewegungsparameter bei Springern der gleichen Leistungsklasse und selbst bei verschiedenen Sprüngen eines Athleten ist die vorgetragene Argumentation für den Hochsprung nicht schlüssig. Denn ein Messplatztraining kann nur auf der Basis sporttechnischer Leitbilder funktionieren, mit dem Sollwerte bzw. Ansteuerungsgrößen vorgegeben werden (Heilfort, 1986, S. 11). Liegen die zu tolerierenden Spielräume aber im Bereich von 10 oder 20 % des Sollwertes, ist eine Quantifizierung der Parameter auf mehrere Kommastellen entbehrlich¹⁸⁵. Dies wird auch von den zuvor zitierten Befürwortern eines Messplatztrainings problematisiert. So spricht Ballreich (1996, S. 23) von einem Missverhältnis zwischen der hochdifferenzierten technikanalytischen Information der biomechanischen Leistungsdiagnostik einerseits und der breitbandspektralen Trainingssteuerung durch die Trainer. Zu Bedenken ist dabei, dass die moderne Messtechnik zur Überflutung der Sportler mit Informationen verleitet, die an sich noch keine Effektivitätssteigerung für das Training beinhaltet (Hildebrand & Wagner, 1997, S. 24)¹⁸⁶. Ein weiteres Problem des Messplatztrainings, dass insbesondere die aufwändige, für den Hochsprung aber bisher nicht zu ersetzende 3-D-Analyse betrifft, nennen Ballreich & Preiss (2000, S. 14). Für sie ist die Bewegungskorrektur der Trainer zwar weniger zutreffend, aber als ständige begleitende Maßnahme dann effizienter als die intermittierenden LD, wenn eine zutreffende grobdiagnostische Bewegungskorrektur vorliegt. Ihre qualitative bzw. subjektive Erfassung durch die Trainer genügt, um extreme, fehlerhafte Ausprägungen zu identifizieren.

Nachdem im Hochsprung offenbar wichtige Parameter große Bewegungsspielräume ohne Leistungseinbußen zulassen und eine Quantifizierung der Bewegungsparameter nur mithilfe der zeitintensiven 3-D-Analyse möglich ist, die Ergebnisse erst mit mehrstündigem, in der Praxis mehrtägigen Abstand liefert, ist auf absehbare Zeit eine unmittelbare objektive Technikoptimierung nicht zu erwarten. Eher muss nach Alternativen gesucht werden. Diese sind einerseits auf der Modellebene, andererseits im messmethodischen Bereich zu suchen. Auf der Modellebene verspricht die Fuzzy-Analyse einen erheblichen Fortschritt,

¹⁸⁵ Die in Kapitel 5 aufgezeigten Messfehlerprobleme der biomechanischen LD mindern deren Aussagekraft zusätzlich.

¹⁸⁶ Krug, Carl & Starischka (2001, S. 6) bemerken, dass es trotz deutlich besserer diagnostischer Verfahren nicht zu wesentlichen Weiterentwicklungen der Trainingsmethoden gekommen sei.

da sie die Bewegungsunschärfen mathematisch besser nachbilden kann, als dies deterministische Modelle leisten können (siehe u.a. Schiebl, 2000). Auf der messmethodischen Ebene ist zum einen die Beschränkung auf leistungsbestimmende Einflussgrößen mit geringen Toleranzbereichen sinnvoll. Im nachfolgenden Kapitel sollen die entsprechenden Parameter herausgearbeitet werden. Zum anderen muss nach Messverfahren gesucht werden, die eine Sofort- bzw. Schnellinformation ermöglichen. Dauterive (2000, S. 15) weist darauf hin, dass Rückkopplungsprozesse zwischen noch vorhandenen subjektiven Bewegungsempfindungen und objektiven Ergänzungsinformationen, z.B. biomechanische Daten, nur dann wirksam werden, wenn sie innerhalb von 10-60 s gegeben werden. Dies legt nahe, auch biomechanische Daten möglichst schnell aufzubereiten und an den Athleten weiterzugeben.

8 Leistungsbestimmende Einflussgrößen des Hochsprungs

Die Analyse der Technik hat neben dem deskriptiven auch einen erklärenden Charakter, sie soll zu den ursächlichen, den sogenannten leistungsbestimmenden Einflussgrößen vordringen. Die Identifikation biomechanischer Einflussgrößen und ihre Variation ist ein zentrales Hilfsmittel zur Optimierung der sportlichen Leistung (Ballreich & Preiss 2000, S. 13). Die Verbesserung dieser Einflussgrößen (durch Training) bietet die größten Chancen für eine Leistungssteigerung im Wettkampf. Letzelter/Letzelter möchten eine noch weitergehende Verbindung zwischen Leistungsdiagnostik und Training herstellen:

„Trainingspraktisch ist die Leistungsdiagnostik nur dann interessant, wenn daraus trainingsdidaktische Konsequenzen gezogen werden.“ (Letzelter & Letzelter, 1983, S. 29)

Folgerichtig ist die Technikanalyse nicht nur Selbstzweck, sondern zielt auch auf die Leistungssteigerung oder in Verbindung mit den Trainingsgesetzmäßigkeiten auf die Trainingsgestaltung, also auf Trainingsmittelauswahl, Kriterien der richtigen Bewegungsausführung, Belastungskennziffern und Anordnung der Trainingsmittel im Trainingsplan.

Ausgehend von der inter- und intraindividuellen Technikanalyse in den beiden vorigen Kapiteln wird die komplexe Hochsprungleistung in Teilleistungen zerlegt, die wiederum auf zugrunde liegende Ursachen, also leistungsbestimmende Einflussgrößen zurückgeführt werden, so dass ein mehrschichtiges Erklärungsmodell der Hochsprungleistung entsteht, an dem das Training orientiert werden kann. Die Datenauswertung erfolgt zunächst mit deskriptiven Statistiken, danach wird mittels zweifaktorieller Varianzanalysen und T-Tests die Signifikanz der Unterschiede zwischen den nach Leistung unterschiedenen Teilstichproben geprüft und schließlich über korrelations- und regressionsstatistische Auswertungen die Höhe und die Art des Zusammenhangs zwischen Ziel- und Einflussgrößen dargestellt.

8.1 Zur Strukturierung der sportlichen Leistung

Ein in vielen Sportarten bzw. -disziplinen erprobter und bewährter Weg zur Ermittlung der leistungsbestimmenden Einflussgrößen ist die Unterteilung des Wettkampfergebnisses in Teilleistungen. So zählt man im Basketball die Freiwürfe, Feld- und Dreipunktwürfe, die jeder Spieler erzielt, ferner, sozusagen auf einer nachgeordneten Ebene, die Rebounds, die Vorlagen zu Punktwürfen, die Ballgewinne vom Gegner (steals) und die Blocks, mit denen Korbwürfe verhindert werden. In Disziplinen, in denen es auf das möglichst schnelle Zurücklegen einer Strecke ankommt (Laufen, Schwimmen, Eisschnelllauf, ...), kann man die Gesamtstrecke in Teilabschnitte untergliedern und Teilzeiten ermitteln, z.B. für den 400-m-Lauf jeweils die Teilzeiten für die Einhundert-Meter-Abschnitte. Die Teil-

zeiten geben Hinweise auf leistungsbestimmende Merkmale wie Beschleunigung, Sprintausdauer und Laufeinteilung. Kennt man den Geschwindigkeitsverlauf, lassen sich die einzelnen Laufabschnitte direkt entsprechenden leistungsbestimmenden Eigenschaften zuordnen. So unterscheidet man vier für den Sprint relevante Eigenschaften und untergliedert ihn entsprechend in vier Teilabschnitte (Letzelter, 1979, S. 46f):

- | | |
|---|------------------------|
| - Reaktionszeit | Reaktionsschnelligkeit |
| - Beschleunigungsabschnitt | Sprintkraft |
| - Abschnitt höchster Schnelligkeit | Sprintschnelligkeit |
| - Abschnitt nachlassender Schnelligkeit | Sprintausdauer |

Hier wie im Basketball-Beispiel führen die Teilleistungen zu den leistungsbestimmenden Einflussgrößen und zu einer ersten Trainingsorientierung. Durch das Trainieren der Teilleistungen bzw. durch Übungen, die diese Bereiche zu verbessern versprechen, ist auch eine Verbesserung der Zielleistung zu erwarten. Insofern ist die Untergliederung in Teilabschnitte bzw. Teilleistungen ein durchaus probates Mittel zur Ableitung leistungsbestimmender Einflussgrößen, das auch für die Analyse des Hochsprungs Erfolg verspricht.

8.1.1 Gliederung des Hochsprungs in Teilleistungen

Analog den Beispielen aus dem Langsprint und dem Spportsport bemühen sich auch Knebel (1977, S. 227) und Ballreich (1979a, S. 278) um die Ableitung von Teilleistungen. Ausgehend vom Teilhöhenmodell versuchen sie in Deduktionsketten schrittweise von den komplexen zu den elementaren Leistungsindikatoren zu gelangen.

In einem eher praxisorientierten Beitrag führt Knebel h_1 auf die Konstitution¹⁸⁷ und die technikabhängige Körperhaltung¹⁸⁸, h_2 auf die Abfluggeschwindigkeit und diese wiederum auf die horizontale Auftreffgeschwindigkeit und den vertikalen Abflugimpuls (Länge des Beschleunigungsweges, Dauer des Beschleunigungsvorgangs) und h_3 auf die Körperhaltung im Scheitelpunkt der Flugkurve zurück, die seines Erachtens von der Sprungtechnik und der Beweglichkeit abhängen (Abb. 8.1). Aufgrund dieser Deduktion formuliert Knebel erste grobe Trainingsempfehlungen. Danach soll die Abstoßhöhe durch Technik- und Sprunggewandtheitstraining, die Auftreffgeschwindigkeit durch Laufgewandtheits- und Schnelligkeitstraining, der Vertikal-Impuls durch Sprung- und Krafttraining und schließlich die Lattenüberhöhung durch Techniktraining und spezielle Gymnastik entwickelt werden.

¹⁸⁷ Bezüglich der Konstitution sieht Knebel (1977, S. 227) eine Abhängigkeit der Leistung von der Körpergröße und empfiehlt daher, große Körperhöhe und Beinlänge als Talentindikatoren zu nutzen.

¹⁸⁸ Knebel (1977, S. 227) versteht in Anlehnung an Hay unter h_1 die Abflughöhe, die wir mit HTO bezeichnen. Mit dem Begriff „technikabhängig“ zielt Knebel auf die seinerzeit noch aktuelle Unterscheidung in Flop 1, Flop 2 und Straddle, er möchte die Athleten aufgrund individueller Voraussetzungen einer dieser 3 Techniken zuordnen.

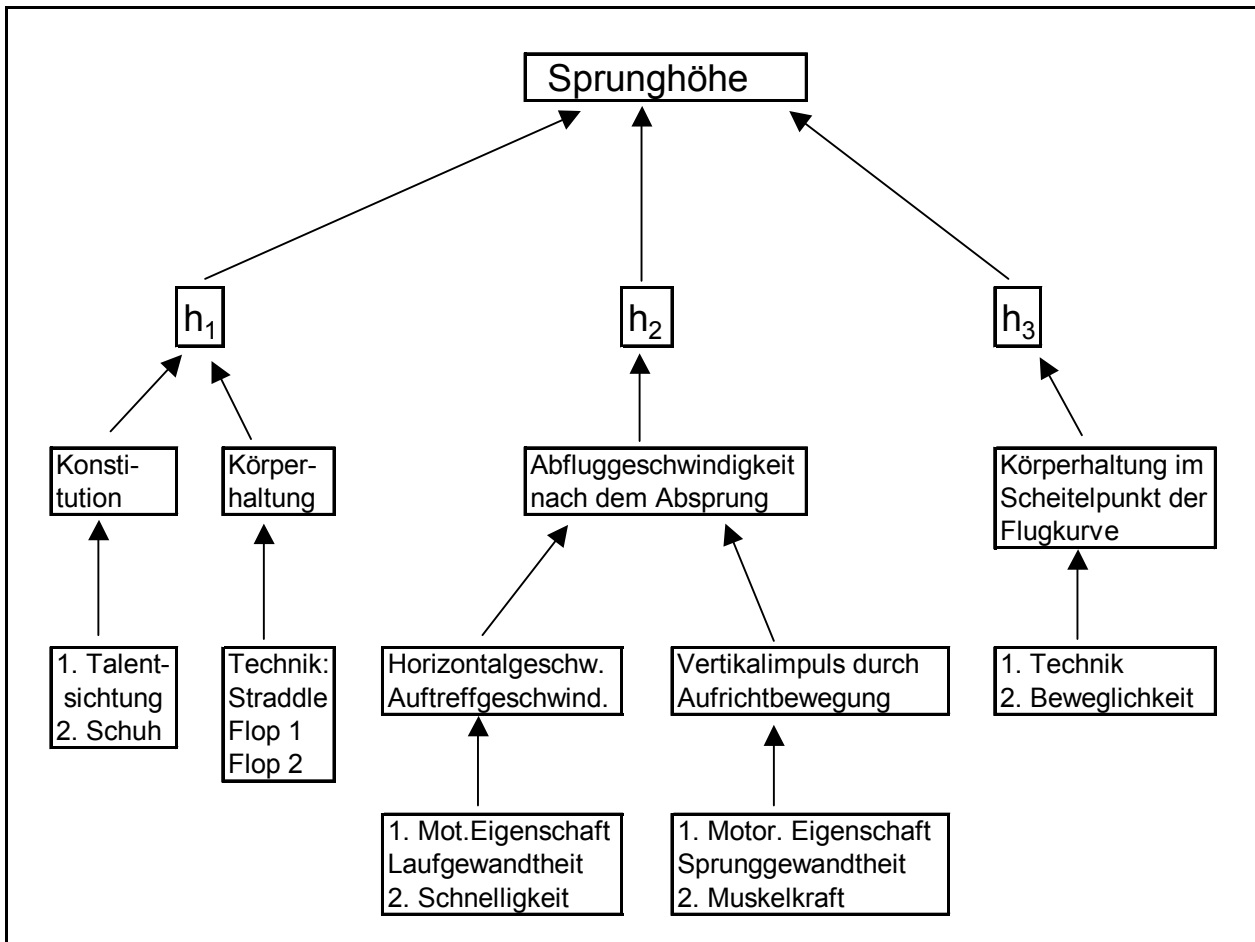


Abb. 8.1: Teilleistungen des Hochsprungs nach Knebel (1977, S. 216)

Die Ableitungen und Trainingsempfehlungen von Knebel erscheinen plausibel, bleiben aber zu allgemein, um eindeutige Zuordnungen zwischen Ziel- und Einflussgrößen herzustellen.

Der Beitrag von Ballreich (1979a+b) ist theoretisch angelegt und beansprucht Gültigkeit über den Hochsprung hinaus. Ballreich sieht innerhalb der Deduktionskette drei Stufen:

Erste Modellstufe: Zerlegung des komplexen Leistungsindikators in elementare Leistungsindikatoren. D.h. für den Hochsprung: Zerlegung der Sprungleistung in die bekannten drei Teilhöhen (Abb. 8.2).

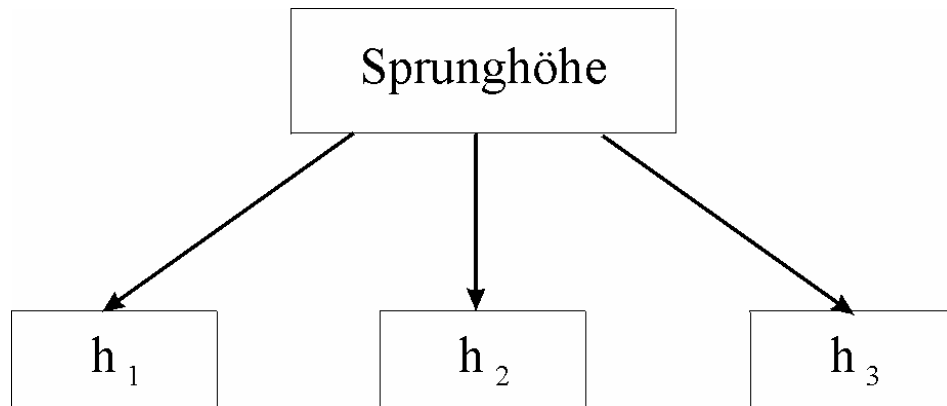


Abb. 8.2: Zerlegung der Hochsprungleistung in drei Teilhöhen

Zweite Modellstufe: Deduktive Bestimmung biomechanischer Einflussgrößen für die elementaren Leistungsindikatoren aufgrund mechanischer Begriffe und Gesetze (Abb. 8.3).

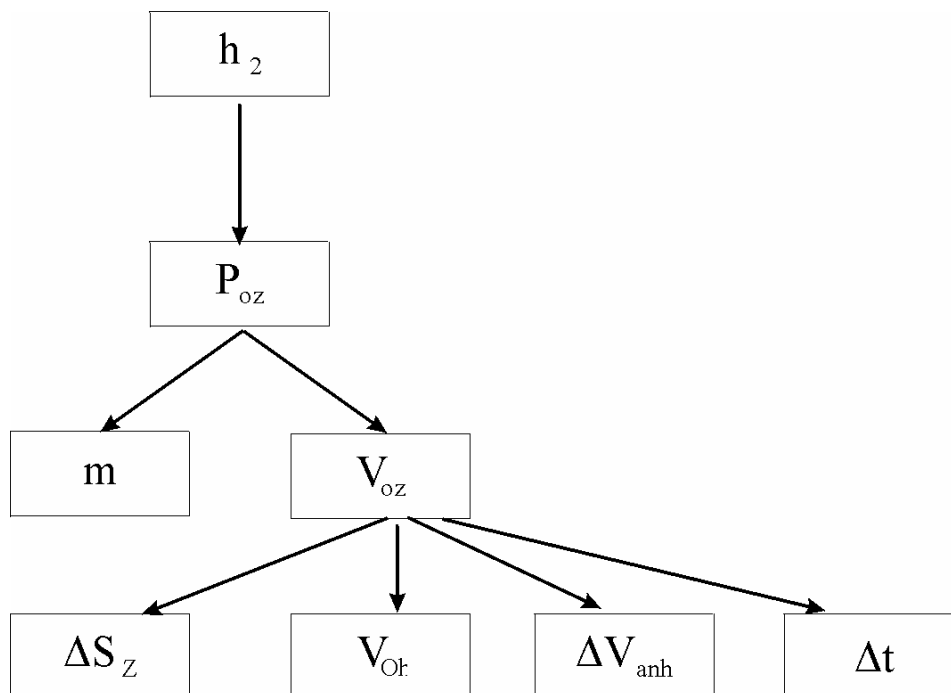


Abb. 8.3: Biomechanische Einflussgrößen der KSP-Flughöhe h_2 (Müller, 1986, S. 56, nach Ballreich, 1979a)

Erläuterungen:

- P_{oz} = Vertikalkomponente des Abflugimpulses,
- m = Masse des Athleten
- V_{oz} = Vertikale Abfluggeschwindigkeit,
- S_z = Vertikaler Beschleunigungsweg
- ΔV_{anh} = Reduktion der horizontalen Anlaufgeschwindigkeit,
- Δt = Absprungdauer
- v_{oh} = Horizontale Abfluggeschwindigkeit

Die Deduktion wird solange fortgesetzt, wie eine vollständige Beschreibung der Zielgröße durch die neuen Einflussgrößen möglich ist. Beispiel: Die Steigehöhe hängt von der vertikalen Abfluggeschwindigkeit (1. Deduktionsstufe), diese wiederum vom Quotienten aus vertikalem Beschleunigungsstoß¹⁸⁹ und Körpermasse ab (2. Deduktionsstufe)¹⁹⁰. Dieser Kraftstoß kann theoretisch durch die Teilkraftstöße bzw. Drehmomente an den beteiligten Gelenken beschrieben werden (3. Deduktionsstufe)¹⁹¹. Dazu sind jedoch bisher keine Ergebnisse bekannt, so dass die Deduktion schon auf der 2. Stufe endet. Da man äußere Einflüsse (Wind) vernachlässigen kann, besteht eine monokausale Zuordnung, denn abgesehen vom wenig variablen Körpergewicht sind Steigehöhe, Abfluggeschwindigkeit und vertikaler Beschleunigungsstoß nur verschiedene Darstellungsformen bzw. Dimensionen desselben physikalischen Zusammenhangs, führen also nicht zu immer grundlegenden Einflussgrößen.

Dritte Modellstufe: Schätzung der Einflusshöhe biomechanischer Einflussgrößen auf den komplexen bzw. auf die elementaren Leistungsindikatoren. Die Wirkung der Einflussfaktoren auf die Zielgröße kann zum Teil über Gesetze vollständig beschrieben werden, sofern die erforderlichen Informationen vorliegen (so kann die Steigehöhe als Funktion der vertikalen Abfluggeschwindigkeit und diese als Funktion von Vertikalstoß und Körpermasse ausgewiesen werden). Die Wirkung muss zum anderen Teil mittels mathematisch-statistischer Verfahren geschätzt werden, sofern der Zusammenhang nicht deterministisch ist, aber die erforderlichen Informationen bekannt sind (z.B. der Einfluss der Anlaufgeschwindigkeit auf die Steigehöhe).

Das Modell von Ballreich (1979a+b) ist detailliert und systematisch, es ordnet einzelne Einflussgrößen hierarchisch an, benennt aber für den Hochsprung noch keine quantitativen Beziehungen zwischen Einfluss- und Zielgrößen. Dies ist insbesondere in der Verquickung von kinematischen und dynamischen Parametern begründet. Wie wir in Kapitel 6.3 zeigen konnten, ist der Einsatz dynamometrischer Messverfahren begrenzt. Entsprechend konnten kinematische und dynamische Meßwerte nicht zueinander in Beziehung gesetzt werden, so dass uns eine Selbstbeschränkung auf kinematische Daten angebracht erscheint.

¹⁸⁹ Der Beschleunigungsstoß ist ein dynamometrischer Parameter, der mittels einer Messplatte im Absprungbereich bestimmt wird. Diese Erfassung ist kein nonreaktives Verfahren und nicht im Wettkampf einsetzbar. Dadurch ist ihr Anwendungsbereich begrenzt.

¹⁹⁰ Mittels dynamometrischer Absprungmessungen kann man den vertikalen Brems- und Beschleunigungsstoß während des Absprungs ermitteln, wobei in der Fachliteratur bisher keine befriedigenden, sprich quantitativen Beziehungen zwischen kinematischen (hier Steigehöhe) und dynamometrischen Messgrößen (hier Absprungimpuls) hergestellt werden konnten. (s.o. Kap. 6.3 f)

¹⁹¹ Diese weitergehende Aufschlüsselung des Vertikalimpulses in die jeweiligen Streckkräfte bzw. Drehmomente an den einzelnen, an der Streckschlinge beteiligten Gelenken käme einer Schwachstellenanalyse der Streckschlinge gleich, die eine gezielte Trainingssteuerung ermöglichte. Vergleiche dazu auch das „energy-flow-Konzept, zuletzt bei Brüggemann & Arampatzis (1997, S. 69).

8.1.2 Probleme der Zuordnung von Einfluss- zu Zielgrößen

Die Ableitung der leistungsbestimmenden Merkmale aus den Teilhöhen ist aufgrund verschiedener Besonderheiten des Hochsprungs schwierig. Einige wichtige Probleme sollen vorab diskutiert werden.

1. Durch die 3-D-Analyse eines Hochsprungs wird eine Vielzahl von Kennzahlen für jeden Springer ermittelt. Dabei geht es primär um Weiten bzw. Höhen, um Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sowie um Winkel und Drehmomente (Kap. 5.3.2). Die erfassten Bewegungsmerkmale kann man als biomechanische Beobachtungsgrößen bezeichnen und ihre Veränderungen in einen (kovarianten) Bezug zur Zielgröße setzen (vgl. Göhner, 1992, S. 156). Doch ist der statistische Zusammenhang kein hinreichendes Kriterium, um leistungsbestimmende Faktoren sicher herauszuarbeiten. Wegen der Gefahr von Scheinkorrelationen sind rein statistisch ermittelte Zusammenhänge häufig trügerisch.

Um von den Beobachtungs- zu den Einflussgrößen zu gelangen, muss für die jeweiligen Parameter über Plausibilitätsbetrachtungen, z.B. eine physikalische oder biochemisch-physiologische Herleitung, eine Relevanz für die Zielgröße aufgezeigt werden. Sind die Beobachtungs-, Einfluss- und Zielgrößen gut zu messen bzw. abzuleiten, erfüllen sie ferner die Gütekriterien, weisen sie schließlich eine ausreichende Streubreite auf und erfüllen sie die notwendigen Voraussetzungen für statistische Bearbeitungen, ist die Bestimmung und Interpretation statistischer Zusammenhänge sinnvoll. Um daher aus der Vielzahl möglicher Messgrößen die richtige Auswahl zu treffen bzw. eine Hierarchisierung vorzunehmen, ist ein Verständnis gleichermaßen der technisch-biomechanischen wie der trainings-physiologischen Abläufe erforderlich.

2. Die Technikanalyse der vorigen Kapitel erbrachte die Erkenntnis, dass der Hochsprung ein komplexes raumzeitliches Geschehen darstellt, bei dem alle Dimensionen zur Leistungserzeugung genutzt werden. Problematisch ist, dass sich die resultierenden Leistungsanteile teilweise in einer anderen Dimension als die erzeugenden vollziehen. So sind die Sprunghöhe und die Teilhöhen, also die resultierenden Größen, Phänomene der vertikalen Dimension, während sich die erzeugenden Bewegungen, der Anlauf vorrangig in den beiden horizontalen und der Absprung in allen drei Dimensionen abspielen (siehe Kap. 4.5). Dadurch wird die direkte Ableitung dominanter Leistungseinflüsse, wie es beispielsweise im Weitsprung die Anlaufgeschwindigkeit darstellt, erschwert.
3. Eine weitere Schwierigkeit der sinnvollen statistischen Bearbeitung und Interpretation der Daten ergibt sich aus den für biomechanische Untersuchungen an Spitzensportlern typisch kleinen oder leistungsheterogenen Gruppen, die durch den großen Bearbeitungsaufwand für 3-D-Analysen noch verschärft wird (siehe Einleitung und Kap. 5.3). Die Signifikanz-Prüfung der Korrelationen legt einen entsprechenden vorsichtigen Umgang mit den Ergebnissen solcher Kleingruppenauswertungen nahe. Erst die Untersuchung größerer Gruppen schafft die nötige Aussagesicherheit.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse mehrerer Untersuchungen ist aufgrund der unterschiedlichen Messmethoden und -instrumente (Hard- und Software) und der Besonderheiten des jeweiligen Auswertungspersonals problematisch bzw. erst nach einer statistischen und inhaltlichen Prüfung auf Übereinstimmungen bzw. Abweichungen möglich (siehe Kap. 9). Dies setzt statistisch verwertbare Mindestgrößen der jeweiligen Populationen voraus, wie sie nur bei den Ergebnissen von Dapena (1982-1997) und eigenen Messungen (jeweils $n > 200$) zugrunde liegen.

8.1.3 Teilhöhen und Hochsprungleistung

Trotz der vorgenannten Bedenken und Einschränkungen erscheint das modifizierte Teilhöhenmodell des Hochsprungs als der geeignete Ausgangspunkt auf dem Weg zu den leistungsbestimmenden Faktoren und Ableitungen für das Training. Anhand des Datenmaterials soll geprüft werden, welche Zusammenhänge zwischen Ziel- und Einflussgrößen gleichermaßen sachlich-logisch (physikalisch-physiologisch) wie empirisch-statistisch darstellbar sind.

Tab. 8.1: Durchschnittliche Teilhöhen der untersuchten Hochspringer ($n = 108$) in cm und in Prozent der Sprunghöhe (Prozentwerte abgerundet)

Gruppe	n	Sprunghöhe		KSP-Flughöhe		KSP-Stand		Steigehöhe		Überhöhung	
		in cm	in %	in cm	in %	in cm	in %	in cm	in %	in cm	in %
Männer											
Mg	72	214,65	100,00	221,58	103,23	111,04	51,73	110,54	51,50	-6,93	-3,23
M1	36	225,00	100,00	230,06	102,25	111,29	49,46	118,76	52,78	-5,06	-2,25
M2	36	204,31	100,00	213,11	104,31	111,79	54,23	102,32	50,08	-8,81	-4,31
Frauen											
Fg	72	182,24	100,00	188,97	103,69	103,90	57,01	85,07	46,68	-6,74	-3,70
F1	36	189,11	100,00	195,25	103,25	104,75	55,39	90,50	47,86	-6,14	-3,25
F2	36	175,36	100,00	182,69	104,18	103,05	58,76	79,65	45,42	-7,33	-4,18

In Tabelle 8.1 und Abbildung 8.4 sind die Anteile der Teilhöhen an der Sprungleistung für die Teilgruppen der interindividuellen Untersuchungen absolut und in Prozent der Sprunghöhe dargestellt. Eine erste Begutachtung zeigt, dass die KSP-Höhe im Stand und die Steigehöhe jeweils ca. 52 % der Sprungleistung betragen, die Lattenüberhöhung dagegen nur ca. -6 %. Vergleicht man Männer und Frauen miteinander, stellt man fest, dass der absolute Betrag für die KSP-Höhe im Stand bei den Männern höher als bei den Frauen ist (111 vs. 104 cm), dass jedoch der prozentuale Anteil von h_1 an der Sprungleistung bei den Frauen deutlich höher als bei den Männern liegt (57 vs. 52 %); die Lattenüberhöhung unterscheidet sich zwischen Männern und Frauen nur geringfügig.

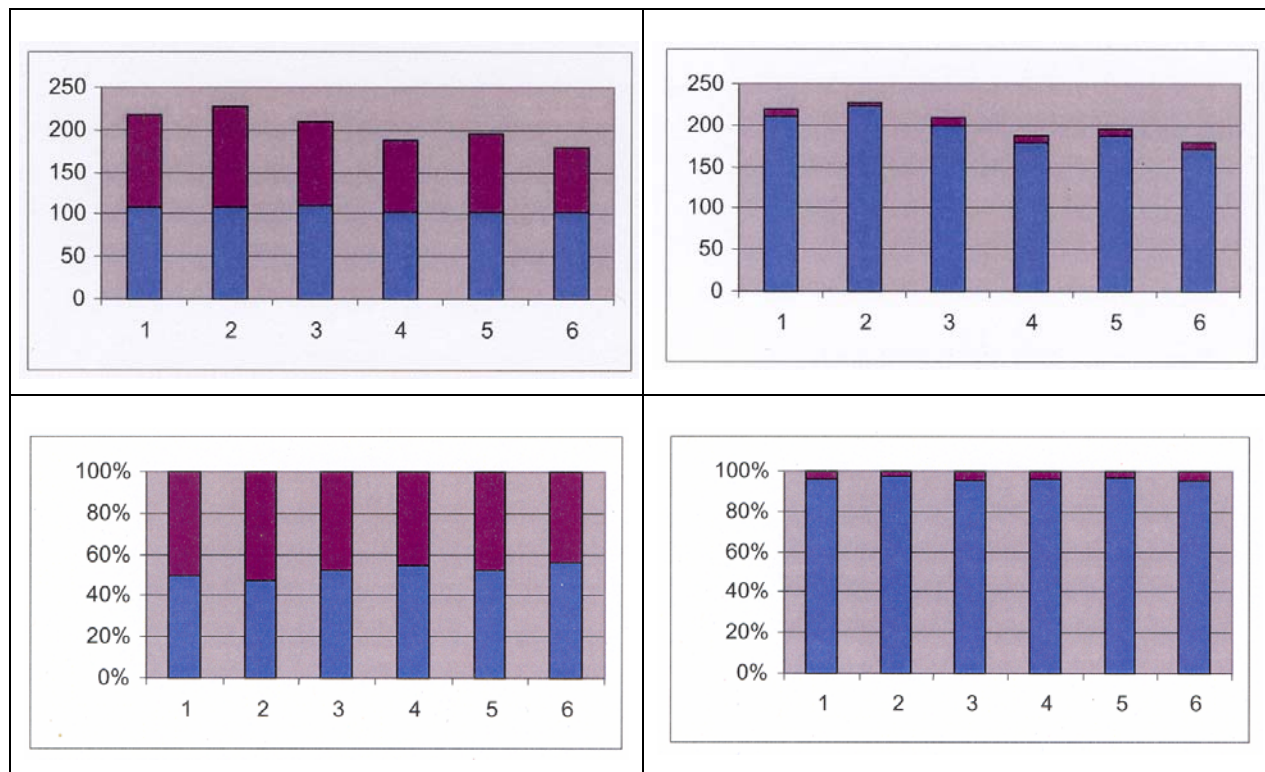


Abb. 8.4: Anteil der Teilhöhen an der KSP-Flughöhe in cm und Prozent
 linke Diagramme: Anteile von h_1 und h_2 an der KSP-Flughöhe (in cm und %)
 rechte Diagramme: Sprunghöhe und h_3 als Teil der KSP-Flughöhe (in cm und %)
 1 = alle Männer 2 = leistungsstärkere Männer 3 = leistungsschwächere Männer
 4 = alle Frauen 5 = leistungsstärkere Frauen 6 = leistungsschwächere Frauen

Vergleicht man die jeweils besseren und schlechteren Teilgruppen, stellt man einen geringen Unterschied für h_1 , gravierende Differenzen bei h_2 und geringe Unterschiede bezüglich h_3 jeweils zugunsten der besseren Gruppen fest. Bestimmt man die Werte relativ zur Sprungleistung, werden die Differenzen für h_1 größer und für h_2 kleiner, bei h_3 bleiben sie etwa konstant. Dies weist schon auf die große Bedeutung von h_2 für die Sprungleistung hin, doch soll der nachfolgenden Diskussion der Teilhöhen und der statistischen Prüfung nicht weiter vorgegriffen werden.

Tab. 8.2: Mittlere Sprungleistungen und Teilhöhen von 28 Sprüngen eines Springers

Gruppe	n	Sprunghöhe		KSP-Flughöhe		KSP-Stand		Steighöhe		Überhöhung	
		in cm	in %	in cm	in %	in cm	in %	in cm	in %	in cm	in %
IntrG	28	217,11	100,00	224,15	103,24	113,00	52,05	111,15	51,20	-7,11	-3,27
Intr1	14	225,36	100,00	230,07	102,09	113,00	50,14	117,07	51,95	-4,86	-2,16
Intr2	14	208,23	100,00	217,77	104,58	113,00	54,27	104,76	50,31	-9,54	-4,58

Tabelle 8.2 zeigt die intraindividuelle Auswertung der absoluten und relativen Teilhöhen vieler Versuche eines Spitzenathleten. h_1 als KSP-Höhe im Stand ist definitionsgemäß konstant, bezüglich h_2 unterscheiden sich die besseren von den schlechteren Sprüngen um 12 cm, bezüglich h_3 um 4,6 cm. Die absoluten wie auch die relativen Beträge der besseren intraindividuellen Teilgruppe weisen große Ähnlichkeit mit der leistungsstärkeren Männergruppe der interindividuellen Untersuchungen (Tab. 8.1) auf. Hier bieten sich nachfolgend Quervergleiche an.

8.2 KSP-Höhe im Stand

Die KSP-Höhe im Stand ist von der Körpergröße und den Körperproportionen abhängig (Saziorski, 1984, S. 39). Sie muss als trainingsindifferenter, also durch Training nicht zu beeinflussender Faktor eingestuft werden. Die KSP-Höhe ist sachlich-logisch leistungswirksam, da größere Athleten bzw. solche mit längeren Beinen einen Eingangsvorteil haben.

Die Werte für die KSP-Höhe im Stand (h_1) bzw. die Körpergröße der Springer (1,92 m bzw. 1,80 m) sind im Vergleich zum Durchschnitt der Bevölkerung deutlich erhöht (Tab. 8.3). Dies entspricht den Messungen der Teilnehmer bei Olympischen Spielen und Weltmeisterschaften (vgl. u.a. Bauersfeld & Schröter, 1998, S. 220) und deckt sich mit der Erfahrung, dass Hochspringer zumeist groß (und schlank) sind. Setzt man die KSP-Höhe im Stand in Relation zur Hochsprungleistung, hat sie bei den Frauen mit 57,0 % einen deutlich höheren Anteil an der Gesamtleistung als bei den Männern (51,7 %).

Tab. 8.3: KSP-Höhe im Stand in cm

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	111,04	4,27	3,84	100,00	122,38	22,38
M1	36	111,29	4,38	3,94	100,00	119,59	19,59
M2	36	110,78	4,20	3,79	103,74	122,38	18,64
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	103,90	3,11	3,00	97,00	110,00	13,00
F1	36	104,75	2,81	2,68	98,86	110,00	11,14
F2	36	103,04	3,11	3,02	97,00	109,50	12,50

Tabelle 8.3 verdeutlicht ferner, dass die Streuparameter (s, V, R) vergleichsweise klein ausfallen. In den Teilgruppen weisen sie ähnliche Größenordnungen wie in den Gesamtgruppen auf, die Minimum- und Maximumwerte überlappen sich weitgehend. Dies gibt einen Hinweis auf einen statistisch wenig stringenten Zusammenhang des Merkmals zur Leistung.

Die besseren und die schlechteren Männer weisen ähnliche Mittelwerte für die KSP-Höhe im Stand auf (Tab. 8.3, Differenz < 1 cm), die beiden Frauengruppen unterscheiden sich diesbezüglich um ca. 1,7 cm, also immer noch geringfügig. Die 2x2-faktorielle Varianzanalyse ergibt zwar signifikante Unterschiede zwischen Männern und Frauen ($F = 133,56$; $p = 0,000$), jedoch nicht mehr signifikante, immerhin tendenzielle Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen ($F = 3,19$; $p = 0,076$) und keine für die Interaktion ($F = 0,94$; $p = 0,334$).

Entsprechend dem varianzanalytischen Ergebnis sind auch die Korrelationen zwischen der KSP-Höhe im Stand und der Sprungleistung innerhalb der Leistungsgruppen niedrig und bis auf die Gesamtgruppe der Frauen ($r = 0,27$; $p = 0,025$) nicht signifikant¹⁹². Eine Sekundäuswertung der Dapena-Untersuchungen (1982-1997) bestätigt diese Ergebnisse der Tendenz nach, die Korrelation für die Frauen beträgt $r = 0,24$, für die Männer $r = -0,17$, beide Werte sind nicht signifikant.

Diese Ergebnisse stehen im ausdrücklichen Widerspruch zu denen von Brüggemann & Arampatzis (1997, S. 67), die eine signifikante Korrelationen zwischen h_1 und Sprungleistung ermittelten¹⁹³. Vermittelnd wirkt hier der Hinweis auf das andere Teilhöhenmodell, die Autoren verstehen unter h_1 die KSP-Position am Absprungende. Diese ist nicht nur von anthropometrischen, sondern auch von technomotorischen Bedingungen der Athleten abhängig (siehe Kap. 4). Diese vergrößern h_1 zulasten der Steigehöhe, so dass der Einfluss der KSP-Abflughöhe größer als der der KSP-Höhe im Stand ist. Dadurch wird das Ergebnis aber nur in begrenztem Ausmaß verändert. Bei unseren eigenen Daten ergibt sich für die Korrelation von h_{TO} und Leistung bei den Frauen $r = 0,313^{**}$ ($p = 0,007$) und bei den Männern $r = 0,093$ ($p = 0,457$). Die widersprüchlichen Ergebnisse müssen noch weitere Ursachen haben. Da sich die Untersuchung von Brüggemann & Arampatzis auf nur sechs Athleten bezieht, gehen wir in diesem Fall von einem zufallsbedingten Einzelergebnis bzw. einem α -Fehler aus.

¹⁹² Ermittelt man statt der Korrelation von Sprungleistung und KSP-Höhe im Stand die Korrelation von Sprungleistung und mittlerer KSP-Abflughöhe ($H_{TO} 75/73$), ergeben sich keine wesentlich anderen Ergebnisse.

¹⁹³ Dies steht im Widerspruch zur Aussage von Brüggemann & Arampatzidis (1997), die bei der Auswertung der sechs besten Finalisten der WM 1997 in Athen einen starken Zusammenhang zwischen h_1 und der Sprungleistung ermittelten. Diese Diskrepanz lässt sich nur bedingt darauf zurückführen, dass die Autoren h_1 nach Hay als KSP-Abflughöhe bestimmten. Anzumerken ist, dass bei sechs Probanden die Ergebnisse durch einzelne Extremwerte stark beeinflusst werden können, so dass eine Verallgemeinerung problematisch ist.

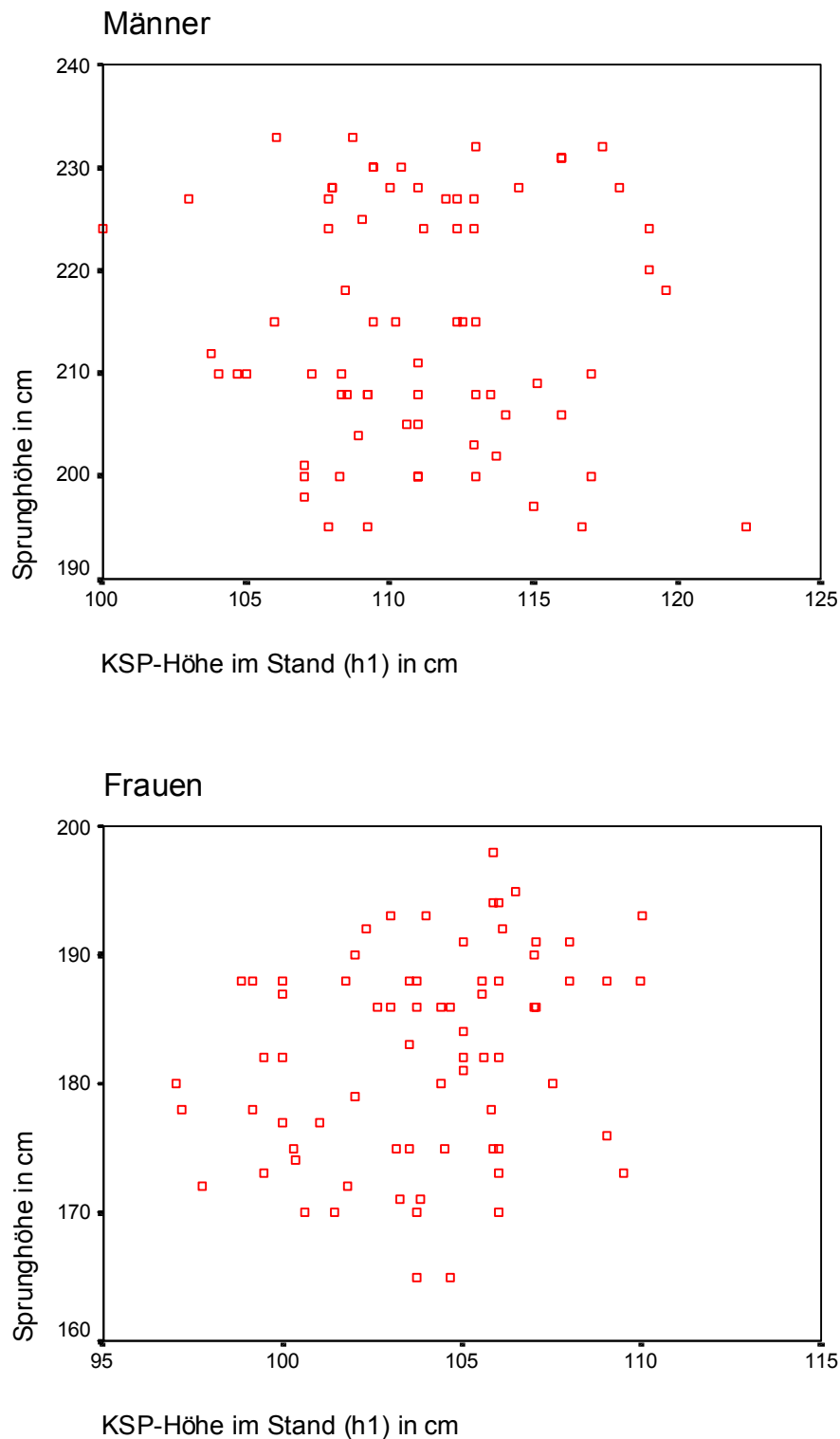


Abb. 8.5: Streudiagramme für den Zusammenhang von Sprunghöhe und KSP-Höhe im Stand

Es bleibt also eine geringe bzw. keine Korrelation zwischen der KSP-Höhe im Stand und der Sprungleistung. Dies ist zunächst verwunderlich, da die KSP-Lage im Teilhöhen-

modell direkter Bestandteil der Hochsprungleistung ist und eine größere KSP-Höhe bei sonst konstanten Faktoren unmittelbar leistungswirksam ist¹⁹⁴. Vernachlässigt man die aufgrund der immer noch geringen empirischen Basis möglichen Zufallsschwankungen, liegt die Hypothese nahe, dass kleinere Springer den Nachteil aufgrund der geringeren KSP-Höhe durch bessere Werte in den anderen Teilhöhen ausgleichen, dass sie also eine größere Steighöhe und eine geringere Lattenüberhöhung ausweisen. Die korrelationsstatistische Prüfung der Zusammenhänge erbrachte jedoch nur unbedeutende, meist nicht signifikante Ergebnisse (h_1 zu h_2 : $r_{M\ddot{a}} = -0,342$; $p = 0,003$; $r_{Fr} = 0,085$; $p = 0,476$; h_1 zu h_3 : $r_{M\ddot{a}} = 0,173$; $p = 0,145$; $r_{Fr} = 0,12$; $p = 0,335$).

Damit kann die Hypothese, dass kleinere Springer ihren Größennachteil durch bessere Werte in den beiden anderen Teilleistungen wettmachen, bestenfalls der Tendenz nach bestätigt werden. Es muss daher nach anderen Ursachen gesucht werden. Hilfreich zum Verständnis sind hier die Aussagen von Nigg (1977, S. 130) und Müller (1986, S. 55), dass bei hochqualifizierten Springern die KSP-Abflughöhe eine höhenunabhängige Variable sei. Auch die von uns untersuchten Athleten sind Könnler, als solche also schon selektiert. Entsprechend gilt die Aussage, dass die Körpergröße für die Männer nicht und für die Frauen nur eingeschränkt leistungsrelevant ist, nur innerhalb der Gruppe der qualifizierten Springer. Für diese Gruppe werden die beiden anderen Teilhöhen bzw. deren bedingende Faktoren umso wichtiger.

8.3 KSP-Steighöhe und Einflussgrößen

Die Steighöhe ist ein zentrales Element der Hochsprungleistung, schon aus diesem Grund ist eine enge Beziehung zwischen beiden Größen zu erwarten, die durch den geringen Zusammenhang zwischen h_1 und der Sprungleistung noch verstärkt werden sollte.

Tab. 8.4: KSP-Steighöhe in cm

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	110,54	11,24	10,17	82,62	133,98	51,36
M1	36	118,76	7,62	6,42	103,48	133,98	30,50
M2	36	102,32	7,71	7,54	82,62	120,35	37,73
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	85,07	7,55	8,88	68,35	101,98	33,63
F1	36	90,50	4,69	5,18	82,00	101,98	19,98
F2	36	79,65	5,75	7,21	68,35	92,53	24,18

¹⁹⁴ Ähnliche Ergebnisse formuliert Letzelter (1979, S. 195) für die Reaktionsschnelligkeit im Sprint. Diese ist ebenfalls logisch leistungswirksam, empirisch-statistisch fand Letzelter jedoch keinen (überzufälligen) Zusammenhang zwischen Reaktionszeit und Sprintzeit (siehe auch Oberste & Brake, 1974).

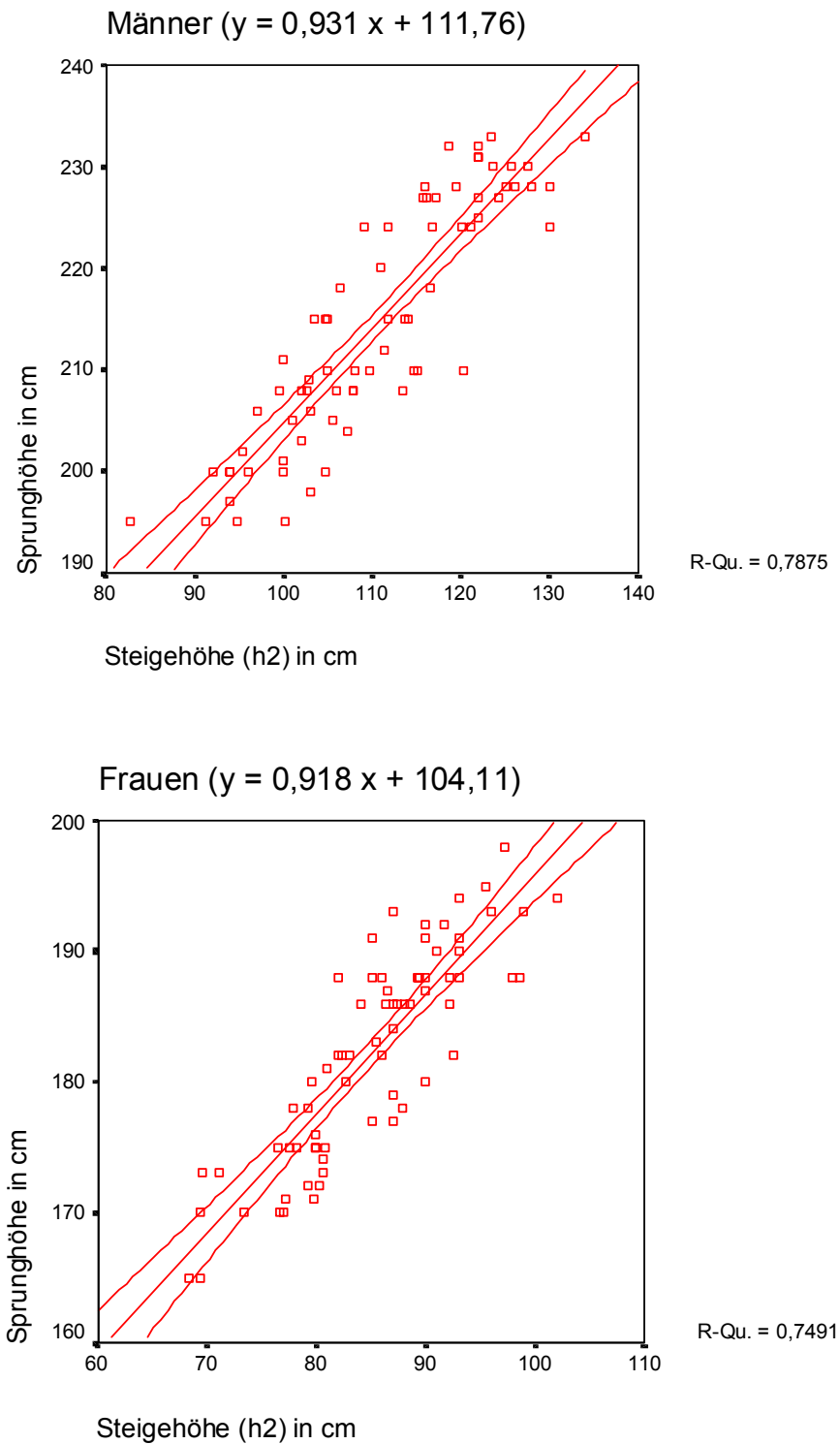


Abb. 8.6: Streudiagramme mit Regressionsgeraden, -gleichungen und hyperbolischen Vertrauensintervallen für den Zusammenhang von Hochsprungleistung und Steighöhe

Die Steigehöhe erklärt den Großteil der Leistungsunterschiede im Hochsprung zwischen Männern und Frauen. Innerhalb der Frauen- wie der Männergruppe unterscheiden sich die besseren von den schlechteren Springern bezüglich ihres h_2 -Wertes jeweils beträchtlich, bei den Frauen um 11, bei den Männern um 16,4 cm (Tab. 8.4). Die Unterschiede zwischen Männern und Frauen ($F_{\text{Geschl}} = 541,2$; $p = 0,000$) sind ebenso überzufällig wie die zwischen den besseren und schlechteren Teilgruppen ($F_{\text{Leist}} = 155,4$; $p = 0,000$). Auch die Interaktion ist signifikant ($F_{\text{GxL}} = 6,51$; $p = 0,012$), sie lässt sich auf den unterschiedlichen Steigungsgrad der Regressionsgeraden bei Männern und Frauen zurückführen.

Die graphischen Darstellungen in Abbildung 8.6 weisen einen außergewöhnlich engen Zusammenhang zwischen Steigehöhe und Sprungleistung aus, die Korrelationskoeffizienten für die Männer und die Frauen liegen bei 0,9 ($p = 0,000$). Innerhalb der Leistungsgruppen sind die Zusammenhänge nicht ganz so hoch, aber immer noch hochsignifikant ($r_{M1} = 0,75$; $p = 0,000$; $r_{M2} = 0,74$; $p = 0,000$; $r_{F1} = 0,58$; $p = 0,003$; $r_{F2} = 0,76$; $p = 0,000$).

Aufgrund der Höhe der Korrelation ist die Ausweisung des Regressionskoeffizienten angebracht. Die entsprechenden Gleichungen sind in Abbildung 8.6 abgetragen. Das Steigungsmaß liegt jeweils im Bereich von 1, die Konstanten korrespondieren daher nicht unerwartet mit der durchschnittlichen KSP-Höhe im Stand. Die entsprechenden Werte für die leistungsabhängigen Teilgruppen fallen schwächer aus, sind aber immer noch hochsignifikant.

Angeichts des Umstandes, dass bei der Untersuchung mehrerer Versuche desselben Springers die KSP-Höhe im Stand konstant ist, kann hier ein noch größerer Einfluss der Steigehöhe auf die Hochsprungleistung erwartet werden. Dies legt schon die deskriptive Statistik in Tabelle 8.5 nahe. Denn sie zeigt, dass sich die besseren von den schlechteren Sprüngen bezüglich der Steigehöhe erheblich unterscheiden und bei der Aufspaltung der Gesamt- in die Teilgruppen die absoluten wie die gewogenen Streumaße erheblich abnehmen und die jeweiligen Streubreiten nur geringe Überlappungsbereiche aufweisen.

Tab. 8.5: Deskriptive Statistik der Steigehöhen verschiedener Sprünge eines Springers in cm

	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
IntrG	28	111,15	7,94	7,14	97	125	28
Intr1	14	117,07	4,05	3,46	111	125	14
Intr2	14	104,76	5,82	5,56	97	115	18

Der T-Test erweist die Teilgruppen als hochsignifikant verschiedenen Grundgesamtheiten zugehörig ($T = 6,14$; $p = 0,000$). Der Korrelationskoeffizient für den Zusammenhang von Steigehöhe und Sprungleistung (H) beträgt 0,1 ($p = 0,000$), der für die leistungsstärkere Gruppe $r = 0,92$ ($p = 0,000$) und für die leistungsschwächere $r = 0,67$ ($p = 0,013$). Die Regressionsgleichung für die Gesamtgruppe lautet:

$$H_{\text{IntrG}} = 78,97 + 1,243 \times h_2$$

So sind die Beziehungen zwischen beiden Parametern zwar bedeutsam, aber niedriger als erwartet. Das kann mit dem Umstand begründet werden, dass bei Untersuchungsterminen mit mehreren ausgewerteten Sprüngen der Athlet bei den niedrigeren Sprunghöhen mehr Steigehöhe produzierte als für das Überspringen erforderlich gewesen wäre. Bestimmt man die Korrelation jeweils nur für die besten Sprünge der einzelnen Untersuchungstermin ($n = 13$), schnellt der Korrelationskoeffizient auf 0,962 ($p = 0,000$) hoch. Damit wird die Annahme, dass im intraindividuellen Vergleich die Steigehöhe überragenden Einfluss auf die Hochsprungleistung hat, eindeutig bestätigt.

Nachfolgend muss es darum gehen, welche Komponenten Einfluss auf die Steigeleistung haben. Aus Sicht der Bewegungslehre lassen sich im Absprung verschiedene Bewegungsanteile, nämlich Sprungbeinstreckung, Schwungelementeeinsatz und Umsetzen der Anlaufgeschwindigkeit unterscheiden. Üblicherweise wird der explosiven Sprungbeinstreckung die größte Bedeutung für die Sprungleistung beigemessen (u.a. Jonath u.a., 1995, S. 322), wogegen das Umlenken der Anlaufgeschwindigkeit und der Schwungelementeeinsatz erst nachgeordnet wirksam werden¹⁹⁵.

Daher soll zunächst die Streckkraft des Sprungbeins thematisiert werden, bevor mit den Beschleunigungsprozessen im Absprung, der Anlaufgeschwindigkeit, der KSP-Höhe zu Absprungbeginn und dem Schwungelementeeinsatz die Parameter diskutiert werden, welche die Steigehöhe als wichtigsten leistungsbestimmenden Faktor beeinflussen. Anschließend werden weitere, einzelne Leistungsparameter vorgestellt.

8.3.1 Explosive Sprungbeinstreckung

Dynamometrisch betrachtet ist die Steigehöhe das Resultat des vertikalen Kraft- bzw. Beschleunigungsstoßes im Absprung. Vorrangiges Anliegen jedes Springers muss es sein, einen großen vertikalen Kraftimpuls zu erzeugen. Verfügt der Springer über ausreichende (Maximal-) Streckkräfte im Sprungbein und Haltekräfte im Rumpf- und Hüftbereich, kann er den KSP stärker absenken und den längeren Beschleunigungsweg zu einem höheren Vertikalimpuls ausnutzen. Auch hier ist also die Streckkraft des Sprungbeins bzw. die Sprungkraft limitierend für das Maß der KSP-Absenkung vor dem Absprung. Senkt ein Springer über seine Kraftverhältnisse hinaus den KSP ab, kommt es zu einer verzögerten Kniestreckung, einem suboptimalen Beschleunigungsstoß, eventuell sogar zum Sprungabbruch.

¹⁹⁵ Adamczewski & Dickwach (1991, S. 51) kommen jedoch zu einer anderen und überraschenden Quantifizierung dieser Einflussgrößen. Sie messen dem Umsetzen der Horizontalgeschwindigkeit (35-40 %) und dem Einsatz der Schwungelemente (33 %) größere Bedeutung für die Sprungleistung als der Streckkraft des Sprungbeins (30 %) bei. Diese von den Autoren nicht weiter erläuterte Zuteilung scheint nicht zulässig, da das Umsetzen der Horizontalgeschwindigkeit und die Schwungelementebewegung im Sinne einer stärkeren Sprungbeinbelastung wirken und erst über die Sprungbeinstreckung Relevanz erlangen.

Bei der Erzeugung des Kraftstoßes bzw. der Vertikalbeschleunigung im Absprung denkt man zunächst an das Ausholen in der vertikale Dimension bzw. an die Beuge-Streckbewegung des Sprungbeins, wie sie beim Hoch-Strecksprung aus dem Stand realisiert wird. Dabei wird durch die ausholende Beugebewegung der Beine entgegen der späteren Zielbewegung (Counter-Movement-Jump) einerseits der Beschleunigungsweg verlängert und andererseits durch die Abbremsung des Beugevorgangs die Vorspannung bzw. die Anfangskraft der Streckmuskulatur erhöht (Meinel & Schnabel, 1998, S. 110). Da in den leichtathletischen Sprungdisziplinen der Absprung mit einem Bein vorgeschrieben ist und beim einbeinigen Absprung aus dem Stand nur ein Bruchteil der für Spitzenhochsprünge erforderlichen Steigehöhen erreicht wird¹⁹⁶, muss die Leistungsabgabe der Sprungbeinmuskulatur durch andere bzw. zusätzliche Bewegungselemente gesteigert werden.

Zur Ausholbewegung in der vertikalen kommen vorbereitende Bewegungen in den beiden horizontalen Dimensionen bzw. in Kombination mit der vertikalen Dimension hinzu. Dazu wird im Anlauf Horizontalgeschwindigkeit entwickelt und in der Absprungvorbereitung eine günstige Körperpositionierung, insbesondere die sogenannte Sprungauslage, beim Flop eine Kombination aus Rück- und Innenlage, eingenommen. Dadurch wird der KSP-Beschleunigungsweg während des Absprungs erheblich verlängert und die horizontalen Dimensionen in mehrerlei Weise verfügbar:

1. Die horizontale Eingangsgeschwindigkeit führt zu einem passiven Aufrichten des Körpers aus der Sprungauslage und einem teilweisen Umlenken in vertikale Abfluggeschwindigkeit. Sprungbein und Oberkörper wirken wie ein Hebel um den Sprungfuß als Drehmittelpunkt. Energiespeicherung und -wiederabgabe in den elastischen Geweben (Sehnen, Muskeln, Bänder) modifizieren und fördern diesen Effekt noch.
2. Die Kombination aus hoher Anlaufgeschwindigkeit und großer Sprungauslage bewirkt zu Absprungbeginn (Sprungfußaufsatz) einen hohen Auftreffimpuls. Dieser führt zur passiven Dehnung der voraktivierten Streck-Muskulatur des Sprungbeins und in der Reaktion zu Dehnungsreflex-Aktivitäten. Zum einen wird die Muskelstiffness erhöht, zum anderen ist die Muskelaktivität und entsprechend die Leistungsabgabe deutlich größer als bei willkürlichen Kontraktionen (Schmidtbleicher, 1985, S. 65f).
3. Das energische Vor- und Hochschwingen der Arme und des Schwungbeins erzeugt einen zusätzlichen Impuls, der über den Rumpf auf das Sprungbein übertragen wird und – bei entsprechenden Kraftvoraussetzungen – zu einem erhöhten Gesamtimpuls führt.

¹⁹⁶ Eine Möglichkeit, den Kraftstoß innerhalb der vertikalen Dimension zu steigern, wäre ein dem Absprung vorausgehender Tiefsprung, der einen erhöhten Auftreffimpuls und dadurch – bei entsprechend leistungsfähiger Sprungbeinmuskulatur – eine stärkere Muskelkontraktion und letztlich einen höheren Streckimpuls erzeugen würde. Die geringe Fallgeschwindigkeit zu Absprungbeginn (bis 0,6 m/s), die bei vielen Springern zu beobachten ist, zielt auf diesen Effekt.

Diese Komponenten stehen untereinander in Wechselwirkungen. Gemeinsam führen sie zu einem hohen Vertikalimpuls und im Ergebnis zu einer großen Steighöhe.

Ein präzises Messinstrument zur Bestimmung der Sprungbeinbelastung ist die Kraftmessplatte. Damit werden die am Boden bzw. Fuß wirkenden Kräfte insgesamt oder nach Dimensionen aufgeschlüsselt ausgewiesen. Wegen des hohen apparativen Aufwandes, dem Problem des Treffens der Platte mit dem Sprungfuß und der Gefahr der Rückwirkung auf den Springer wurde die Kraftmessplatte bisher nur selten eingesetzt¹⁹⁷, für Wettkampfauswertungen kommt der Einsatz wegen der möglichen Beeinträchtigung einzelner Springer nicht in Frage. Entsprechend gering ist das Datenmaterial und schwierig die Interpretation. Bisher stellt sich der an der Kraftmessplatte ermittelte Kraftauschlag eher als Funktion des Körpergewichtes denn als Funktion der Sprungleistung dar (siehe Kap. 6.3). Die hier angestrebte Differenzierung in einzelne leistungsbestimmende Anteile ist nicht möglich.

Möchte man den Anteil der Sprungbeinstreckung an der Erzeugung des Vertikalimpulses mit kinematischen Mitteln herausarbeiten, stößt man ebenfalls schnell an Grenzen¹⁹⁸, da es kaum geeignete Beobachtungsgrößen gibt. Ein mögliches Kriterium ist die Beuge-Streckbewegung des Kniegelenks (Amortisation) während des Absprungs, die wir daher untersuchten. Die Annahme, dass ein geringes Nachgeben des Knies während der Amortisation mit besseren Sprungergebnissen (Steighöhen) korreliert, fanden wir bei unseren 3-D-Auswertungen nicht bestätigt. Vielmehr waren die Zusammenhänge von Hochsprungleistung und Knie-Beugung während des Absprungs uneinheitlich (Korrelationskoeffizienten: $r_{M\ddot{a}} = -0,22$; $p = 0,854$; $r_{Fr} = 0,28$; $p = 0,019$). Weitere allein oder vorrangig die Beuge-Streckbewegung des Sprungbeins beschreibende Parameter konnten wir nicht ermitteln.

So endet die Rückführung der Steighöhe auf die Streck- bzw. Sprungkraft des Sprungbeins innerhalb der kinematischen Analyse schon bei der ersten Ableitung, also bei der vertikalen Abfluggeschwindigkeit¹⁹⁹, die jedoch, wie wir in Kapitel 4 zeigen konnten, schwierig zu bestimmen ist. Daher erscheint es uns sinnvoller, die Steighöhe direkt zu ermitteln. Entsprechend wird der diesbezügliche Leistungsfortschritt ebenfalls komplex überprüft, beim Hochsprung durch die Ableitung der Steighöhe, außerhalb des Techniktrainings durch Sprungkrafttests, insbesondere den sogenannten Steigesprungtest (s.u.). Nachfolgend befassen wir uns mit den kinematischen Einflussgrößen der Steighöhe.

¹⁹⁷ Z.B. Deporte & Gheluwe (1990, S. 762), Maiwald, Nissinen, Nixdorf (1995), betreffs eigener Untersuchungen siehe Kap. 5.

¹⁹⁸ Eine dynamische Messung mittels Bodendruckmessplatten gibt exakte Hinweise auf die Sprungbeinbelastung, ist jedoch in Wettkämpfen wegen unterstellter Rückkopplungen auf die Springer nicht zulässig.

¹⁹⁹ Bei Ballreich (1979a) endet der Regress schon beim vertikalen Beschleunigungsstoß, den er durch diverse Einflussgrößen nur unvollständig beschrieben sieht.

8.3.2 Beschleunigungsvorgänge im Absprung

Innerhalb der kinematischen Analyse, wie sie unseren Untersuchungen zugrunde liegt, können Weg- und Zeit-Merkmale während des Absprungs untersucht werden. Kinematisch gesehen ist die Steigehöhe das Ergebnis der Beschleunigungsprozesse im Absprung, diese wiederum stehen in einem engen Zusammenhang mit dem Verhältnis von vertikalem Beschleunigungsweg und Absprungdauer.

a. Quotient Hubhöhe/Absprungdauer

Der Quotient aus Hubweg und Kontaktzeit ergibt die durchschnittliche vertikale Geschwindigkeit während des Absprungs. Aufgrund von Messungenauigkeiten bezüglich der Kontaktzeit²⁰⁰, aber auch der KSP-Bestimmung in Phasen großer Geschwindigkeitsänderungen können die entsprechenden Werte allenfalls in Relation zueinander betrachtet werden.

Je größer der Hubweg und je kürzer die Absprungdauer, desto höher ist die durchschnittliche vertikale Geschwindigkeit während des Absprungvorgangs. Die vertikale Anfangsgeschwindigkeit ist nahe Null oder sogar negativ, danach setzt prinzipiell eine erhebliche Beschleunigung ein, die zunächst progressiv, am Absprungende abflachend ist. Da diese Kurve wegen der Kürze der Zeit nur gering individuell variieren kann, ist der Quotient Huhöhe/Kontaktzeit zwar kein vollständiger Prädiktor der Steigehöhe, doch ist von einer hohen Prognosequalität auszugehen. Dies soll nachfolgend untersucht werden.

Tab. 8.6: Deskriptive Statistik für den Quotienten aus vertikalem Beschleunigungsweg und Absprungzeit (in cm/s) im interpersonellen Vergleich

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	269,09	32,33	11,97	199,89	352,80	152,91
M1	36	286,94	29,34	10,23	227,16	352,80	125,62
M2	36	251,23	24,54	9,77	199,89	299,39	99,50
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	226,35	23,40	10,34	175,06	283,03	107,97
F1	36	236,18	22,41	9,49	192,71	283,03	90,32
F2	36	216,52	20,24	10,35	175,06	255,88	80,82

²⁰⁰ Die wesentlich genauere Bestimmung der Kontaktzeit mittels Kontaktmatten oder der Kistler-Messplatte ergibt in der Regel deutlich höhere Werte als bei der kinematischen Bestimmung. Entsprechend geringer würde unser Quotient bzw. die geschätzte Abfluggeschwindigkeit. Dies kann auch die Überschätzung der Steigehöhe aufgrund der Bestimmung der Abfluggeschwindigkeit in 3-D-Auswertungen erklären (siehe Kap. 5.3.4).

Tabelle 8.6 gibt die Quotienten für den interpersonellen Vergleich wieder. Da die besseren Teilgruppen jeweils etwas größere Hubwege und etwas kürzere Kontaktzeiten erreichen, lassen sich bezüglich des Quotienten Hub/Zeit deutlichere Unterschiede zu den leistungsschwächeren ($F_{\text{Leist.}} = 46,47$; $p = 0,000$) sowie zwischen Männern und Frauen ($F_{\text{Geschl.}} = 110,7$, $p=0,000$) beobachten. Die signifikante Interaktion ($F_{\text{Geschl.xLeist.}} = 3,9$; $p = 0,050$) bedeutet, dass der leistungsabhängige Abstand bei den Männern überzufällig ausgeprägter ist als bei den Frauen.

Auch innerhalb der leistungsabhängigen Teilgruppen kann mittels des Korrelationskoeffizienten der signifikante Einfluss des Quotienten aus Hub/Absprungdauer auf die Steigehöhe nachgewiesen werden ($r_{M1} = 0,49$; $p = 0,003$; $r_{M2} = 0,51$; $p = 0,001$; $r_{F1} = 0,44$; $p = 0,004$; $r_{F2} = 0,65$; $p = 0,000$).

Tab. 8.7: Deskriptive Statistik des Quotienten aus Hubhöhe und Absprungzeit (in cm/sec) bei verschiedenen Sprüngen eines Springers

	n	\bar{x}	S	V	min	max	R
IntrG	28	280,09	15,13	5,40	249,76	315,15	65,39
Intr1	14	288,28	12,63	4,38	268,05	315,15	47,10
Intr2	14	271,26	12,67	4,67	249,76	300,00	50,24

Bei der intraindividuellen Analyse (Tab. 8.7) unterscheiden sich die besseren von den schlechteren Sprüngen hinsichtlich des Quotienten erheblich ($T = 3,43$; $p = 0,002$). Die gewogenen Streumaße haben ein mittleres Ausmaß, sie verringern sich von der Gesamt- zu den Teilgruppen um nur ca. 20 %. Dazu passt, dass sich die Streubreiten der Teilgruppen erheblich überlappen. Daher kommt es nur zu einer mittleren Korrelation mit der Steigehöhe, die aber immer noch hochsignifikant ausfällt ($r = 0,544$; $p = 0,003$). Eingedenk der monokausalen Beziehung von Beschleunigung, Abfluggeschwindigkeit und Steigehöhe ist die Höhe der Korrelationskoeffizienten geringer als erwartet. Die schon erwähnten Messungenauigkeiten mögen hier eine erklärende Rolle spielen.

Nachfolgend sollen weitere, dem Beschleunigungsprozess im Absprung zugrunde liegende Einflussgrößen ermittelt werden. Dabei wird zunächst der Hubweg untersucht, anschließend in weitere Faktoren zerlegt und auf den Zusammenhang zu den Zielleistungen untersucht. Anschließend wird der Einfluss von Absprungdauer und Horizontalgeschwindigkeit geprüft.

b. Vertikaler Beschleunigungsweg

Bestimmt man die Differenz zwischen KSP-Höhe zu Absprungbeginn und zum Absprungende, erhält man den vertikalen Beschleunigungsweg (Hubweg)²⁰¹.

Tabelle 8.8 veranschaulicht, dass sich Männer und Frauen, aber auch die leistungsabhängigen betreffs der KSP-Hubhöhe ($KSP_{TO} - KSP_{FA}$) erheblich unterscheiden ($F_G = 143,6$; $p = 0,000$; $F_L = 26,6$; $p = 0,000$). Dabei fällt die Differenz zwischen Männern und Frauen mit 7,4 cm größer aus, als es die Unterschiede in der Körpergröße bzw. der KSP-Höhe erwarten lassen.

Tab. 8.8: Deskriptive Statistik für den vertikalen Beschleunigungsweg (in cm/s) im interpersonellen Vergleich

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	43,37	4,56	10,51	33,0	55,7	22,7
M1	36	45,24	4,30	9,50	35,2	55,7	20,5
M2	36	41,49	4,07	9,81	33,0	49,4	16,4
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	35,99	3,36	9,34	29,5	43,2	13,7
F1	36	37,29	3,11	8,34	31,9	43,2	11,3
F2	36	34,70	3,13	9,02	29,5	41,2	11,7

Die größere Maximalkraft der Männer ermöglicht ein stärkeres Absenken und kann als Erklärung dienen. Innerhalb der leistungsabhängigen Teilgruppen kann immer noch ein Zusammenhang zwischen Hubhöhe und Steighöhe ausgemacht werden, doch werden die Signifikanzgrenzen durchweg verfehlt ($r_{M1} = 0,08$; $p = 0,664$; $r_{M2} = 0,20$; $p = 0,246$; $r_{F1} = 0,27$; $p = 0,110$; $r_{F2} = 0,45$; $p = 0,005$). Eingedenk der Größe der Stichproben in Bezug auf die Grundgesamtheit erscheint der Zusammenhang dennoch bedeutsam.

Tab. 8.9: Deskriptive Statistik der Hubhöhe in cm bei verschiedenen Sprüngen eines Springers

	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
IntrG	28	47,94	2,99	6,24	42,44	52,11	9,67
Intr1	14	49,47	2,67	5,40	44,39	52,11	7,72
Intr2	14	46,30	2,45	5,29	42,44	50,18	7,74

²⁰¹ Wegen der geringen vertikalen Eingangsgeschwindigkeit ist die KSP-Höhe zu Absprungbeginn noch einigermaßen zuverlässig zu bestimmen, die KSP-Höhe zum Absprungende dagegen ist wegen der Beschleunigungsvorgänge bzw. der hohen Endgeschwindigkeit nur ungenau zu ermitteln. D. h., die Hubhöhe ist als Differenzwert von wenig sicheren Basiswerten besonders fehlerbehaftet.

Auch bei der intraindividuellen Auswertung in Tabelle 8.9 fällt die Hubhöhe bei den besseren Sprüngen fast 3 cm höher als bei den schlechteren Sprüngen aus. Dieser Unterschied ist hochsignifikant ($T = 3,204$; $p = 0,004$). Bemerkenswert ist, dass neben dem Leistungsbezug auch ein zeitlicher Bezug derart hergestellt werden kann, dass der vertikale Beschleunigungsweg mit fortschreitendem Trainingsalter zugenommen hat. Konditionelle Verbesserungen, aber auch eine bewusste Änderung der Technik können als Ursachen vermutet werden.

Angeregt durch die methodologischen Diskussionen in den Kapiteln 4 und 5, wonach die Abflughöhe schwer zu bestimmen ist, aber auch durch die Auffassung Dapena's (1996), wonach die genaue Abflughöhe von geringer Bedeutung sei, da mit zunehmender (relativer) Abflughöhe die Vertikalbeschleunigung nachlasse und ab einem bestimmten Wert (ca. 71 %) wegen der Beckenkipfung keine weitere Verbesserung der Flughöhe möglich sei, erörterten wir, ob die Hubhöhe nicht weiter zu strukturieren sei. Wir orientierten uns dazu an der KSP-Höhe im Stand und unterteilten die Hubhöhe in den unteren Hub, das sogenannte Absenken (Differenz $KSP_{Stand} - KSP_{FA}$) und den oberen Hub (Differenz $KSP_{TO} - KSP_{Stand}$). Wir untersuchten nun, welche der beiden Hubhöhenanteile bei steigender Leistung zunimmt.

Folgt man Dapena (1997, S. 13), unterscheiden sich bessere und schlechtere Springer insbesondere bezüglich des Absenkens, da der entscheidende Beschleunigungsimpuls zuvor in den bodennahen KSP-Lagen eingeleitet wird. Auch wenn diese Auffassung durch die Untersuchungen zum Dehnungsverkürzungszyklus relativiert werden, gibt die KSP-Absenkung wichtige Informationen zum effektiven Hubweg während des Absprungs. Die statistische Analyse belegt einen positiven Zusammenhang zwischen der KSP-Absenkung zu Absprungbeginn und der Steigehöhe: Wer den KSP stärker absenkt, springt – zumindest im Durchschnitt – höher. Das konnten wir schon in Kapitel 6.2 belegen (Tab. 6.18), wobei sich in der zweifaktoriellen Varianzanalyse die Geschlechter signifikant unterschieden, die Leistungsklassen jedoch nicht.

Bei der Untersuchung verschiedener Sprünge eines Springers stellen wir fest, dass mit steigender Leistung sowohl die KSP-Auftreffhöhe niedriger als auch die Abflughöhe größer werden, also beide Hubhöhenanteile wachsen (siehe Kap. 7, Tab. 7.14 und 7.15). Doch unterscheiden sich die besseren und schlechteren Teilgruppen nur bezüglich des Absenkens signifikant ($T = -2,123$; $p = 0,044$).

Tab. 8.10: Vergleich der Korrelationskoeffizienten verschiedener Hubparameter und der Steigehöhe

Kategorie	n	Hubhöhe	Absenken	oberer Hub
ein Athlet	28	0,529**	0,383**	0,245
Mg	58	0,388**	0,280*	0,046
Fg	48	0,517**	0,353**	0,180

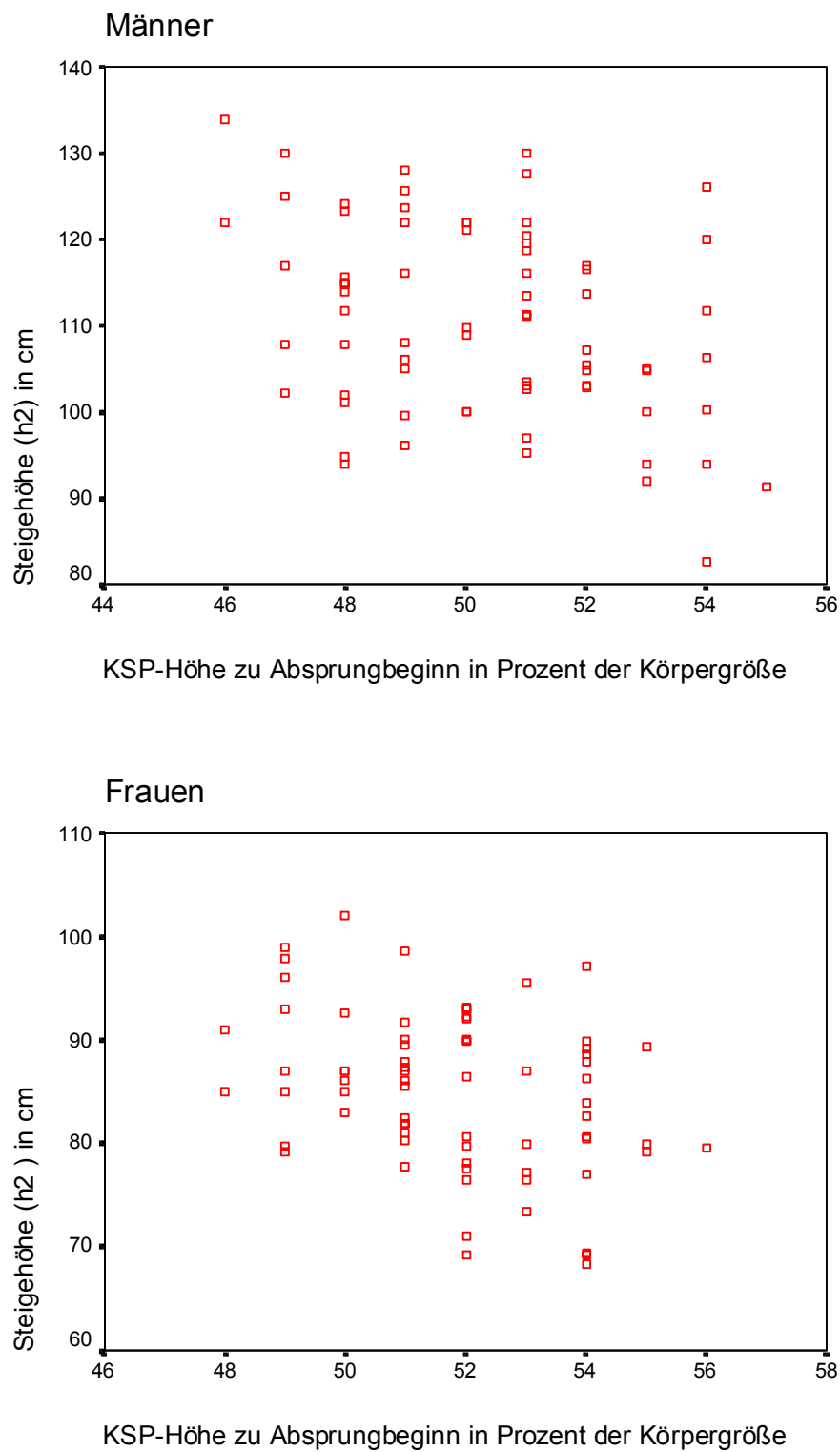


Abb. 8.7: Streudiagramme für den Zusammenhang von relativer KSP-Höhe zu Absprungbeginn (%) und Steighöhe bei Männern (n = 58) und Frauen (n = 48)

Bestimmt man die Korrelationen zwischen einerseits der Hubhöhe, dem Absenken und dem oberen Hub und andererseits der Steigehöhe für alle Untersuchungsgruppen (Tab. 8.10), ergeben sich primär für das Absenken signifikante Werte. Dieses Ergebnis unterstützt die Auffassung, dass das Absenken bzw. die Vergrößerung des Hubweges nach unten einen größeren Leistungszuwachs als die Vergrößerung der Abflughöhe bewirkt. Angesichts der zum Teil anderslautender Ergebnisse bedarf dieser Teilaspekt jedoch noch weiterer Untersuchungen.

KSP-Höhe zu Absprungbeginn

Das Absenken ergibt sich, in dem von der KSP-Höhe im Stand die KSP-Höhe zu Absprungbeginn subtrahiert wird. Bestimmt man die KSP-Höhe zu Absprungbeginn in Prozent der Körpergröße, neutralisiert also die Körperhöhe, korrespondiert dieser Wert mit dem Absenken. Abbildung 8.7 veranschaulicht den Zusammenhang zur Steigehöhe. Dabei sind die Zusammenhänge bei den Männern ausgeprägter als bei den Frauen ($r_{M1} = 0,44$; $p = 0,008$; $r_{M2} = 0,39$; $p = 0,020$; $r_{F1} = 0,17$; $p = 0,331$; $r_{F2} = 0,47$; $p = 0,004$; $r_{IntrG} = 0,38$; $p = 0,049$).

Sprungauslage

Das Absenken des KSP zu Absprungbeginn hängt von der Sprungauslage des Athleten ab. Damit wird bei Sprüngen mit geradem Anlauf (Weit-, Dreisprung, Straddle) die Rücklage zu Beginn des Absprungs bezeichnet. Durch den bogenförmigen Anlauf kommt beim Flop noch die Innenlage dazu. Je größer Rück- und Innenlage, umso tiefer liegt auch der KSP. Entsprechend müssen auch Rück- und Innenlage mit der Leistung bzw. der Steigehöhe korrelieren. Bezüglich der Innenlage im letzten Schritt konnten wir keine signifikanten Beziehungen zur Steigehöhe ermitteln. Auch der Ersatzparameter „Innenlage im vorletzten Schritt“ brachte nur für die Männergruppe signifikante Werte.

Bezüglich der Rücklage ermittelten wir für die Männer und für die Frauen nur zum Teil signifikante Zusammenhänge mit der Steigehöhe ($r_{Mg} = 0,502$; $p = 0,000$; $r_{M1} = 0,211$; $p = 0,218$; $r_{M2} = 0,435$; $p = 0,008$; $r_{IntrG} = 0,21$; $p = 0,29$; $r_{Fg} = 0,278$; $p = 0,018$; $r_{F1} = 0,430$; $p = 0,009$; $r_{F2} = 0,303$; $p = 0,073$ ²⁰²). Ursächlich können Messprobleme und in der Folge unzureichende Reliabilitäten sein.

Zusätzliche positive Effekte für den Vertikalimpuls können bei stärkerem KSP-Absenken durch den höheren Auftreffimpuls und den längeren Schwungelementeeinsatz entstehen (s.u. Kap. 8). Hier muss jedoch nach Kraftfähigkeiten differenziert werden.

²⁰² Eingedenk der in der Einleitung formulierten Problematik, für spitzensportliche Leistungen mit hochkomplexen Wirkgefüge signifikante Zusammenhänge zu ermitteln, haben die Korrelationskoeffizienten in der Nähe der Signifikanzgrenzen durchaus noch einen Aussagewert im Sinne der Bestätigung des Zusammenhangs.

Aufrichtwinkel

Unter dem Aufrichtwinkel wird das Aufrichten des Oberkörpers aus der Sprungauslage zur Abflugposition verstanden. Dieser kann in zwei Dimensionen bestimmt werden, einmal als Rück-Vorlagewinkel, dann als Innen-Außenlagewinkel, jeweils während des Absprungs. Die Annahme Dapenas (1982-1997, S. 16), dass Springer mit geringerem Aufrichtwinkel höher sprängen, konnte anhand statistische Berechnungen unserer Untersuchungsgruppe nicht bestätigt werden, es ergaben sich vielmehr positive Zusammenhänge ($r_{Mg} = 0,414$; $p = 0,000$; $r_{Fr} = 0,27$; $p = 0,022$), wer länger aufrichtet, springt auch höher. Die Verrechnung der intraindividuellen Daten ergab keine Korrelation von Aufrichtwinkel und Steigeleistung.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit fortschreitender Deduktion die Einflussgrößen schnell an Aussage- bzw. Prognosekraft für die Zielgrößen verlieren. Als Erklärung der unbefriedigenden Zusammenhänge können verschiedene ungünstige Faktoren dienen, so die geringen Streuungen, die Bestimmung als Differenzwerte mit der entsprechenden Messproblematik und – bei den Innen-Außenlage-Winkeln – die geringe Winkelstrecke bei grober Skalierung. Dies ist angesichts der komplexen Vernetzung dieser Größen nicht unerwartet, erschwert jedoch eindeutige Ableitungen bzw. Empfehlungen für die Trainingspraxis.

c. Absprungdauer

Die Absprungdauer ist die für die Beschleunigung zur Verfügung stehende Zeit. Die varianzanalytische Auswertung der interindividuellen Untersuchungsdaten ergab, dass die leistungsstärkeren Gruppen kürzer abspringen als die leistungsschwächeren. Das geht einher mit einer (numerisch) negativen, aber inhaltlich positiven Korrelation von Kontaktzeit und Steigehöhe für die Gesamtgruppen (Männer $r = -0,45$; $p = 0,000$; Frauen $r = -0,31$; $p = 0,008$), die sich in den Teilgruppen jedoch rasch verliert. Bei der intraindividuellen Auswertung wurden bezüglich der Kontaktzeit keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen ermittelt. Schon in Kapitel 7 wurde auf die insgesamt geringen Streuungen dieses Merkmals hingewiesen.

Die Kontaktzeit ist eine Funktion von Anlaufgeschwindigkeit und Sprungauslage zu Absprungbeginn. Je höher die Anlaufgeschwindigkeit und je geringer die Sprungauslage, umso kürzer der Absprung. Wie zu erwarten, ergab die intraindividuelle Untersuchung keine signifikanten Zusammenhänge, bei der interindividuellen Auswertung korrelierte die Kontaktzeit mit der Anlaufgeschwindigkeit hochsignifikant für Männer und Frauen, mit der Innenlage im vorletzten Schritt signifikant, nicht signifikant jedoch mit der Rücklage. Auch hier müssen messtechnische Probleme als Ursachen der unvollständigen Zusammenhänge später diskutiert werden.

8.3.3 Anlaufgeschwindigkeit

Der Anlauf dient zur Entwicklung von Horizontalgeschwindigkeit, die im Absprung über die Sprungauslage bzw. das Stemmen in Höhe umgesetzt werden soll. Wer schneller anläuft, steigert den Betrag an kinetischer Energie, die im Hauptbewegungsabschnitt in „Energie des Absprungs“ umgesetzt werden kann (Köthe & Stark, 1996, S. 21). Je höher die Anlaufdynamik und je größer die Sprungauslage, desto größer wird – bei entsprechenden (reaktiven) Kraftvoraussetzungen des Sprungbeins – der Bodendruck und der Absprungimpuls²⁰³. Mittels der Anlaufgeschwindigkeit wird der Sprungbein-Oberkörper-Hebel aufgerichtet und ein Teil der horizontalen in vertikale Geschwindigkeit umgelenkt. Damit die Achse Sprungbein-Oberkörper so als Hebel wirksam werden kann, darf der Springer in den Gelenken nur wenig nachgeben (nicht „einbrechen“) bzw. muss er über hohe Halte- bzw. Streckkräfte in der Sprungbein- und Rumpfmuskulatur verfügen.

Über eine Vielzahl von Messwerten lässt sich der Einfluss der Anlaufgeschwindigkeit auf die Sprungleistung belegen. Wer schneller anläuft, springt – statistisch gesehen – auch höher²⁰⁴ (Abb. 8.8). Schon 1971 ermittelte Kuhlow (1971, S. 197) bei einer Untersuchung an Hochspringerinnen, dass die Anlaufgeschwindigkeit bei Flopinterpretinnen die wichtigste leistungsbestimmende Variable sei²⁰⁵. Einige Jahre später erklärt Tancic:

„Eine Verbesserung der Resultate im Hochsprung ist eng verbunden mit der Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit.“ (Tancic, 1978, S. 753)

Eine statistische Auswertung der Anlaufgeschwindigkeit fand schon in den Kapiteln 6 und 7 statt. Dort konnten wir anhand mehrfaktorieller VA bzw. T-Tests zeigen, dass die Männer signifikant schneller als die Frauen anlaufen und die Anlaufgeschwindigkeit bei den besseren Sprüngen höher ausfällt als bei den schlechteren.

Bei den leistungsabhängigen Teilgruppen innerhalb der Geschlechter ergab die korrelationsstatistische Auswertung von Anlaufgeschwindigkeit und Steigehöhe ein differenziertes Bild, bei den Männern fanden wir in allen Gruppen signifikante Zusammenhänge ($r_{M1} = 0,632$; $p = 0,001$; $r_{M2} = 0,37$; $p = 0,025$) bei den Frauen jedoch nur in der leistungsschwächeren Teilgruppe ($r_{F1} = 0,29$; $p = 0,081$; $r_{F2} = 0,41$; $p = 0,013$). Für die Frauen ist die Anlaufgeschwindigkeit demnach nur ein grober, für die Männer ein feiner Diskriminator.

²⁰³ In eigenen Untersuchungen konnten wir den Zusammenhang zwischen Sprungauslage und Kraftstoß an der Kistler-Platte nachweisen (siehe Kap. 9).

²⁰⁴ So Kuhlow (1977, S. 197), Tancic (1978, S. 753), Dapena (1982-1997), Killing & Böttcher (1996, S. 47). Dagegen fanden Viitasalo u.a. (1982, S. 149) keine Korrelation zwischen Sprungleistung und Anlaufgeschwindigkeit. Bei nur acht Probanden hat dieses Ergebnis aber nur geringes Gewicht im Vergleich zur Majorität der anderslautenden Ergebnisse.

²⁰⁵ Wegen der kleinen Stichprobe, des geringen Trainingsalters der Probanden bezüglich der Floptechnik, wegen ihrer aus heutiger Sicht geringen Leistungen, aber auch wegen der Abgrenzung zu den Straddle-Springerinnen, bei denen die Sprungleistung mit der Länge der Kontaktzeit steigen soll, erscheint die Generalisierung der Ergebnisse von Kuhlow (1971, S. 197) oder ihre Übertragung auf die Gesamtheit der Springer fraglich.

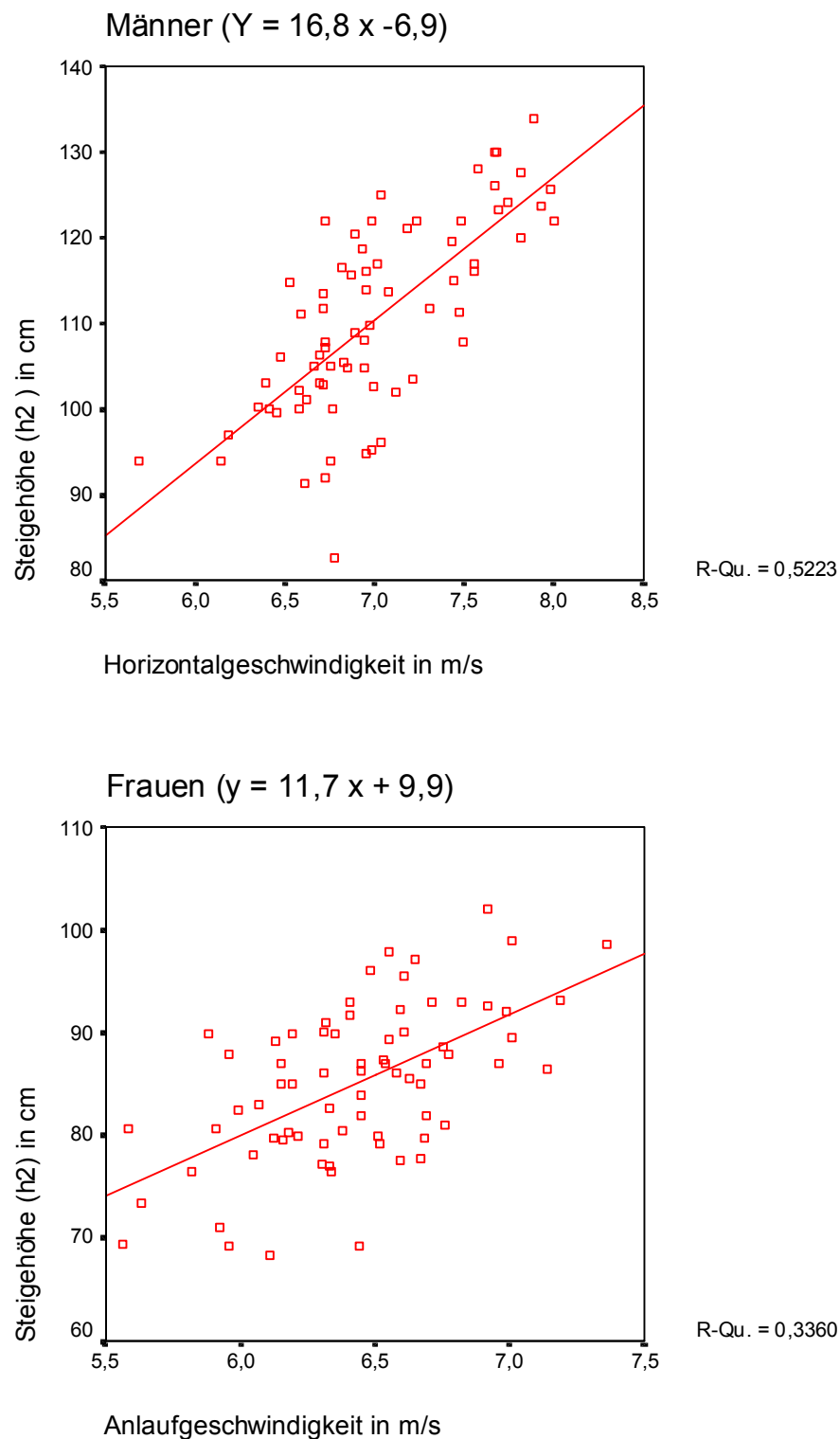


Abb. 8.8: Streudiagramme, Regressionsgeraden und -gleichungen sowie hyperbolische Vertrauensgrenzen für den Zusammenhang von Steighöhe und Anlaufgeschwindigkeit bei Männern ($n = 58$) und Frauen ($n = 48$)

Die Frage ist nun, ob beim einzelnen Springer die Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit zu einer größeren Steigeleistung führt. Zu diesem Zweck untersuchten wir Athleten, von denen mehrere Versuche zur Auswertung vorlagen. Während bei den Springern mit beständig hohem Leistungsniveau keine nennenswerten Zusammenhänge zwischen Anlaufgeschwindigkeit und Steigeleistung gefunden werden konnten, ermittelten wir bei der Auswertung der jeweils besten Sprünge eines Springers mit deutlichen Leistungszuwächsen über mehrere Jahre (1994-2001, BL 2,04-2,36 m) eine deutliche Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit.

Da der Athlet jeweils mit der Leistungssteigerung die Anlaufgeschwindigkeit erhöhte, ergab sich bei der Auswertung der jeweils besten Sprünge der einzelnen Untersuchungstermine eine sehr hohe Korrelation ($n = 13$; $r = 0,82$; $p = 0,001$). Bestimmt man den Korrelationskoeffizienten für alle Sprünge dieses Athleten, ergibt sich immer noch eine signifikante Beziehung ($n = 28$; $r = 0,46$; $p = 0,016$). Auch hier bestätigt sich also, dass die Anlaufgeschwindigkeit ein effektiver Leistungsindikator für die Sprungleistung ist.

Dass die Anlaufgeschwindigkeit nicht beliebig oder unabhängig von anderen Voraussetzungen zu steigern ist, soll, ohne dass dazu empirische Daten vorliegen, kurz ausgeführt werden. Der Dimensionswechsel bzw. die Bewegungstransformation von der Horizontalen in die Vertikale im Absprung limitiert die Wirksamkeit der Anlaufgeschwindigkeit, denn: Um die höhere Anlaufgeschwindigkeit und in der Folge den höheren Auftreffimpuls in einen großen Abflugimpuls umzusetzen, muss der Springer auch über eine höhere Streckkraft des Beines und entsprechend höhere Haltekräfte in der Bein- und Rumpfmuskulatur verfügen. Vor allem die reaktiven Fähigkeiten und die Stiffness der Beinmuskulatur müssen ein hohes Niveau aufweisen, um bei höherer Anlaufgeschwindigkeit ein Einknicken im Knie zu verhindern und einen hohen Vertikalimpuls zu gewährleisten. Insofern muss die Anlaufgeschwindigkeit an der Streckkraft des Sprungbeins und am technischen Vermögen (hier der gleichmäßigen Überführung der Anlaufvorlage in die Sprungauslage bei geringem Verlust an Horizontalgeschwindigkeit) des Springers orientiert werden.

Der Einfluss der Anlaufgeschwindigkeit auf die Steigeleistung wurde gleichermaßen logisch-kausal (hohe Auftreffgeschwindigkeit > hoher Auftreffimpuls > stärkere reaktive Muskeffekte > höherer Vertikalimpuls) als auch empirisch-statistisch nachgewiesen. Wesentlich geringere und weniger eindeutige Korrelationen zu den Zielgrößen (Sprungleistung, Steigehöhe) weisen die anderen, weiter oben aufgelisteten Parameter der horizontalen Dimension (z.B. Schrittlängen, Winkel 0/1 und 1/2, Abstand zur Latte) auf. Dies war auch nicht zu erwarten, sind sie doch nur sehr mittelbar leistungswirksam. Zu vermuten ist, dass die kompensatorischen Wirkungen weiterer Einflussgrößen (anthropometrische und koordinativ-technische Voraussetzungen der Springer) zu groß sind, als dass die Abhängigkeit von der Anlaufgeschwindigkeit bis in die Korrelationen zu den Zielgrößen durchschlägt.

Während der Absprungvorbereitung und des Absprungs verliert der Springer an Horizontalgeschwindigkeit. Nach eigenen Messungen beträgt die Geschwindigkeitsabnahme durchschnittlich 0,18 (Frauen) bzw. 0,34 m/s (Männer) vom vorletzten auf den letzten Stützkontakt (s.o.). Dies erklärt sich primär aus dem Aufrichtvorgang bzw. dem Fußaufsatz über die Ferse bzw. den ganzen Fuß im vorletzten Stütz. Dadurch kommt es zu einem horizontalen Bremsstoß, der in der Mehrzahl der Fälle größer als der horizontale Beschleunigungsstoß ist, so dass eine Geschwindigkeitsabnahme resultiert. Die Korrelationen zwischen Geschwindigkeitsdifferenz und Sprungleistung sind schwach bis mittelhoch ($r_{Mg} = -0,125$; $p = 0,296$; $r_{Fr} = -0,342$; $p = 0,003$). Diese Uneinheitlichkeit legt die Hypothese nahe, dass es erstens eine optimale, vermutlich mittlere Geschwindigkeitsreduktion gibt, die nahe des Mittelwertes liegen sollte, und diese zweitens einen erheblichen Spielraum ohne Leistungsminderung aufweist.

Im Absprung wird der Verlust an Horizontalgeschwindigkeit fortgesetzt. Sprungauslage und Hebelwirkung der Fuß-Bein-Rumpfachse bewirken eine Verlangsamung von 2 bis 3 m/s. An der hohen resultierenden Geschwindigkeit erkennt man, dass der horizontale Bremsstoß zur Erzeugung von Vertikalgeschwindigkeit genutzt bzw. in horizontale und vertikale Geschwindigkeit umgesetzt wird. So verstanden ist der Geschwindigkeitsverlust funktional. Der Athlet muss im Anlauf eine hohe Horizontalgeschwindigkeit entwickeln, damit sie während des Absprungs zugunsten der Vertikalgeschwindigkeit verloren gehen bzw. umgesetzt werden kann. Dass schnellere Springer auch nach dem Absprung eine höhere Horizontalgeschwindigkeit aufweisen, widerspricht diesen Erkenntnissen nicht.

8.3.4 Schwungelementeeinsatz

Da der einbeinige Absprung vorgeschrieben ist, muss bzw. kann der Springer Arme und Nicht-Sprungbein (in physikalischer Hinsicht gut zu beschleunigende Teilmassen) zur Verstärkung des Absprungs als sogenannte Schwungelemente einsetzen. Der primäre Zweck des Schwungelemente-Einsatzes ist die Erhöhung der vertikalen Abfluggeschwindigkeit. Die Massen von Armen und Beinen sind zwar im Vergleich zum Rumpf klein, nach Saziorski (1984, 43) je 6 % Körpermasse für die Arme und 19 % für das Schwungbein, doch kann durch die hohe Geschwindigkeit ein relevanter Kraftimpuls auf den Restkörper übertragen werden²⁰⁶.

Befinden sich die Schwungelemente zu Absprungbeginn hinter dem Körper und führt der Springer sie während des Absprungs energisch nach vorn-oben, dann erzeugen die Schwungelemente einen zusätzlichen Druck auf das Sprungbein, das sich analog nur langsamer bzw. mit mehr Kraftaufwand strecken kann. Entsprechend länger sind der Beschleunigungsweg und die Zeit für die Kraftentwicklung, so dass ein höherer Kraftimpuls und damit eine höhere vertikale Abfluggeschwindigkeit erzeugt wird.

²⁰⁶ Zur Quantifizierung der Impulsbewegung und -übertragung durch den Schwungelementeeinsatz siehe insbesondere Bothmischel & Prause (1989, S. 19).

Verfügt der Springer über ein angemessenes Kraftniveau des Sprungbeins, kann er durch das möglichst schnelle Vor-Hochschwingen der Arme und des Schwungbeins (lange Pendel -> höherer Impuls) den Absprungimpuls und damit die Steigehöhe vergrößern. Resultate von Dapena (1992, S. 13) scheinen diesen Zusammenhang zu bestätigen²⁰⁷. Er bestimmte die Geschwindigkeit der Arme relativ zum Körper und fand, dass die Männer deutlich höhere Werte als die Frauen aufwiesen (OS-Finalisten 1992: Männer = 8,4 m/s, Frauen = 6,2 m/s). Innerhalb der Geschlechter war der Einfluss der Armgeschwindigkeit auf die Leistung jedoch nicht nachzuweisen. Auch aufgrund folgender theoretischer Überlegungen erscheint uns der Zusammenhang zwischen Schwungelemente-Aktivität und Sprungleistung²⁰⁸ nicht zwingend:

1. Ein intensiver Schwungelemente-Einsatz erhöht den Druck auf das Sprungbein zusätzlich. Springer, die über eine hochreaktive Muskulatur verfügen, laufen Gefahr, über einen zu intensiven Schwungelemente-Einsatz an Reaktivität und damit an Sprungleistung einzubüßen (vgl. Schmidbleicher, 1985, S. 69). Gerade durch den Verzicht auf die ausladenden Schwungelemente und den kraftbetonten langdauernde Absprung konnte der Flop alle anderen Hochsprungstechniken verdrängen (siehe Kap. 2).
2. Der Schwungelemente-Einsatz ist ein qualitatives Technikelement, sozusagen eine individuelle Technikausprägung und daher nicht beliebig verfügbare und veränderbar. Schmalz weist schon für den Armeinsatz beim einfachen Streck sprung darauf hin:

„... dass der Zeitpunkt des Beginns der Schwungbewegung in starkem Maße von den individuellen Eigenschaften des aktiven und passiven Bewegungsapparates abhängt, eine allgemeingültige Anweisung zur Ausführung dieser Technik ist offenbar nicht existent.“ (Schmalz, 1994, S. 102)

Es liegt auf der Hand, dass das Primat der Individualität für den richtigen Armschwung umso mehr bei komplexen Sprungbewegungen wie dem Flop zutrifft. Hat sich ein Springer erst einmal auf die Führ-, Gegen- oder Doppelarmschwung-Technik festgelegt, kann er diese nicht ohne weiteres wechseln, sondern nur innerhalb dieser Technik, also in engen Grenzen, variieren.

3. Der Schwungelemente-Einsatz muss mit der Aufricht- und Streckbewegung von Sprungbein und Oberkörper synchron verlaufen (Hochmuth, 1982, S. 183). Ein weit ausholender Schwungelemente-Einsatz erfordert einen längeren Bodenkontakt, er ist

²⁰⁷ Siehe auch Brüggemann & Loch (1992, S. 67).

²⁰⁸ Diese Messungen stellen den Beitrag der Schwungelemente zur Anhebung des KSP während des Absprungs fest. Die Geschwindigkeit der Teilkörper-Bewegung, die erst Auskunft über den Impuls gibt, den die Schwungelemente erzeugen, kann bisher noch nicht gemessen werden. Das Energy-flow-Konzept, das den Energiefluss von einem Körperteil auf den anderen misst, verspricht hier genauere Informationen.

daher für schnelligkeits-orientierte Springer mit hoher Horizontalgeschwindigkeit und kurzer Kontaktzeit nur bedingt bzw. gar nicht verwendbar²⁰⁹.

4. Die Schwungelemente haben neben der Aufgabe der KSP-Erhöhung eine Steuerungsfunktion, wichtige Dreh- und Kippbewegungen während des Absprungs werden über das Schwungbein und die Arme eingeleitet. Diese Zusatzaufgaben mindern die Wirksamkeit des Schwungelemente-Einsatzes für die Steigeleistung.

Wegen dieser Bedenken und Einschränkungen ist der verstärkte Schwungelemente-Einsatz im Sinne einer Veränderung hin zum Doppelarmschwung nicht in jedem Fall das geeignete Mittel zur Leistungssteigerung.

8.3.5 Wechselwirkungen zwischen den Faktoren

Die leistungsbestimmenden Faktoren der Steigehöhe können nicht unabhängig voneinander verändert werden, sondern müssen im Zusammenhang gesehen und unter Berücksichtigung der Voraussetzungen des einzelnen Athleten optimiert werden. Dabei ist die Kräftigung des Sprungbeins wegen seiner zentralen Stellung im Absprunggeschehen von besonderer Bedeutung. Auch für die Entwicklung der anderen Einflussgrößen (Anlaufgeschwindigkeit, Armeinsatz) ist keine Pauschalempfehlung möglich. Jeder Springer muss sein Optimum zwischen den genannten Einflussgrößen finden. Bei ansonsten gleichen Bedingungen wirken

- ein schnellerer Anlauf
- eine größere KSP-Absenkung bzw.
- eine stärkere Sprungauslage und Innenlage zu Absprungbeginn
- ein intensiverer Schwungelemente-Einsatz

im Sinne einer höheren Sprungbeinbelastung. Bei entsprechender Kräftigung des Sprungbeins führen sie zu einem höheren Vertikalimpuls und in der Folge zu einer größeren Sprunghöhe. Bei gegebener Streckkraft des Sprungbeins verlangt die Intensivierung des einen die Abschwächung der anderen Einflussgröße. So wird bei vielen Springern die stärkere Sprungauslage durch das Vorlaufen-Lassen von Lattenschulter und -arm (Führarmtechnik) gemildert.

Für eine Verbesserung der Steigeleistung muss zumindest eine der Komponenten entwickelt werden. Umgekehrt muss im Fall der Überlastung des Sprungbeins mindestens eine der Komponenten zurückgenommen werden.

²⁰⁹ Die reaktiven Komponenten der Sprungkraftentwicklung sind an eine relativ kurze Absprungdauer (DVZ = Dehnungsverkürzungszyklus) gebunden. Nach (Schmidtbleicher, 1985, S. 69) liegt der kritische Wert für den Hochsprung bei ca. 0,17 sec. Durch den intensiven Einsatz der Schwungelemente wird der Absprung verlängert, so dass die optimale Einwirkungsdauer überschritten und die reaktiv ausgelösten Streckkomponenten nicht mehr optimal wirksam werden können.

8.4 Lattenüberhöhung und Einflussgrößen

Aufgrund des Differenzcharakters der Lattenüberhöhung fallen die Streumaße in Tabelle 8.11 beträchtlich aus. Der Variationskoeffizient reicht von 38 bis über 70 Prozent, die Streubreite übertrifft den Mittelwert sogar. Entsprechend zurückhaltend müssen Auswertung und Interpretation erfolgen.

Tab. 8.11: Lattenüberhöhung (in cm) im interindividuellen Vergleich

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	6,93	4,27	66,82	-2	19	21
M1	36	5,06	3,11	61,46	-2	12	14
M2	36	8,81	4,48	50,85	0	19	19
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	6,74	2,99	44,36	-1	14	15
F1	36	6,14	3,06	49,84	0	14	14
F2	36	7,33	2,85	38,81	-1	13	14

Sprungleistung und Lattenüberhöhung stehen definitionsgemäß in einer negativen Beziehung. Dies schlägt sich zwar nicht im Vergleich von Männern und Frauen nieder, die im Mittel ähnliche Überhöhungen erreichen (Tab. 8.11, $F_{\text{Geschl}} = 0,115$; $p = 0,735$), doch weisen die leistungsstärkeren Springer geringere h_3 -Werte als die –schwächeren auf ($F_{\text{Leist}} = 18,63$; $p = 0,000$). Der Unterschied fällt bei den Frauen mit 0,8 cm deutlich geringer als bei den Männern (3,8 cm) aus, so dass sich signifikante Interaktionseffekte ($F_{\text{GxL}} = 4,98$; $p = 0,027$) ergeben.

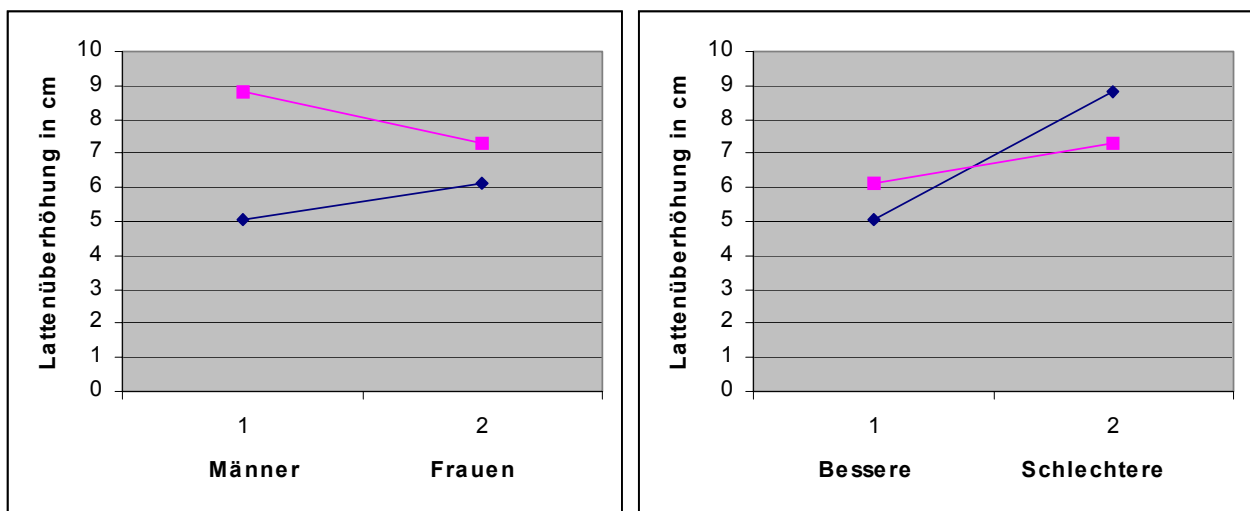


Abb. 8.9: Interaktionsdiagramme für den Einfluss von Leistung und Geschlecht auf die Lattenüberhöhung

Die entsprechenden Diagramme in Abbildung 8.9 identifizieren die Interaktion als eine hybride (Bortz, 1999, S. 290). Eine mögliche Ursache ist, dass die Stichprobe der Männer bezüglich der Hochsprungleistung eine erheblich größere Streuung aufweist, d.h., im Vergleich zu Weltklasseleistungen auch deutliche schwächere Sprünge bzw. Springer mit entsprechend chlechterer Lattenpassage ausgewertet wurden. Diese mindern den Mittelwert der Gesamtgruppe und erklären auch, warum trotz formelmäßiger Abhängigkeit der Sprunghöhe von der Lattenüberhöhung die Mg keine besseren Werte als Fg aufweist.

Im intraindividuellen Vergleich (Tab. 8.12) unterscheiden sich die Mittelwerte der besseren und schlechteren Sprünge um 4,8 cm ($T = -2,73$; $p = 0,016$), im Einzelfall kommt es zu extremen Überhöhungen. Für die schwächeren Sprünge war der Zusammenhang vom Überhöhung und Sprungleistung überzufällig ($r = -0,684$; $p = 0,010$), bei den besseren Sprüngen wird der Signifikanzwert jedoch knapp verfehlt ($r = 0,530$, $p = 0,051$). D.h., auch hier ist der Zusammenhang geringer als erwartet.

Tab. 8.12: Deskriptive Statistik der Lattenüberhöhung (in cm) bei verschiedenen Sprüngen eines Springers

	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
IntrG	28	7,11	4,83	67,93	2	22	20
Intr1	14	4,86	1,66	34,16	2	8	6
Intr2	14	9,54	5,94	62,26	2	22	20

Abbildung 8.10 veranschaulicht, dass die Lattenüberhöhung bei den Frauen beinahe unabhängig von der Leistung ausfällt, bei den Männern dagegen sich bessere und schlechtere bezüglich der Lattenüberhöhung voneinander unterscheiden. Eine korrelationsstatistische Berechnung ergibt zwar für Mg einen signifikanten Wert ($r_{Mg} = -0,45$; $p = 0,000$), nicht jedoch für die Teilgruppen ($r_{M1} = -0,044$; $p = 0,798$; $r_{Mg} = -0,2$; $p = 0,175$). Bei den Frauen findet sich nur in der Gesamtstichprobe ein tendenzieller Zusammenhang ($r_{Fg} = -0,22$; $p = 0,066$).

Wie erklärt sich der im Vergleich zur Steigehöhe geringe empirische Zusammenhang in der Mehrzahl der Untersuchungseinheiten, wo der sachlich-logische Vorteil einer guten Lattenpassage evident ist?

- U. E. liegt das zum einen in der Endposition der Lattenpassage in der Bewegungskette begründet, alle vorigen Bewegungsteile haben (störenden) Einfluss auf die Lattenpassage, so dass zum Gelingen der Gesamtbewegung Abstriche bei der Lattenüberquerung gemacht werden müssen.

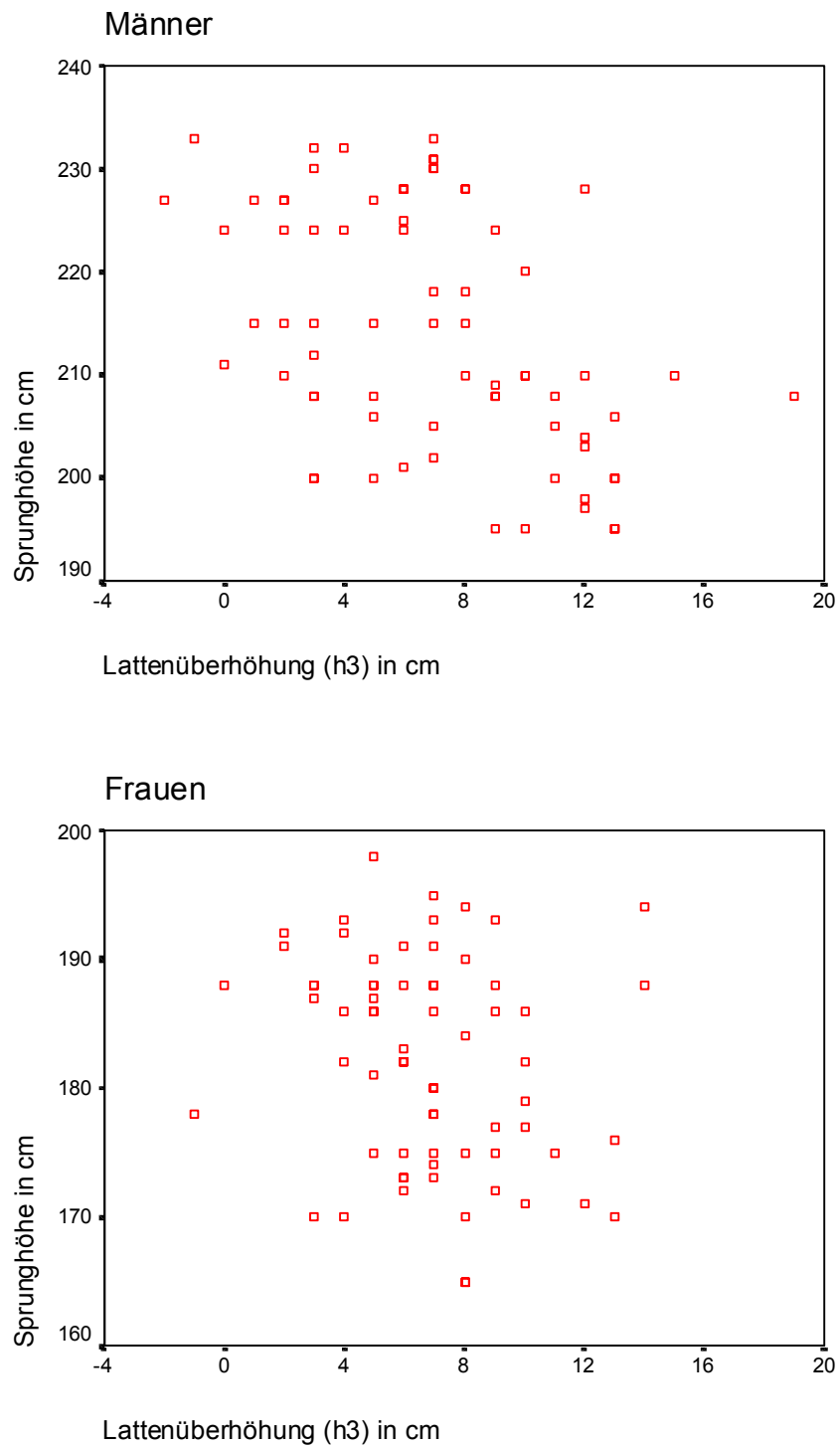


Abb. 8.10: Streudiagramme für den Zusammenhang von Sprunghöhe und Lattenüberhöhung

- Zum zweiten ergibt h_3 gemeinsam mit der Sprunghöhe die KSP-Flughöhe, ist also ein Differenz- und Komplementärfaktor zur Sprunghöhe. Bei gegebenem Absprungimpuls wird mit steigendem Anteil des Vertikalbeschleunigungsstoßes der Rotationsimpuls, der erst das effektive Nacheinander der Körperteile während der Lattenpassage ermöglicht, kleiner. Die Forderung nach hoher Effektivität einer Teilbewegung muss hinter der Forderung nach hoher Effektivität der Gesamtbewegung zurückstehen (Ballreich, 1996, S. 40)
- Zum Dritten stellt die Sprunghöhe nicht in jedem Fall die mit diesem Sprung größtmögliche Sprunghöhe dar. Überfliegt der Springer eine Höhe mit mehr oder weniger großem Abstand Körper-Latte, vergrößert sich die Lattenüberhöhung. Durch unsere Strategie, immer nur den jeweils höchsten Sprung eines Springers zum Untersuchungstermin zu analysieren, wird diese Verfälschung nur teilweise ausgeglichen.
- Schließlich ist der Absolutbetrag der Lattenüberhöhung gering. Dadurch wirken sich Messfehler der KSP-Bestimmung stärker aus und verfälschen das Ergebnis.

Diese Faktoren beeinträchtigen die Reliabilität des Parameters und mindern die statistischen Zusammenhänge, hier die Korrelationen. Die Lattenüberhöhung hängt von der Überstreckungsfähigkeit des Springers in Wirbelsäule und Hüfte, von den Drehmomenten, insbesondere dem um die Transversalachse, sowie vom Timing ab. Unter „Timing“ verstehen wir die zeitlich und räumlich richtige Aufeinanderfolge der Bewegungen (Grosser, 1987, S. 176), es hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Haltekräfte des Rumpfes | 2. Abstand zur Latte |
| 3. Horizontale Restgeschwindigkeit | 4. Körperhaltung am Absprungende |
| 5. Abflugrichtung | 6. Flugzeit bzw. -höhe |
| 7. spezielles technisches Vermögen | 8. Drehmomente um verschiedene Achsen |

Alle genannten Faktoren stehen in Wechselwirkung zueinander und erschweren es, einzelne leistungsbestimmende Faktoren für die Lattentechnik zu benennen bzw. zu quantifizieren. Im Unterschied zu Dapena (1996, S. 46), der eine hohe negative Korrelation zwischen Drehmoment und Lattenüberhöhung fand, konnten wir keine verwertbare Beziehung zwischen beiden Parametern ermitteln ($r < 0,2$). Immerhin konnten wir in Kapitel 6.4 veranschaulichen

- dass bei einem hohen Drehimpuls um die Lattenachse der Oberkörper so schnell hinter der Latte abtaucht, dass die Beine auch ohne Beckenabsenkung von der Latte weg nach oben angehoben werden;
- dass durch Annäherung der Körperteile an die Drehachse (z.B. Anhocken oder Anfersen der Beine oder starkes Hohlkreuz) bei gegebenem Drehmoment die Drehgeschwindigkeit erhöht werden kann (Sit-and-Kick-Flop).

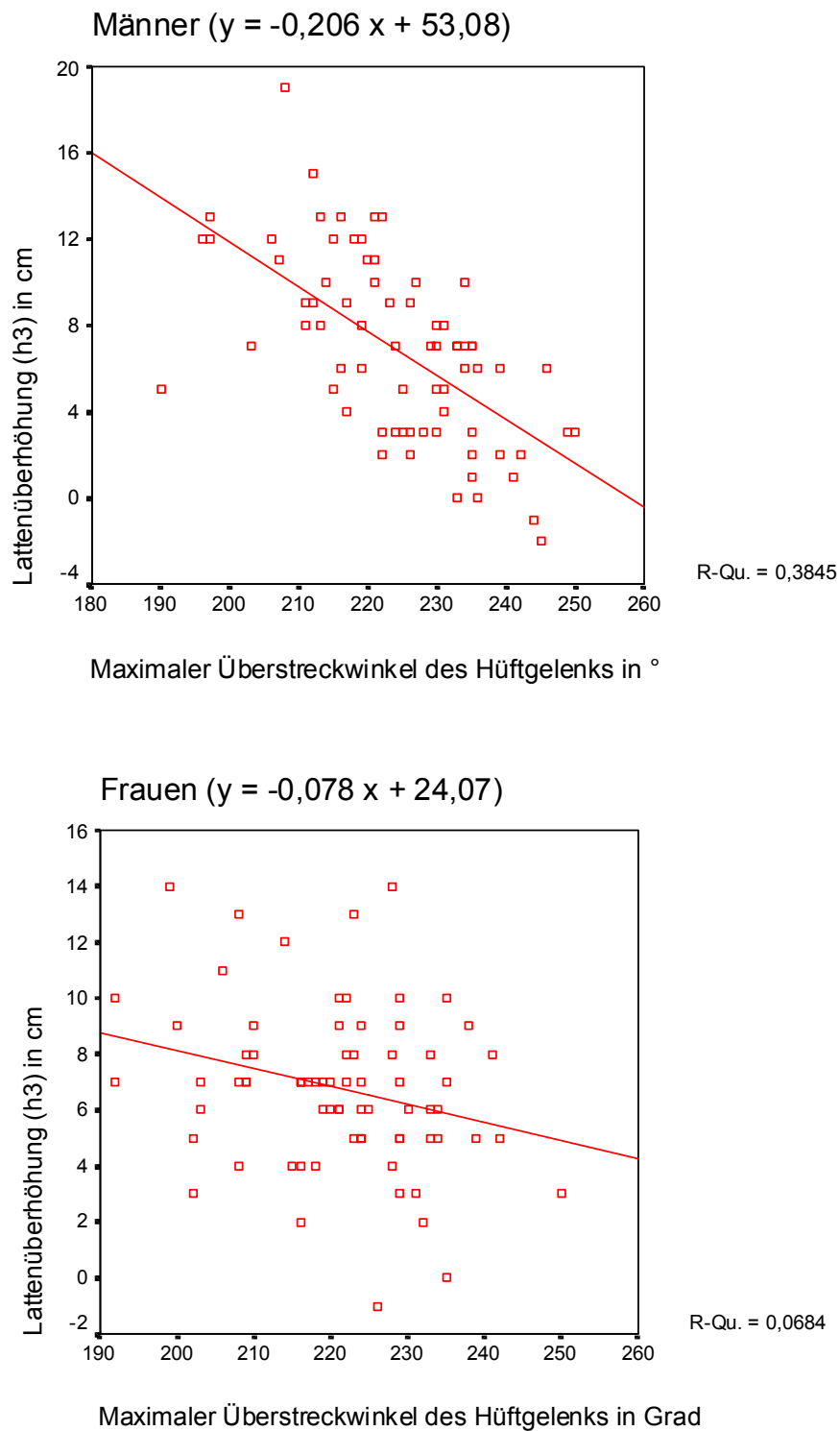


Abb. 8.11: Streudiagramme, Regressionsgeraden und -gleichungen zum Zusammenhang von maximaler Hüftüberstreckung und Lattenüberhöhung

Zwischen der Hüftüberstreckung und der Lattenüberhöhung konnten wir dagegen bedeutende Abhängigkeiten ermitteln. Im intraindividuellen Vergleich stellten wir einen hochsignifikanten Zusammenhang ($r = -0,683$; $p = 0,000$), im interindividuellen Vergleich für die Männer und die Frauen einen etwas schwächeren, aber immer noch signifikanten Zusammenhang fest ($r_{MG} = -0,618$; $p = 0,000$; $r_{FG} = -0,265$; $p = 0,035$). Je größer der Überstreckwinkel ausfällt, desto effektiver wird die Lattenpassage (siehe Abb. 8.11). Damit verlieren zumindest nach unseren Erhebungsmethoden die anderen, vorgenannten Einflussgrößen der Lattenüberhöhung an Bedeutung.

8.5 Maximale KSP-Flughöhe

Die maximale KSP-Flughöhe (h_{max}) ist ein originärer Messwert der 3-D-Analyse (s.o. Kap. 5). Tabelle 8.13 zeigt, dass sich Männer und Frauen ($F_{Geschl} = 1222,7$; $p = 0,000$), aber auch bessere und schlechtere Teilgruppen bezüglich h_{max} jeweils deutlich unterschieden ($F_{Leist} = 250,13$; $p = 0,000$). Die verschiedenen Streumaße, insbesondere die mit dem Mittelwert gewogenen fallen vergleichsweise gering aus.

Tab. 8.13: Maximale KSP-Flughöhe in cm

Männer	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Mg	72	221,58	10,57	4,48	203	240	37
M1	36	230,06	6,46	2,81	216	240	24
M2	36	213,11	6,16	2,89	203	227	24
Frauen	n	\bar{x}	s	V	min	max	R
Fg	72	188,92	7,91	4,19	173	208	35
F1	36	195,25	4,56	2,37	188	208	20
F2	36	182,69	5,03	2,75	173	192	19

Auch innerhalb der leistungsabhängigen Teilstichproben sind die Zusammenhänge überzufällig ($r_{M1} = 0,88$; $p = 0,000$; $r_{M2} = 0,70$; $p = 0,000$; $r_{F1} = 0,74$; $p = 0,000$; $r_{F2} = 0,83$; $p = 0,000$). Die Streudiagramme in Abbildung 8.12, insbesondere die eng anliegenden hyperbolischen Vertrauensgrenzen veranschaulichen, wie eng der Zusammenhang zwischen beiden Größen ist. Die Regressionsgleichungen weisen Steigungen nahe 1 auf.

Im intrapersonellen Vergleich weist die maximale KSP-Flughöhe wegen der Konstanz von h_1 die identischen statistischen Bezüge zur Leistung wie die Steighöhe auf (s.o. Tab. 7.16). Der Bezug zur Zielgröße ist sehr hoch ($T = -2,73$; $p = 0,016$, bei Ungleichheit der Varianzen), auch bei den besseren und schwächeren Sprüngen sind die Zusammenhänge überzufällig ($r_{bes} = 0,67$; $p = 0,013$; $r_{schl} = 0,92$; $p = 0,000$).

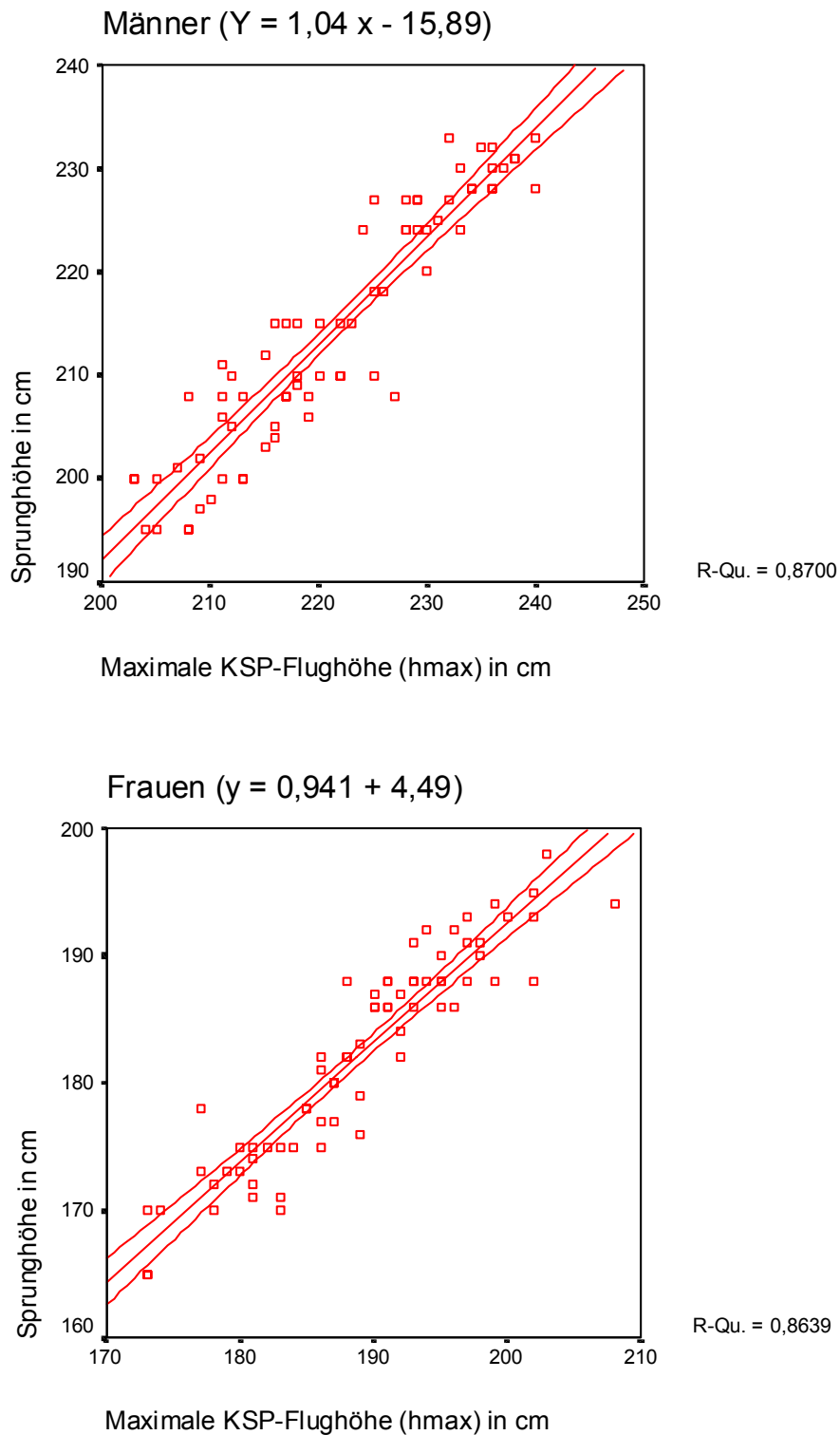


Abb. 8.12: Streudiagramme, Regressionsgeraden und -gleichungen sowie hyperbolische Vertrauensgrenzen zum Zusammenhang von Sprunghöhe und max. KSP-Flughöhe

8.6 Multiple Erklärungsansätze

Nachdem alle (kinematischen) Einflussgrößen einzeln bestimmt wurden, lassen sich auch multiple Regressionen für den Einfluss verschiedener als relevant erachteter Bewegungsparameter auf die Zielgrößen ermitteln. Hier bieten sich zunächst die Teilhöhen als Determinanten an. Abbildung 8.13 zeigt die anteiligen Leistungsunterschieden zwischen Männern und Frauen bzw. jeweils leistungsstärkeren und –schwächeren Teilgruppen. In allen Vergleichen dominiert die Steigehöhe als Unterscheidungskriterium.

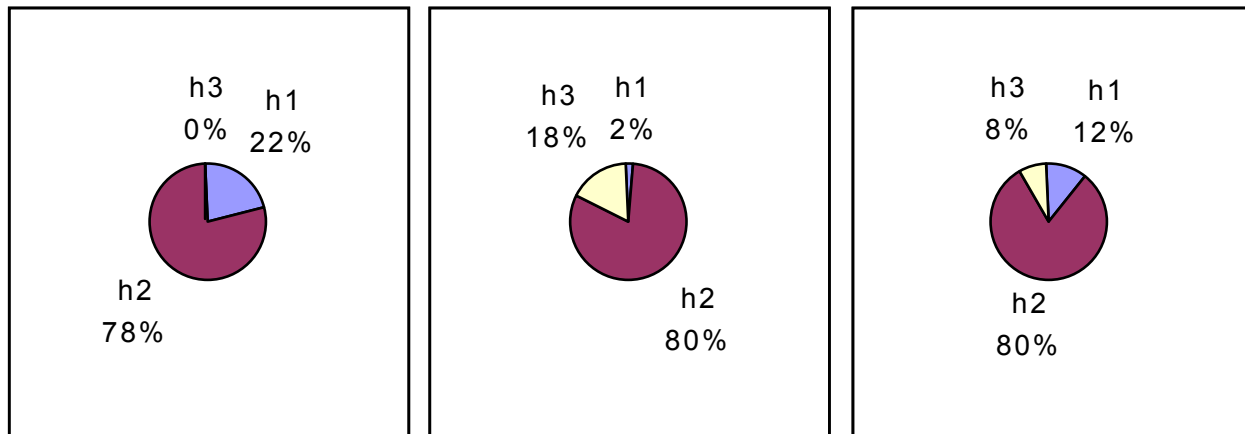


Abb. 8.13: Anteil der Teilhöhen an den Leistungsunterschieden im Hochsprung. Links: Männer vs. Frauen, mitte: bessere vs. schlechtere Männer, rechts: bess. vs. schlecht. Frauen

Wie zu erwarten, hat auch bei der multiplen Regression die Steigehöhe das größte Gewicht, gefolgt von der Lattenüberhöhung und der KSP-Höhe im Stand. In Tabelle 8.14 sind die standardisierten Beta-Koeffizienten für die Teilhöhen abgetragen. Danach beeinflussen h_2 , h_3 und h_1 die Zielgröße bei den Männer 2,7:1:1, bei den Frauen im Verhältnis 2,5:1,1:1,0.

Ca. 80 % der Leistungsunterschiede in der Zielleistung können allein durch die Steigehöhe erklärt werden. Die beiden anderen Komponenten dienen zur Klärung der restlichen 20 %. Entsprechend wichtig wird die Steigehöhe für die Leistungsdiagnostik und das Training.

Tab. 8.14: Standardisierte β -Koeffizienten der Teilhöhen gemäß multipler Regressionsanalyse differenziert nach Geschlecht und Leistung

Prädiktor	alle Männer	bessere Männer	schlechtere Männer	alle Frauen	bessere Frauen	schlechtere Frauen
h_1	0,953	1,314	1,448	0,942	1,406	1,230
h_3	-0,362	-0,538	-0,842	-0,373	-0,918	-0,607
h_1	0,362	0,756	0,789	0,388	0,843	0,684

Die Steigehöhe ergibt sich aus der vertikalen Abfluggeschwindigkeit, die wiederum aus dem Verhältnis von vertikalem Beschleunigungskraftstoß und Körpermasse, weitere Ableitungen z.B. zu den Teilkraftstößen sind mit unseren Mess- und Auswertungsverfahren nicht zu leisten (s.o., Kap. 8.1.1). Stattdessen sollen auf einer weiteren Erklärungsebene, in der Terminologie von Ballreich auf der 3. Modellstufe, biomechanische relevante Parameter gesucht und ihr Einfluss auf die Steigehöhe bestimmt werden. Dabei ist nur noch eine unvollständige Aufklärung zu erwarten. Für multiple Ansätze kommen vor allem solche Parameter in Frage,

1. die eine hohe Korrelation zur Zielleistung aufweisen
2. die logisch und statistisch weitgehend voneinander unabhängig sind
3. die möglichst basisnah bzw. originäre Messgrößen sind

Tab. 8.15: Multiple Regression zur schrittweisen Erklärung der Steigehöhe als Funktion von Anlaufgeschwindigkeit (1) und Hubhöhe (2)

Geschlecht	Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
Männer	1	,723	,522	,515	7,8271
	2	,769	,592	,580	7,2894
Frauen	1	,580	,336	,327	6,1976
	2	,691	,478	,462	5,5372

Die vorigen Ausführungen ergaben als wichtige kinematische Einflussgrößen der Steigehöhe den vertikalen Beschleunigungsweg (Hub) und die Anlaufgeschwindigkeit. In Tabelle 8.15 ist der Beitrag der beiden Einflussgrößen zur Erklärung der Zielleistung in Form einer schrittweisen Aufsummierung zusammengetragen. Die Tabelle verdeutlicht, dass die Anlaufgeschwindigkeit die größere Erklärungskraft hat und allein bei den Frauen 33,6 und bei den Männern 52,2 % der Zielleistung prognostiziert. Nimmt man die Hubhöhe hinzu, steigt die Erklärungskraft auf 47,8 bzw. 59,2 % an.

Der Quotient aus Hubweg und Absprungdauer kombiniert die beiden vorgenannten Parameter und ist biomechanisch betrachtet die führende Erklärungsgröße der Steigehöhe. Er hat zwar eine höhere Durchschlagskraft auf die Steigehöhe, ist jedoch inhaltlich nicht mehr unabhängig von der Anlaufgeschwindigkeit. Mittels des Quotienten Hubweg/Zeit allein können 42,5 (Frauen) und 47,5 % (Männer) der Steigeleistung prognostiziert werden. Nimmt man die Anlaufgeschwindigkeit hinzu (die wiederum die größere Erklärungskraft hat, Tab. 8.16), steigt die Erklärungskraft auf immerhin 52 bzw. 65,5 %. Zusätzliche unabhängige Einflussgrößen der Steigehöhe lagen nicht vor. Weitere Regressionen waren wegen der unzureichenden korrelativen Zusammenhänge nicht möglich.

Tab. 8.16: Multiple Regression zur schrittweisen Erklärung der Steigehöhe aufgrund von Anlaufgeschwindigkeit (1) und Quotienten Hub/Zeit (2)

Geschlecht	Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
Männer	1	,723	,522	,515	7,8271
	2	,809	,655	,645	6,7018
Frauen	1	,652	,425	,417	5,7654
	2	,722	,522	,508	5,2971

8.7 Zusammenfassung und Diskussion

Die Hochsprungleistung lässt sich anhand des Teilhöhenmodells in KSP-Höhe, Steigehöhe und Latteüberhöhung gliedern. Diese können als elementare Leistungsindikatoren eingestuft werden. Davon hat die Steigehöhe überragenden Einfluss auf die Gesamtleistung, wogegen die KSP-Höhe im Stand und die Lattenüberhöhung nur gering mit der Leistung korrelieren. Für diese Teilleistungen wurden aus den Untersuchungsparametern wiederum zugrunde liegende Einflussgrößen gesucht. Nach Ballreich (1996, S. 18) wird eine Beschreibungs- zu einer Einflussgröße, wenn sich mit ihrer Änderung die Zielgröße ändert, dies setzt einen funktionalen oder zumindest einen statistischen Zusammenhang, eine Kovarianz voraus. Um als Einflussgröße anerkannt zu werden, mussten daher die in Frage kommenden Parameter zunächst eine sachlich-logische Prüfung bestehen, ob sie also in einem physikalisch-physiologischen Zusammenhang zur jeweiligen Zielgröße stehen. Erst dann wurden sie einer statistischen Auswertung unterzogen.

Die allgemeine Aussage von Köthe & Stark (1996, S. 21), dass in Schnellkraftsportarten die technische Vervollkommnung durch die Kraftentwicklung und die Kraftübertragung auf den Körper bestimmt wird, trifft auch für den Hochsprung zu. Dabei gibt es drei Abschnitte:

1. Die Anhäufung eines hohen Betrags an kinetischer Energie in den vorbereitenden Bewegungsabschnitten (hier Entwicklung von Anlaufgeschwindigkeit)
2. Die Wandlung und Nutzung der Energie im Hauptbewegungsabschnitt (hier: KSP-Absenkung und -Beschleunigung in Absprungvorbereitung und Absprung)
3. Bei Flugbewegungen die maximale Nutzung der in Vorbereitungs- und Hauptphase erzielten Parameter (hier Lattenüberhöhung)

Da der Kraftimpuls als verursachende Größe der Steigehöhe nicht gemessen wurde, versuchten wir den Beschleunigungsstoß im Absprung mittels kinematischer Größen zu erfassen. Dazu bestimmten wir den Hubweg in der Zeit während des Absprungs. Hier fanden wir zwar überwiegend hochsignifikante Werte, doch lagen diese unter den Erwartungen. Bei der Unterteilung des gesamten Hubweges fanden wir für den oberen Hubweg

geringe, nur in wenigen Teilgruppen signifikante Zusammenhänge, wogegen die Größe des unteren Hubweges durchweg und hoch mit der Steigehöhe korrelierte.

In einem nächsten Deduktionsschritt untersuchten wir weitergehende Parameter wie Anlaufgeschwindigkeit, KSP-Absenkung, Neigungswinkel etc. Signifikante Korrelationen zu den Zielgrößen Hochsprungleistung und Steigehöhe konnten wir nur für die Anlaufgeschwindigkeit und für Parameter, die im Zusammenhang mit der KSP-Absenkung bzw. den vertikalen Beschleunigungsweg stehen, ermitteln. Darüber hinaus fanden wir nur statistische Zusammenhänge zwischen den jeweils benachbarten Ziel- und Einflussgrößen (Abb. 8.14), die jedoch erhebliche Spielräume der Leistungserbringung zulassen.

Primäre Erklärung für diese Spielräume ist der Dimensionswechsel von der Horizontalen in die Vertikale während des Absprungs. Daher empfiehlt es sich, die Zielkorridore für den Flop nach ihrer Dimensionalität zu staffeln.

1. Stufe: Eindimensionale Parameter. Die Hochsprungleistung wird in der vertikalen Dimension gemessen. Sie hängt vorrangig von der maximalen KSP-Flughöhe bzw. der Steigehöhe ab, die monokausales Ergebnis der vertikalen Abfluggeschwindigkeit ist. Sie ist das Ergebnis komplexer Beschleunigungsvorgänge im Absprung. Die wichtigsten, kinematisch erfassbaren Einflussgrößen dafür sind der KSP-Hub und die Kontaktzeit im Absprung. Diese stehen in einem statistisch relevanten, aber nicht determinanten Zusammenhang zur Zielgröße.
2. Stufe: Zweidimensionale Parameter. Der Absprung wird einerseits durch die (kinematisch nicht erfassbaren) Streckkräfte des Athleten und andererseits durch die Anlaufgeschwindigkeit²¹⁰ und die KSP-Absenkung bzw. Sprungauslage zu Absprungbeginn beeinflusst. Zur vertikalen gesellt sich eine horizontale Dimension und erhöht die Freiheitsgrade. Dadurch gibt es erhebliche Toleranzbereiche, so dass – aufgrund der empirischen Daten – Zielkorridore benannt werden, innerhalb derer sich Springer ohne Leistungsverlust bewegen können.
3. Stufe: Dreidimensionale Parameter. Sucht man die Einflussgrößen für die Anlaufgeschwindigkeit und die KSP-Absenkung, muss man die horizontale Dimension weiter aufschlüsseln, so dass nun alle drei Dimensionen leistungswirksam sind (z.B. Sprungauslage nach Innen- und Rücklage differenzieren). Wegen der damit weiter angestiegenen Freiheitsgrade kann eine gegebene Leistung auf unterschiedlichen Wegen bzw. durch gleichberechtigte funktionale Äquivalente ohne Leistungsverlust erreicht werden. So kann die starke KSP-Absenkung durch einen langen vorletzten oder einen langen letzten Schritt, durch eine

²¹⁰ Dass bei unseren statistischen Auswertungen die Anlaufgeschwindigkeit einen höheren Zusammenhang zur Steigehöhe aufwies als der vertikale Beschleunigungsweg und damit das Stufenmodell unterläuft, hat u.E. messmethodische Gründe: Während die Anlaufgeschwindigkeit in den letzten Schritten vergleichsweise konstant und dadurch präzise zu messen ist, beschleunigt der Springer im Hub in sehr kurzer Zeit von einer negativen Auftreffgeschwindigkeit zu Absprungbeginn zu einer hohen Endgeschwindigkeit zum Absprungende. Dadurch besteht eine erhebliche Messunschärfe. Diese mindert die Reliabilität und verschleiert den wahren Zusammenhang zur Zielgröße.

starke Innenlage oder durch eine tiefe Schwungbeinhocke herbeigeführt werden und so kann eine hohe Anlaufgeschwindigkeit über einen Druck-Frequenzlauf, einen Steigerungslauf oder einen reinen Frequenzlauf erzielt werden. Ähnlich lassen sich unterschiedliche Formen des Armeinsatzes im Absprung und bei der Lattenpassage benennen, ohne dass einer apriori der Vorrang eingeräumt werden könnte.

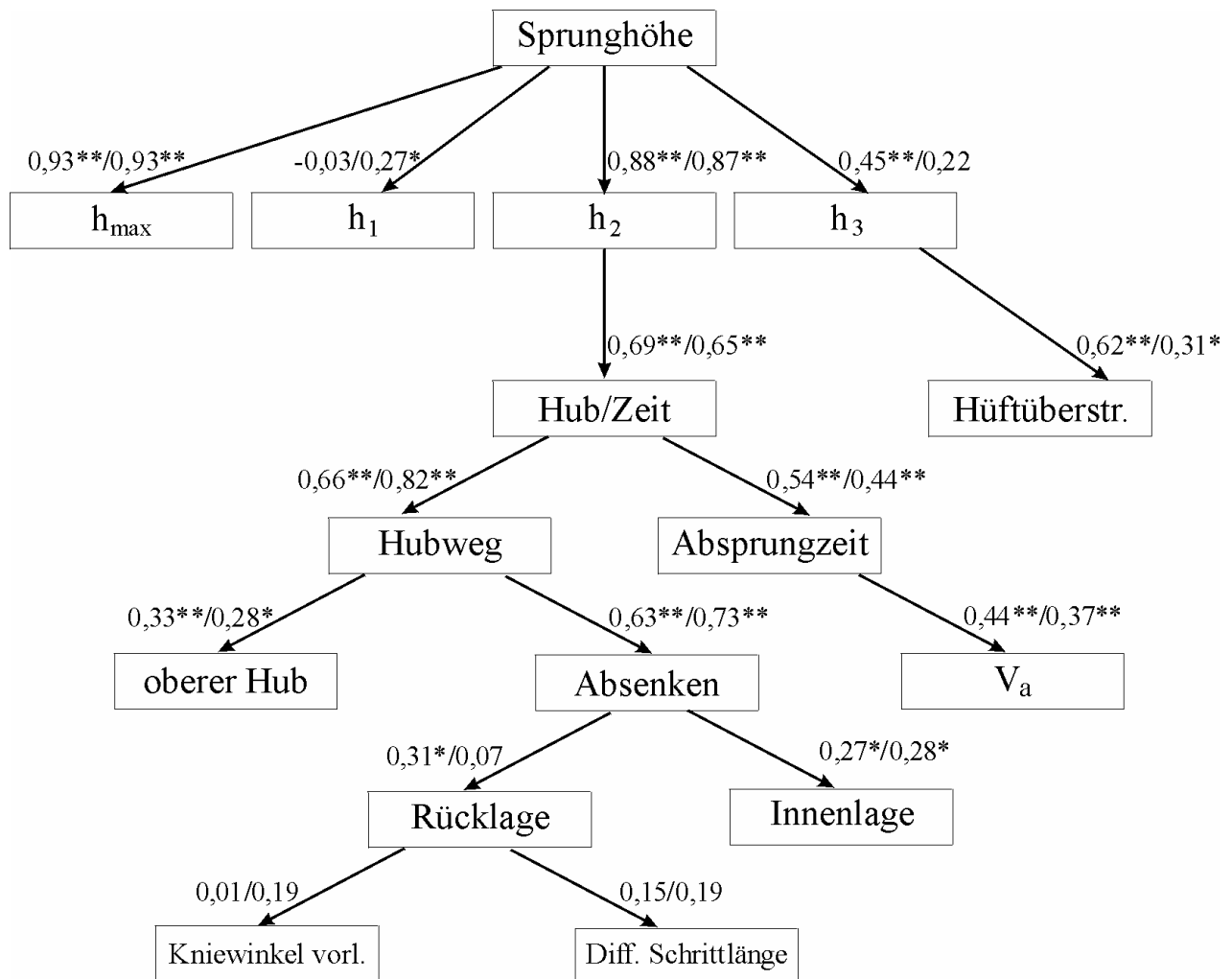


Abb. 8.14: Korrelationskoeffizienten zwischen benachbarten Ziel- und Einflussgrößen (Männer/Frauen, * = signifikant, ** = hochsignifikant)

Die Wahl der geeigneten Sprungvariante hängt von den konditionellen und koordinativ-technischen Voraussetzungen der Sportler ab. Die Auswahl wird über bewusstes Variieren im Training oder über die Präferenzen der Trainer erfolgen, wobei von der permanenten Bevorzugung einer Variante für alle Sportler, also der Entwicklung einer „Schule“, im Interesse der individuell optimalen Technik abzuraten ist. Auf allen untersuchten Leistungsstufen fanden wir erhebliche Bewegungsfreiräume. Rahmen dieser Freiräume könnten wiederum die aus der Vielfalt der Techniken im Spitzenbereich abgeleiteten Zielkorridore

sein. Dennoch besteht ein Orientierungsbedarf für die Schwerpunktsetzungen im Training. Dazu gibt es unterschiedliche Ansätze.

8.7.1 Erörterung von Kriterien zur Trainingsausrichtung

Neben der Optimierung der Lattenüberquerung²¹¹ ist die Vergrößerung der Steigehöhe bzw. die Entwicklung der speziellen Sprungkraft das primäre Ziel im Hochsprungtraining. Die Verbesserung der Steigehöhe über ihre Einflussgrößen Anlaufgeschwindigkeit und KSP-Absenkung verspricht eine Leistungssteigerung in der Zielleistung. Diese Orientierung führt zu einem technischen Leitbild, nämlich dem des kraftbetonten Springers, wie es vom aktuellen Weltrekordler Sotomayor verkörpert wird: Der Springer soll schnell anlaufen, auf den letzten 2-3 Schritten den KSP tief absenken und einen energischen Absprung mit intensivem Schwungelemente-Einsatz ausführen.

Die Frage, welcher der Parameter verbessert werden soll, um die Steigeleistung zu vergrößern, soll nach Dapena (1997) an Durchschnittswerten orientiert beantwortet werden: Liegt ein Springer bezüglich eines der als leistungsbestimmend erkannten Bewegungselemente deutlich unter der statistische Norm, sollte er vor allem hier die Verbesserung suchen, liegt er oberhalb des Durchschnitts, würde eine weitere Steigerung vermutlich eine Überforderung darstellen, so dass eher die anderen Faktoren entwickelt werden sollten.

Dass auch Springer mit anderen, nicht kraftbetonten Sprungstilen international beachtliche Höchstleistungen erreichen, lässt die rein statistisch abgeleiteten Empfehlungen fraglich erscheinen. Einflussgrößen wie die Anlaufgeschwindigkeit oder die KSP-Absenkung zu steigern, damit das Sprungbein die anspruchsvolleren Eingangsbedingungen zu höherem Output umsetzen könnte, wäre wenig hilfreich, sogar kontraproduktiv, wenn das Sprungbein zu schwach wäre und durch einen zu schnellen Anlauf oder ein zu tiefes Absenken überfordert würde. Vielmehr muss zunächst die Streckkraft des Sprungbeins gestärkt werden. Aufgrund der heute bekannten physiologisch-mechanischen Eigenschaften der Muskulatur muss die Empfehlung von Dapena differenziert bzw. korrigiert werden. Die spezielle Sprungkraft kann nicht durch nur eine Kraftdimension beschrieben werden, sondern beruht auf verschiedenen, z.T. unabhängig von einander wirkenden Sprungkraftfähigkeiten. Daher ist eine Differenzierung auch bezüglich der Methoden zur Entwicklung der speziellen Sprungkraft erforderlich.

Die Sprungkraft lässt sich auf 1. explosive, 2. reaktive und 3. Stiffness-Eigenschaften der beteiligten Muskulatur zurückführen (Schmidtbleicher, 1994, S. 374). Diese Eigenschaften sind nicht bei jedem Athleten in gleicher Weise oder auch nur proportional

²¹¹ Wie zuvor gezeigt wurde, ist die Lattenpassage ein hochkomplexes, von vielen Faktoren beeinflusstes Geschehen. Ihre Optimierung ist ein primär technisches Problem, das im Training entsprechend techniknah bewältigt werden muss. Die konditionellen Voraussetzungen wie Rumpfkraft oder -gewandtheit haben nur nachgeordnete Bedeutung, werden häufig im Techniktraining oder mit ganz allgemeinen Trainingsformen entwickelt.

ausgeprägt, sondern individuell verschieden. Hochspringer, die über eine primär explosive Sprungmuskulatur verfügen, werden ihre Sprungkraft über die Kraftentwicklung zu erhöhen versuchen und entsprechend eine kraftbetonte Technik mit tiefem Absenken des KSP, längerem Absprungkontakt und intensivem Schwungelemente-Einsatz anstreben. Athleten, deren Sprungkraft primär auf die reaktiven Muskel-Fähigkeiten bzw. die Muskel-Stiffness zurückzuführen ist, tendieren zu einer schnelligkeitsbetonten Technik und werden die Steigeleistung vorrangig über die Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit zu steigern versuchen²¹². So kann es – entgegen dem Ansatz von Dapena – für einen Athleten trotz schon überdurchschnittlicher Werte sinnvoll sein, diesen Parameter weiter zu verbessern bzw. einen anderen trotz geringer Werte nicht zu verändern.

Diese Vorstellung wird von Tihanyi u.a. (1983) zu einem neuen Ansatz ausformuliert. Die Autoren ermittelten bei Springern und Springerinnen der nationalen Spitze über Steigesprünge aus dem Stand, aus 2, 4, 6 und 8 Anlaufschritten die Steigehöhe, die Anlaufgeschwindigkeit und die Absprungdauer. Die Athleten, die einen hohen Anteil schnell kontrahierender Muskelfasern (FT) aufweisen, haben bei diesen Testformen eine relativ kurze Absprungdauer, die mit einem hohen Anteil langsam kontrahierender Muskelfasern (ST) eine lange Kontaktzeit. Beide Gruppen erreichen in den Tests gleiche Sprunghöhen, letztere jedoch durch eine stärkere Vordehnung und einen längeren Beschleunigungsweg. Entsprechend dieser Dichotomisierung möchten Tihanyi u.a. das Training differenziert gestalten.

Da sich bezüglich der Muskelfaseranteile fließende Übergänge darstellen lassen (vgl. Tidow, 1995), ist eine derartige Polarisierung der Technikleitbilder und des Trainings nicht zwingend. Stattdessen favorisieren wir Kontinua für die einzelnen Bewegungselemente wie das Absenken des KSP vor dem Absprung, wobei ihre Komposition zur individuell optimalen Technik den konstitutionellen, konditionellen und techno-motorischen Voraussetzungen des jeweiligen Springers folgen sollte.

8.7.2 Ableitungen für die disziplinspezifische Leistungsdiagnostik

Mit erheblichem Sach- und Personalaufwand wurden für eine Vielzahl von Hochsprüngen umfangreiche Datensätze erfasst und ausgewertet. Anhand des Datenmaterials konnten wir die Analyse des Hochsprungs vorantreiben und quantitative Aussagen über die Zusammenhänge von Gesamtleistung, Teilhöhen und biomechanische Einflussgrößen treffen. Bisher schon als wichtig erachtete Einflussgrößen auf die Hochsprungleistung wurden teilweise als solche bestätigt (langer KSP-Beschleunigungsweg, hohe Anlaufgeschwin-

²¹² Bauersfeld & Voss (1992, S. 49) glauben durch entsprechendes Training (Niedersprünge an Gummiseilen zur Gewichtsentlastung) auch bislang „langsamen“ Springern einen kurzdauernden, schnellkräftigen Absprung vermitteln zu können. Diese zwar in Experimenten der Autoren bestätigte Theorie ist im Leistungsbereich bisher ohne Relevanz geblieben. Offenbar ist die Testform (beidbeiniger, unspezifischer Absprung) nicht ohne weiteres auf die einbeinigen Sprünge aus dem Anlauf zu übertragen.

digkeit), zu einem Großteil aber auch nicht. So müssen wir für die Mehrzahl der Messgrößen feststellen, dass sie aufgrund der empirisch-statistischen Auswertung unserer Datensätze keinen eindeutigen oder einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Hochsprungleistung haben. Nimmt man diese Aussage als vorläufig bestätigt an, ist die Messung dieser Parameter entbehrlich.

Ballreich & Preiss (2000) empfehlen, zur Unterstützung der begrenzten visuellen Wahrnehmung des Trainers möglichst Sofort- oder zumindest Schnellinformationen einzusetzen. Wegen des aufwendigen Auswertungsverfahrens ist mit der 3-D-Analyse keine Schnellanalyse der Sprünge möglich. Dieser Umstand bildet schon an sich einen Nachteil für das Techniktraining; hinzukommt, dass nur eine begrenzte Anzahl von Sprüngen ausgewertet werden kann, pro Teilnehmer und Messtermin in der Regel ein Sprung. Intra-individuelle Vergleiche innerhalb eines Wettkampfes, die erst zu wesentlichen Aussagen über Wiederholbarkeit und Präzision der Bewegung führen würden, sind die Ausnahme. Auch die Prüfung der Gütekriterien, insbesondere die Reliabilität des Messinstrumentes, würde durch die Schnellauswertung verschiedener Sprünge eines Springers an einem Messtermin erheblich erleichtert.

Beide Schlussfolgerungen zusammengenommen liegt es nahe, die Untersuchungs- und Auswertungsmethodik entsprechend anzupassen, einerseits sich auf die Messung der wenigen als relevant benannten Parameter zu konzentrieren, andererseits für diese Methoden der Schnellauswertung zu entwickeln. Hier bieten sich verschiedene 1-D-(Geschwindigkeitsmessungen für den Anlauf, Lichtschrankengatter zur Bestimmung der effektiven Sprunghöhe) und 2-D-Verfahren (KSP-Bestimmungen) an, die mittels der als bewährt geltenden 3-D-Methodik auf ihre Zuverlässigkeit hin überprüft werden müssen, bevor sie dieses als Standardmessverfahren ersetzen.

9 Untersuchungen zur speziellen Sprungarbeit im Hochsprung

Techniktraining zielt primär auf die Verbesserung der Technik bei steigendem konditionellem Niveau; im speziellen Sprungkrafttraining, hier ist vor allem an Steigesprungformen gedacht, dominiert die konditionelle Entwicklung. Beide Trainingsmittel sind in ihrer Gestaltung und Zielrichtung mehrfach verknüpft: Während die Techniksprünge – in ausreichender Anzahl durchgeführt – einen Sprungkrafteffekt haben, sozusagen die speziellste Form der speziellen Sprünge darstellen, werden mit den Steigesprüngen auch technische Korrekturen bzw. Optimierungen verbunden (z.B. intensiver Schwungelementeeinsatz). Entsprechend dieser doppelten Orientierung – Technik und Sprungkraft – nehmen beide eine besondere Stellung im Katalog der Trainingsübungen ein.

In den einschlägigen sportwissenschaftlichen Disziplinen wurden jedoch primär beidbeinige, aus Sicht der Leichtathletik also unspezifische Sprungformen untersucht. Diese sparen die für Steigesprünge wichtige Komponenten der Vertikalimpulserzeugung, nämlich den Schwungelementeeinsatz und das Umlenken der Horizontalgeschwindigkeit, aus. Entsprechend kommt es bei beidbeinigen Absprüngen nicht zu überlagernden, schwer zu separierenden Effekten. Dadurch sind sie leichter zu analysieren, so dass eine Reihe von Grundlagenerkenntnissen zur Sprungkraft und zu ihrem Training entwickelt werden konnten²¹³.

Ein- und beidbeinige Absprünge unterscheiden sich gravierend in ihrer kinematischen und dynamischen Struktur, so dass die aus der Untersuchung beidbeiniger Sprünge gewonnenen Erkenntnisse nur bedingt oder gar nicht auf Steigesprünge bzw. Take-Offs zu übertragen sind. Für spezielle Sprünge wie eben Steigesprünge fehlen entsprechende Untersuchungen und Erkenntnisse weitgehend; eine positive Ausnahme stellen die bisher wenig rezipierten Untersuchungen von Prause (1991) dar. Die nachfolgenden Ausführungen bzw. die ihr zugrunde liegenden Untersuchungen spezieller Sprungformen für den Hochsprung sollen diese Lücke schließen helfen.

9.1 Problementwicklung

Ein guter Hochsprung zeichnet sich durch einen großen Vertikalimpuls bzw. eine große Steigehöhe einerseits und eine effektive Lattenpassage andererseits aus. Die Steigeleistung wird gemeinhin als Produkt oder Ausdruck der speziellen Sprungkraft verstanden. Typische Sprungformen, die den Vertikalimpuls bzw. die Absprungstreckung in den Vordergrund rücken, sind der Schersprung und die Steigesprünge in ihren verschiedenen Variati-

²¹³ U.a. Bührle (1995, S. 177); Schmidtbleicher (1985, S. 56); Güllich & Schmidtbleicher (2001).

onen²¹⁴, bei denen die Steigeleistung zulasten der Rotationen maximiert wird. Eine effektive Lattenpassage ist durch eine horizontale Körperlage und ein Nacheinander der Körpersegmente während der Lattenpassage gekennzeichnet (s.o.). Diese beiden Technikmerkmale können nur durch einen ausreichenden Rotationsimpuls realisiert werden, der im Absprung zulasten des Vertikalimpulses abgezweigt werden muss.

Durch die dreidimensionale Ausholbewegung nach unten, hinten und zur Kurveninnenseite und das entsprechende Aufrichten im Absprung werden Streck- und Rotationsimpuls für die anschließende Flugphase vorbereitet und entwickelt. Es geht also im Flop nicht um das Unterdrücken von Rotationen, sondern um ihr optimales Handling zugunsten der Gesamtbewegung. In der Flugphase können einzelne Springer durch Annäherung der Extremitäten an den KSP und durch Scheinrotationen die Rotationsgeschwindigkeit und die Körperpositionierung nachträglich beeinflussen²¹⁵. Die Frage ist, ob bzw. inwieweit diese komplexe Aufgabenstellung im Training erarbeitet wird. Dazu müssen die zentralen Technikmerkmale von Floptechnik und einschlägigen Trainingsübungen erfasst und miteinander verglichen werden. Daher sollen nachfolgend die einschlägigen Trainingsübungen bezüglich der zentralen Anforderungen der Floptechnik untersucht werden.

9.2 Untersuchungsanlage

Die relevanten Trainingsformen wurden aus dem bewährten Übungsgut der Trainer (Tancic, 1978; Rahmentrainingsplan, siehe Czingon, 1993, S. 82f) und der praxisnahen Fachliteratur (Jonath u.a., zuletzt 1995, S. 292) ausgewählt. Neben dem Schersprung und verschiedenen Steigesprüngen zählen auch diverse Seriensprungformen zu diesem Übungskatalog, bei denen der Anlauf-Absprung-Komplex durch den Niedersprung-Wiederabsprung ersetzt wird (vgl. Prause, 1991, S. 78). Für diese Sprungformen wurde eine vorläufige Rangfolge bezüglich der Techniknähe bzw. Spezifik entwickelt, die sich aufgrund der Trainings- und Wettkampfgewohnheiten der Athleten von der Reihenfolge der Übungen in der Untersuchung unterschied (Tab. 9.1).

Für eine erste Untersuchung²¹⁶ stellten sich vier der zum Untersuchungszeitpunkt besten Hochspringer des DLV zur Verfügung, von denen immerhin drei den Sprung bis in die Weltklasse geschafft haben (BL 2,16-2,39 m; $\bar{x} = 2,32$). In zwei Zweiergruppen absolvierten sie die in Tabelle 9.1 zusammengestellte Testserie in jeweils ca. 75 min. Die


²¹⁴ Wischmann (1987, S. 139) und Haberkorn & Plass (1992, S. 94) fordern ausdrücklich solche Trainingsübungen für den Hochsprung, bei denen der Oberkörper während des Sprungs in der Vertikalen bleibt, um den Steigecharakter herauszuarbeiten, also Steige- und Schersprünge (vgl. Kap. 2).

²¹⁵ Siehe Killing (1989 und 1990, S. 779f). Auf eine andere Form der Scheinrotationen im Flop, das sogenannte „Catting“, verweist Dapena (1996/17, S. 44f).

²¹⁶ Die Untersuchung wurde 1989 unter Mitarbeit von Schwirz und Schweizer am OSP bzw. an der Universität Freiburg durchgeführt.

Sprünge über die Latte (Flop und Schersprung) wurden als Trainingswettkämpfe durchgeführt, um anspruchsvolle Höhen bzw. eine hochwertige Ausführung sicherzustellen.

Tab. 9.1: Die untersuchten Sprungformen und ihr Technikbezug

Flop langer Anlauf (4)	techniknah  Technikfern
Flop kurzer Anlauf (3) ²¹⁷	
Schersprung (2)	
Steigesprung vor der Latte (1)	
Steigesprung mit Landung auf dem Sprungbein (5)	
Steigesprung mit Landung auf dem Schwungbein (6)	
Mehrfachsprünge auf einem Bein bzw. Hop-Sprung (8)	
Mehrfachsprünge mit Beinwechsel bzw. Sprunglauf (7)	
Fußgelenkssprünge (9)	
(in Klammern die Reihenfolge der Übungen in der Untersuchung)	

Die Beobachtung, Fixierung und Auswertung der Sprünge erfolgte auf zweierlei Weise. Zum einen wurden die Sprünge mit zwei Videokameras aufgezeichnet (Abb. 9.1). Bei der Auswertung der Filmaufnahmen wurden bei allen Sprungformen und allen Springern die Phasen des Absprungbeginns (FA) und des Absprungendes (TO) als Videoprint ausgedruckt und vermessen. Aus der seitlichen Sicht sollte die rückwärtige Sprungauslage, die Amortisation, das Aufrichten nach vorn-oben, die Streckphase und der Einsatz der Schwungelemente, aus der rückwärtigen Sicht die Innenlage, das Aufrichten zur Latte und die Körperneigung am Absprungende erfasst werden. Als quantitative Parameter wurden Rück- und Vorlagewinkel sowie Innen- und Außenlagewinkel (jeweils Achse Fußspitze-Kopf zur Vertikalen) zu Absprungbeginn und -ende bestimmt, als qualitative Parameter wurden die Körperhaltung und die Position von Armen und Beinen ermittelt.

²¹⁷ Wegen der geringen Differenzen zum Flop aus ganzem Anlauf wird der Flop aus halbem Anlauf im Folgenden vernachlässigt. Die bekannten Unterschiede: geringere Anlaufgeschwindigkeit, längerer Absprungkontakt und Tendenz zum kraftbetonten Sprung waren auch hier zu beobachten.

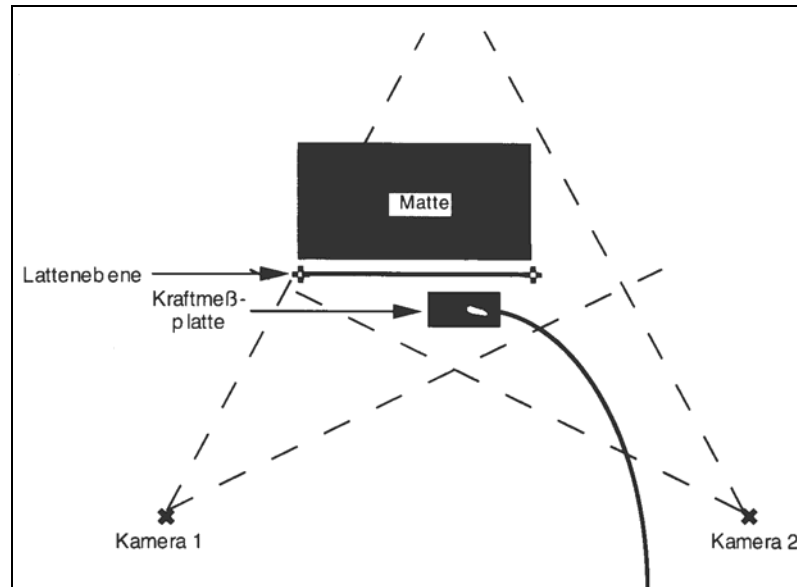


Abb. 9.1: Versuchsaufbau der speziellen Sprungkraftuntersuchung in Freiburg 1989

Zum anderen wurden mittels einer Kraftmessplatte im Absprungbereich die Kraftwerte bei den jeweiligen Absprüngen aufgezeichnet und nach drei Dimensionen aufgeschlüsselt: in die vertikale Kraft sowie die horizontale Kraft parallel und senkrecht zur Lattenebene. Zusätzlich wurde die Absprungdauer erfasst.

9.3 Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung erfolgt aufgrund des geringen Stichprobenumfangs rein deskriptiv. Wo es möglich und sinnvoll erscheint, werden Mittelwerte gebildet. Auf die Ausweisung weiterer statistischer Parameter wird angesichts der geringen Probandenzahl verzichtet. Die Darstellung der Ergebnisse ist analog den beiden Analysemethoden in eine kinematische und eine dynamische Abteilung gegliedert, wobei Überschneidungen nicht ganz zu vermeiden bzw. zum Teil sogar beabsichtigt sind.

9.3.1 Kinematische Auswertung

Die Bestimmung der Sprungauslage (FA) und der Abflugposition (TO) aus der Seitansicht ergab für Flop, Schersprung und Steigesprung 1 Werte zwischen 60 und 65° (FA) bzw. 84 und 90° (TO)²¹⁸. Bei den weiteren Übungen nahm die Sprungauslage bis hin zur 90°-Position bei den Fußgelenkssprüngen ab, wobei die in Tabelle 9.1 aufgezeigte Rangfolge bis auf den Wechsel von Hop-Sprung und Sprunglauf eingehalten wurde. Mit der

²¹⁸ Die Werte für den Flop korrespondieren mit den Messungen anderer Untersuchungen (z.B. Ritzdorf & Conrad, 1987, S. 32; Dapena, 1997), bestätigen insofern die Untersuchungsmethode und legitimieren die entsprechenden Ergebnisse für die anderen Sprungformen.

Abnahme der Sprungauslage wird der Bremsstoß in Bewegungsrichtung immer geringer, wie es die Kraftwerte in Tabelle 9.4 (s.u.) bestätigen. Das kommt dem Seriencharakter dieser Sprünge entgegen, bei denen der teilweise oder vollständige Erhalt der Horizontalgeschwindigkeit übungsimmanent ist.

Bei allen Springern und allen Sprüngen ließ sich beim Fußaufsatz eine Hüftbeugung beobachten, die beim Flop aufgrund des Vorlaufens der lattennahen Schulter verstärkt war. Dies entspricht anderen Messungen, so ermittelten wir bei eigenen 3-D-Analysen mit dem APAS-System Hüftwinkel von 145-160° in Flop (Killing & Pottel, 1997, S. 18).

Tab. 9.2: Rück- und Vorlagewinkel bei Fußaufsatz (FA) und Abflug (TO) in Grad (°)

	Sonn			Kreissig			Pohl			Beyer			Mittelwerte		
	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff
Flop	61	88	27	64	92	28	61	87	26	62	89	27	61	88	27
Schersprung	60	86	26	63	89	26	60	89	29	65	90	25	62	88	26
Steigesprung 1	61	84	23	62	84	22	62	90	28	63	90	27	62	87	25
Steigesprung 2	63	86	23	65	90	25	66	94	28	64	86	22	64	89	24
Steigesprung 3	70	94	24	70	96	26	77	106	29	69	95	26	70	97	26
Hop-Sprung	82	109	27	80	106	26	82	110	28	81	110	29	81	108	27
Sprunglauf	80	106	26	78	108	30	80	109	29	80	106	26	80	107	27
Fußgelenksspr.	90	100	10	90	109	19	87	102	15	87	98	11	88	102	14

Der Aufrichtwinkel (in Tab. 9.2 als „Diff“ ausgewiesen) lag bei allen untersuchten Übungen mit Ausnahme der Fußgelenkssprünge bei 22-30°. Ein einheitlicher Trend ließ sich nicht feststellen, so dass von zufälligen Unterschieden innerhalb dieses Streubereiches ausgegangen wird. Erklärend dient der Hinweis auf die ähnliche Absprungdauer (0.183-0.199 sec) und die vermutlich ähnliche mittlere Horizontalgeschwindigkeit, denn beide zusammen determinieren die Stützweite und damit den Aufrichtwinkel weitgehend (vgl. Hutt, 1992/6, S. 19).

Aufgrund des einheitlichen Aufrichtwinkels korrespondiert der Abflugwinkel (aus der Seitansicht) mit der Sprungauslage, während beim Flop, Scher- und Steigesprung 1 eine annähernd vertikale Abflugposition erreicht wird, weisen die Springer bei den Seriensteigesprüngen und bei den Mehrfachsprüngen eine zunehmend größere Vorlage auf. Dies ist typisch für Horizontalsprünge (vgl. Möser, 1990, S. 705f). Bei allen Sprungformen ist am Absprungende (TO) eine weitgehende Streckung von Fuß-, Knie-, Hüftgelenk und Oberkörper zu beobachten, was die Messwerte tendenziell bestätigen.

Während alle Springer im Flop die Führarmtechnik verwenden, ist der Armeinsatz beim Schersprung und bei den Steigesprüngen davon abweichend und relativ beliebig. So kommen etwa gleich häufig auch der Gegen- und der Doppelarmschwung zum Einsatz. Bei den Mehrfachsprüngen dominiert der Gegenarmeinsatz, wobei der Schwungelement-Charakter beim Hopsprung durch Balance- und Ausgleichsbewegungen beeinträchtigt ist.

Tab. 9.3: Innen- und Außenlagewinkel aus rückwärtiger Ansicht bei Fußaufsatz (FA) und Abflug (TO) in Grad (°)

	Sonn			Kreissig			Pohl			Beyer			Mittelwerte		
	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff	FA	TO	Diff
Flop	90	85	-5	99	90	-9	85	80	-5	90	84	-6	91	85	-6
Schersprung	87	91	+4	92	92	0	90	90	0	94	90	-4	91	91	0
Steigesprung 1	91	96	+5	95	99	+4	88	93	+5	102	103	-1	94	98	+4

Die Bestimmung von Innen- bzw. Außenlage aus der Rückansicht ergab deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Sprungformen (Tab. 9.3). Während beim Flop eine Aufrichtbewegung zur Latte zu beobachten war (6°), nahm beim Steigesprung 1 während des Absprungs die Neigung weg von der Latte noch zu. Beim Schersprung und allen anderen untersuchten Sprungformen war die Aufrichtbewegung aufgrund des geradlinigen Anlaufes und Absprungs zu vernachlässigen.

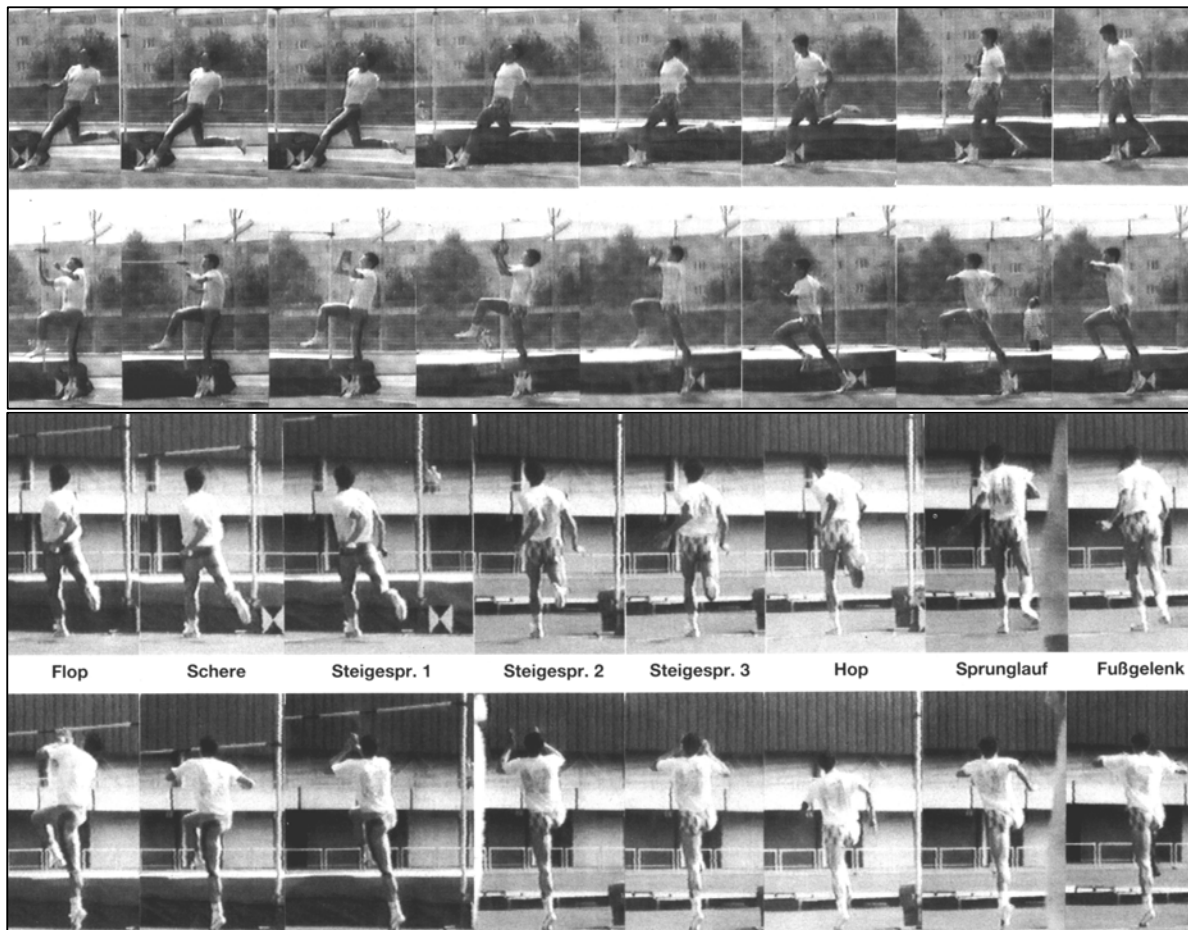


Abb. 9.2: Die untersuchten Sprungformen, dargestellt in 2 Phasen aus Seit- und Rückansicht

Abbildung 9.2 zeigt die untersuchten Sprungformen aus zwei Perspektiven (Seit- und Rückansicht) und in zwei Phasen (Fußaufsatz und Lösen vom Boden). Nur beim Flop

wird der Kopf während des Absprungs leicht zur Latte geneigt, die lattennahe Schulter gesenkt und die lattennahe Hüfte angehoben. Die lattennahe Schulter- und Hüftseite nähern sich einander an, man kann von einer „Einrollbewegung“ zur Latte sprechen, mit der die Rotation um die Transversalachse bzw. um die Latte eingeleitet bzw. verstärkt wird. Damit korrespondiert die Eindrehbewegung des Schwungbeins im Flop: Während das Knie von der Latte weggeführt wird, weisen Schwungfuß und -unterschenkel zur Latte hin. Fehlen diese Einrollbewegungen, bekommt der Springer Probleme, über der Latte die waagerechte Lage einzunehmen. Bei Scher- und Steigesprüngen bleiben Schulter- und Hüftachse waagrecht, bei den Mehrfachsprüngen ist sogar eine der Flopbewegung entgegengesetzte Verlagerung der Schulterachse zu beobachten.

9.3.2 Dynamometrische Auswertung

Die Kraftkurven, die bei den Flopsprüngen aufgezeichnet wurden, entsprechen sowohl in den Durchschnitts- als auch in den Spitzenwerten denen anderer Untersuchungen (z.B. Quade & Sahre 1987, S. 186). Die horizontale Kraftkomponente parallel zur Latte ist durch Horizontalgeschwindigkeit und Rücklage beim FA bedingt und zum Großteil als Bremsstoß in Laufrichtung zu interpretieren. Ebenfalls als Bremsstoß muss die horizontale Kraft quer zur Latte, auch als lateral wirkende Kraft bezeichnet, bewertet werden. Sie resultiert aus horizontaler Anlaufgeschwindigkeit und -richtung (siehe Tab. 9.4) sowie der Innenlage beim Fußaufsatz und trägt zum Aufrichten aus der Innenlage während des Absprungs bei.

Tab. 9.4: Kraftwerte und Absprungeteiten bei verschiedenen Sprungformen

	F_z (N)	F_y (N)	F_x (N)	t (sec)
Flop	5854 (2993)	2485 (999)	3618 (1297)	0.183
Schersprung	5891 (2858)	2311 (764)	3232 (1034)	0.187
Steigesprünge	5833 (2631)	2251 (701)	2035 (684)	0.193
Horizontalsprünge	8051 (2648)	1208 (229)	1249 (137)	0.186
Fußgelenkssprünge	5212 (2282)	451 (53)	410 (61)	0.235

F_z = vertikale, $F_y + F_x$ = horizontale Kraftkomponenten, dabei F_y parallel und F_x senkrecht zur Latte gemessen. Die erste Zahl gibt den Maximalkraftwert, die zweite den durchschnittlichen Kraftwert während des Absprungs an. Die Zahlen stellen die Durchschnittswerte der von der Messplatte erfassten Sprünge dar.

Die Bodenreaktionskräfte im Schersprung und bei den Steigesprüngen sind denen des Flop' vergleichbar, tendenziell lässt sich beim Schersprung eine leichte Erhöhung der vertikalen und bei Scher- und Steigesprüngen eine Verringerung der horizontalen, insbesondere der lateralen Kraftwerte beobachten (Abb. 9.3, ebenso bei Prause, 1991, Anhang). Dies erklärt sich aus der geringeren Anlaufgeschwindigkeit (kürzerer Anlauf), dem höhe-

ren Bodendruck mittels des gestreckten Sprungbeins und der reduzierten Aufrichtbewegung im Absprung. Damit korrespondiert, dass die Bodenkontaktzeiten bei Scher- und allen Steigesprüngen größer als beim Flop waren, wobei beim Steigesprung vor der Latte der längste Kontakt gemessen wurde (0.199 s). Hier liegt also eine gravierende Abweichung gegenüber der Zieltechnik vor.

Bei den Horizontalsprüngen ergab die dynamometrische Messung besondere Kennwerte: Auffallend ist die extrem hohe vertikale Kraftbelastung bei Hop (8481 N) und Sprunglauf (7622 N). Diese hohen Werte und die für Horizontalsprünge großen Stützzeiten erklären sich aus dem Niedersprungcharakter der Seriensprünge. Hildebrand (1997, S. 129) kennzeichnet diese Kraftspitzen als mechanisch und nicht muskulär bedingt. Die Falltiefe erfordert eine umfangreichere und längere Amortisation (vgl. Adamczweski & Dickwach, 1991, S. 115). Die horizontalen Kräfte sind erheblich niedriger als bei den Vertikalsprüngen, dies korrespondiert mit der geringen Sprungauslage und der bei geradem Anlauf fehlenden Innenlage²¹⁹.

Die Fußgelenkssprünge weisen für plyometrische Absprünge vergleichsweise niedrige vertikale Kraftwerte auf, die auf einen gedrosselten Krafteinsatz schließen lassen. Wegen der geringen Horizontalgeschwindigkeit ist die Kontaktzeit verlängert und sind nur noch minimale horizontale Kräfte zu messen.

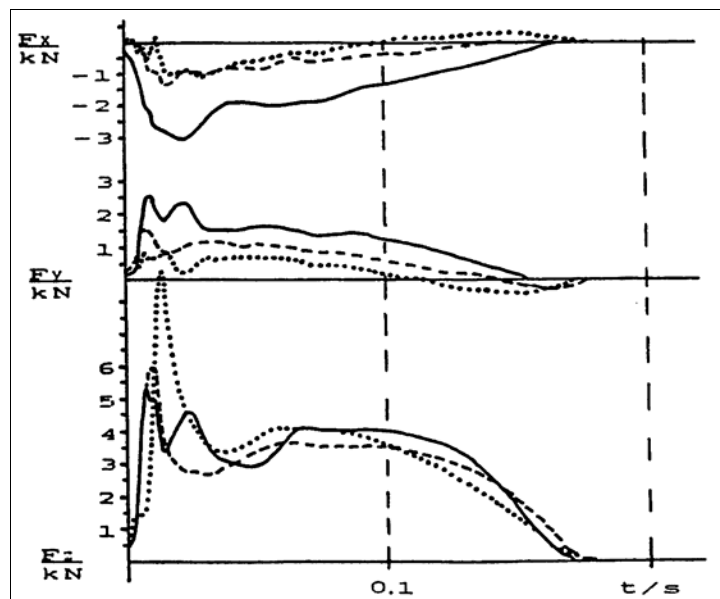


Abb. 9.3: Die im Absprung wirksamen Kräfte bei Flop (durchgezogene Linie), unspezifischem Steigesprung (gestrichelt) und Sprunglauf (gepunktet)
 F_x = horizontale Kraft parallel zur Lattenebene;
 F_y = horizontale Kraft quer zur Lattenebene; F_z = vertikale Kraft

²¹⁹ Dass überhaupt noch laterale Kräfte gemessen werden, erklärt sich aus der Anordnung des Koordinatensystems parallel zur Latte und nicht zum Anlaufwinkel.

9.4 Zusammenfassung und Diskussion

Die Untersuchung der verschiedenen Sprungübungen bestätigte zu großen Teilen die in Tabelle 9.1 vorgenommene Rangfolge bzw. Abstufung, erbrachte aber auch Gemeinsamkeiten aller Sprungformen sowie Besonderheiten einzelner Übungen.

9.4.1 Gemeinsamkeiten aller Sprünge

Alle Sprungformen beinhalten den einbeinigen Absprung. Nach unterschiedlicher Sprungauslage kommen die Springer bei allen Sprungformen zu einer weitgehenden Streckung der am Absprung beteiligten Gelenke (Fuß, Knie, Hüfte, Wirbelsäule, zusammen die Streckschlinge). Dabei befinden sich die Schwungelemente in günstiger oberer Position. Mit Ausnahme der Fußgelenkssprünge liegen bei den untersuchten Sprungformen Absprungdauer (0.183-0.199 sec), Aufrichtwinkel Rück-Vorwärts (22-30°) und schließlich der vertikale Kraftstoß in ähnlicher Größenordnung. Zusammen genommen lässt dies auf einen vergleichbaren Dehnungs-Verkürzungszyklus (DVZ) schließen. Alle untersuchten Übungen eignen sich daher zur Schulung des Take-Offs und haben einen hohen Effekt für die Entwicklung der speziellen Sprungkraft.

9.4.2 Bestätigung der Rangfolge

Zwischen den einzelnen Sprungformen gibt es gravierende Unterschiede bezüglich der Sprungauslage, der Oberkörperposition im TO, der Kraftwerte und der auftretenden Rotationen. Gemäß der Rangfolge von Tabelle 9.1 (Flop -> Schere -> Steigesprünge -> Mehrfachsprünge -> Fußgelenkssprünge) nehmen die Rücklage beim Fußaufsatz und analog die horizontalen Bremskräfte ab (Tab. 9.2 und 9.4). Da die Absenkung des KSP mit der Körperneigung bzw. Sprungauslage korrespondiert, liegt der KSP bei den anderen Sprungformen durch die im Vergleich zum Flop geringere Sprungauslage also weniger tief und weniger weit hinter der Sprungfußprojektion. Entsprechend sind bei diesen Übungen die Hebelwirkung der Sprungbein-Oberkörper-Achse, aber auch der Verlust an Horizontalgeschwindigkeit bzw. der horizontale Bremsstoß reduziert. Dieser Bremsstoß hat jedoch vier wichtige Funktionen für den Hochsprung:

- Der Bremsstoß dient zum Aufrichten der Sprungbein-Oberkörper-Achse aus Rück- und Innenlage und damit zum Umlenken der horizontalen Anlaufgeschwindigkeit in vertikale Abfluggeschwindigkeit²²⁰. Bei großer Sprungauslage ist der Bremsstoß höher und – bei einem gelungenen Sprung – die Transformation von horizontaler zu vertikaler Geschwindigkeit größer (Tab. 9.5).

²²⁰ Zu beachten ist, dass beim Hochsprung die resultierende Ausgangsgeschwindigkeit beim Absprung nur ca. 1 m/s geringer ist als die Eingangsgeschwindigkeit, geändert hat sich primär die Bewegungsrichtung.

- Durch die Sprungauslage, die KSP-Absenkung und den daraus resultierenden Bremsstoß wird die Horizontalgeschwindigkeit auf das für die Lattenpassage optimale Niveau reduziert. Nach eigenen Messungen beträgt dieser Geschwindigkeitsverlust während des Hochsprungabsprungs durchschnittlich 2.5 m/s (Streubreite 1.5 bis 3.7 m/s).
- Sprungauslage und Bremsstoß verlängern die Absprunzeit und ermöglichen so, den Körper bzw. einzelne Körperteile in eine für die Lattenpassage günstige Position zu bringen (Arme und Schwungbein nach oben, Hüfte nach vorn, Einrollen von Schulter- und Beckenachse)
- Schließlich trägt der Bremsstoß über die Aufrichtbewegung (Drehbewegung um den Fuß als Drehmittelpunkt) dazu bei, die für die optimale Lattenpassage erforderlichen Rotationen einzuleiten.

Tab. 9.5: Passiver Auftreffimpuls eines 70 Kg schweren Athleten bei verschiedenen Sprungformen

Sprungform	Sprungauslage	Aufreffgeschwindigkeit		Aufreffimpuls	
		horizontal	vertikal	Min.	Max.
Flop	30°	6-8 m/s	0-1 m/s	2100 N	3409 N
Steigesprung	20 °	3-7 m/s	0-1 m/s	1050 N	2324 N
große Sprünge	10°	6-10 m/s	1-2 m/s	2086 N	4025 N
mittlere Sprünge	0-10°	2-5 m/s	1-2 m/s	1400 N	2653 N
kleine Sprünge	0°	1-2 m/s	1-2 m/s	700 N	2058 N
Bergaufsprünge	0-10°	2-7 m/s	0-1 m/s	700 N	2205 N
beidb. Sprünge	0°	1-2 m/s	2-4 m/s	2100/2 N	3668/2 N

Die genannten Faktoren erzeugen gemeinsam mit der explosiven Streckung des Absprungbeins erst die Voraussetzungen für einen gelungenen Hochsprung und sind insofern unverzichtbar. So gesehen, sind die gleichen Aufrichtwinkel bei unterschiedlicher Sprungauslage durchaus nicht dasselbe: Mit steigender Sprungauslage bewirken sie einen zunehmenden Bremsstoß bzw. Stemmeffekt. Wenn also bei den untersuchten Sprungformen der Bremsstoß im Absprung immer geringer wird, kann man hier durchaus von abnehmender Spezifität der Übungen sprechen²²¹.

Ebenfalls gemäß der aufgezeigten Rangfolge verändern sich die lateral wirkenden Bremskräfte bzw. die Aufricht-Kipp-Bewegung. Nur beim Flop ist beim Fußaufsatz eine Neigung weg von der Latte und beim Lösen vom Boden eine Neigung zur Latte hin zu beobachten. Nur beim Flop sind die Kraftwerte in der lateralen Dimension derart hoch. Und nur beim Flop sind die Schulter- und Beckenachse lattenseitig angenähert. Ohne diese Aufricht-Kippbewegung wäre eine optimale Lattenpassage unmöglich.

²²¹ Beachte dazu auch die abnehmenden Durchschnittskraftwerte in der vertikalen Dimension in Tabelle 9.4.

Die anderen, hier untersuchten Sprungformen reduzieren den Absprung um diese Kippbewegung. Bei Scher- und Steigesprung vor der Latte sind aufgrund des Bogenanlaufes noch ein Aufrichten in die Vertikale und laterale Kräfte an der Verbindung Sprungfuß-Boden zu verzeichnen, doch werden bei beiden Sprungformen die Rotationen zum Absprungende eher neutralisiert als optimiert. Bei den übrigen Sprungformen entfallen aufgrund des geradlinigen Anlaufes und Absprungs beide Phänomene völlig. Entsprechend wird bei diesen Sprungformen das Zusammenspiel von spezieller Sprungkraft, Rotationsimpuls und stabilisierenden Kräften des Rumpfes vernachlässigt. Daher kann Adamczewski & Dickwach (1991, S. 59) nicht zugestimmt werden, wenn sie behaupten, dass bei Weit- und Hochsprung dynamische und kinematische Parameter im hohen Maße übereinstimmen und weitgehend gleiche Trainingsformen möglich sind. Vielmehr müssen für den Hochsprung spezifische Trainingsübungen gefunden werden.

9.4.3 Besonderheiten einzelner Sprungformen

Bei der Untersuchung fielen neben dem schon diskutierten uneinheitlichen Einsatz der Schwungelemente²²² einige Sonderfälle bei den allgemeineren Sprungformen auf, die eine separate Diskussion nahe legen. Dies betrifft zum ersten die hohen Kraftspitzen bei den Mehrfachsprüngen. Während die Einfach-Absprünge (Flop, Schere, Steigesprünge) gezielt den Anlauf-Absprung-Komplex trainieren, wird innerhalb der Mehrfachsprünge der Übergang Anlauf-Absprung durch den Übergang Niedersprung-Wiederabsprung ersetzt. Durch die Sprunghöhe des vorangegangenen Sprunges entsteht vor der Landung eine Fallbeschleunigung, die im ersten Teil des Absprungs aufgefangen werden muss, bevor es zur Absprungstreckung kommt. Je größer die Falltiefe, umso größer ist die Sprungbeinbelastung. Ausdruck dieser verstärkten Amortisation sind die im Vergleich zum Flop erheblich höheren vertikalen Kraftwerte zu Beginn des Absprungs²²³. Hier liegt die Hypothese nahe, dass die Horizontalsprünge ebenfalls einen stark plyometrischen Charakter haben²²⁴. Wenn Bührle (1985, S. 23) darauf hinweist, dass sich

„... für die Entwicklung des prellenden Absprungs Trainingsformen anbieten, bei denen die hohe kinetische Energie des eigenen Körpers und/oder eines Belastungsgerätes abgefangen und anschließend sofort wieder konzentrisch beschleunigt werden müssen,“

²²² Da Scher-, Steige- und Mehrfachsprünge nicht zwingend eine andere Armführung erfordern, sind die beobachteten Abweichungen primär auf technische Defizite, Ausgleichsbewegungen oder willkürliche Veränderungen zurückzuführen. Im Interesse eines positiven Transfers bezüglich der zentralen Funktionen „Erzeugung von Vertikalimpuls“ und „Steuerung der Rotationen“ erscheint es sinnvoll, bei allen speziellen Sprüngen einen der Zieltechnik entsprechenden Schwungelemente-Einsatz anzuwenden bzw. anzustreben.

²²³ Etwas abgeschwächt (da kein Wiederabsprung erfolgt) treten diese Effekte bei der (hier nicht untersuchten) Landung nach Steigesprüngen auf.

²²⁴ In dem Zusammenhang interessant ist der im Vergleich zum europäischen Sprachraum wenig differenzierte Einsatz des Terminus „Plyometrie“ für beinahe alle Sprungformen bei amerikanischer Sportwissenschaftler und -praktikern (zuletzt Jacoby & Fraley, 1997, S. 40).

so trifft das auch für die Horizontalsprünge zu. Bei letzteren wird die Falltiefe (der Tief-sprünge) durch die Kombination aus Falltiefe, Sprungauslage und Horizontalgeschwindigkeit ersetzt²²⁵. Der so zu ermittelnde passive Auftreffimpuls kann nur ein grober Näherungswert für die tatsächliche Kraftbelastung im Absprung sein, die durch ein Nachgeben im Sprungbeinknie gemindert²²⁶, durch den Einsatz der Schwungelemente²²⁷, das aktivgreifende Sprungbeinaufsetzen und vor allem die explosive Kontraktion der Streckmuskulatur noch wesentlich gesteigert werden kann, sodass im ersten Teil des Absprungs Gesamtkräfte bis zu 10 KN auftreten können (vgl. Prause, 1991, S. 73f). Dadurch wird im Vergleich zu einfachen Absprüngen (z.B. Steigesprüngen) einerseits ein starker (plyometrischer) Trainingseffekt für die Streckmuskulatur erreicht, andererseits aber auch der passive Bewegungsapparat besonders beansprucht, im Extrem sogar überfordert. Hier ist also ein entsprechender Trainingszustand erforderlich, sollen diese hochreaktiven Sprünge wirksam werden.

Die zweite Besonderheit zielt auf die Hop- bzw. Einbeinsprünge. Sie gelten in der Fachliteratur wegen des greifend schlagenden Fußaufsatzes als besonders spezifisch bzw. wirksam (u.a. Tancic, 1985b, S. 320; Prause, 1991, S. 78). Entsprechend waren sie in der Rangfolge von Tabelle 9.1 zwischen Steigesprüngen und Sprunglauf angeordnet. Doch konnten unsere Auswertungen diese Hochschätzung nicht bestätigen. Zwar wiesen die Springer bei den Hop-Sprüngen die höchsten vertikalen Kraftwerte aus, doch waren Sprungauslage, Absprungdauer und Abflugwinkel weniger hochsprungspezifisch als bei den Sprungläufen. Entgegen der hochsprungspezifischen Aufrichtbewegung kam es bei den Hop-Absprüngen zu einem Abknicken des Oberkörpers zur Sprungbeinseite, also in die andere, von der Zieltechnik her gesehen entgegengesetzte Richtung und zulasten der Ganzkörperstreckung (siehe Abb. 9.4). Nachdem die untersuchten Athleten ein durchaus hohes Leistungsniveau repräsentieren, liegt die Hypothese nahe, dass Hop-Sprünge nur bei außergewöhnlich hohem konditionellem und koordinativ-technischen Vermögen die gewünschten Effekte für die Sprungkraftentwicklung haben. Fehlen diese Voraussetzungen, sind bei den hohen Kraftspitzen Fehlbelastungen und Verletzungen zwangsläufig, so dass die technisch weniger anspruchsvollen Sprungläufe als das geeignetere Trainingsmittel erscheinen.

²²⁵ Bei Mehrfachsprüngen ergibt sich der vertikale Auftreffimpuls über Masse (m), Fallhöhe (h), und Auftreffwinkel-Faktor ($\sin \alpha$) und Erdbeschleunigung (g), der horizontale Auftreffimpuls aus Masse (m), Horizontalgeschwindigkeit (v) und Auftreffwinkel-Faktor ($\cos \alpha$). Beide können zum Gesamt-Auftreffimpuls addiert werden (vgl. Maximalwerte in Tab. 9.4).

²²⁶ So eine Beugung kann aufgrund der seitlichen Instabilität beim einbeinigen Aufsprung oder aufgrund einer Überlastung und dadurch ausgelösten hemmenden (inhibitorischen) Reflexen zustande kommen (vgl. Schmidtbleicher, 1994, S. 348). Bei beidbeinigen Sprüngen ist die Landestabilität ungleich größer, so dass bei geringer Hemmung der Schlageffekt voll wirksam werden kann. Das erklärt, warum beidbeinige Sprünge trotz des halbierten Auftreffimpulses einen hohen Trainingseffekt haben.

²²⁷ Der Schwungelemente-Impuls ist nur indirekt zu bestimmen. Siehe Dapena (1982-1997) und Prause (1991, S. 82).

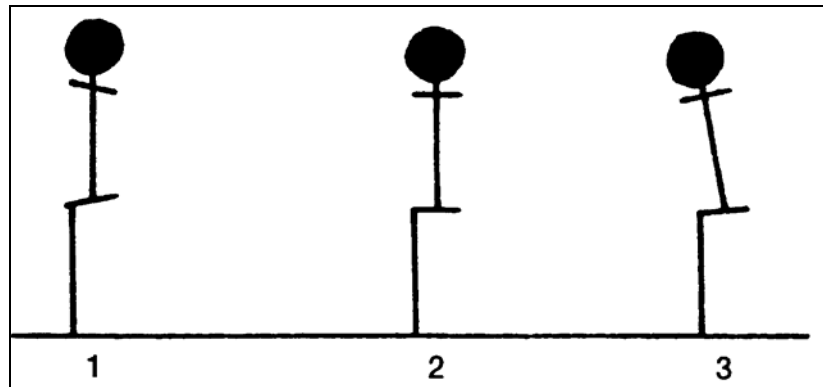


Abb. 9.4 Schulter- und Beckenachse am Absprungende bei Flop (1), Schersprung (2) und Horizontalsprung (3)

Eine dritte Besonderheit betrifft die Fußgelenkssprünge, die bezüglich Sprungauslage, langem Absprungkontakt, geringem Aufrichtwinkel und im Vergleich zu den Mehrfachsprüngen geringen Kraftspitzen erheblich aus dem Rahmen zu fallen scheinen. Sicher ist es zutreffend, dass die Fußgelenkssprünge wegen dieser Abweichungen einen allgemeineren Charakter aufweisen, doch sind sie in der Rangfolge der Spezifik durchaus am richtigen Ende platziert. Daher fehlen zu den Mehrfachsprüngen einige Zwischenformen, bei denen die Spezifik des Absprungs entsprechend größer ist. An anderer Stelle haben wir zwischen den Sprungläufen mit Weitenmaximierung („große Sprünge“) und den höhenorientierten Fußgelenkssprüngen („kleine Sprünge“) die sogenannten „mittleren Sprünge“ eingeführt, bei denen gleichermaßen eine Höhen- und eine Weitenorientierung erfolgt (vgl. Killing, 1992a, 9). Bei diesen Sprüngen lägen die Untersuchungsparameter vermutlich in der Mitte zwischen Mehrfach- und Fußgelenkssprüngen, so dass sie die Kette der Spezifik schließen würden.

9.4.4 Entwicklung von Spezifitätskriterien

Möchte man einen optimalen Transfer von der Trainings- auf die Wettkampfübung erzielen, ist eine enge Verwandtschaft der Bewegungsprogramme in funktionell-anatomischer, kinematischer und dynamischer Hinsicht erforderlich (Grosser u.a., 2001, S. 79). In Tabelle 9.6 haben wir versucht, gemäß den Untersuchungsergebnissen eine Rangfolge der verschiedenen Sprungformen bezüglich ihrer Spezifik für den Hochsprung aufzustellen. Dabei haben wir neun Kriterien ausgewählt, anhand derer die Spezifik der Übungen im Bezug zur Zieltechnik „Flop aus dem Wettkampf-Anlauf“ geprüft wird. Auf diese Weise können einerseits Qualitätsstufen der Spezifik aufgestellt werden (Kriterium erfüllt oder nicht), andererseits sind ordinalskalierte Abstufungen innerhalb eines Kriteriums (weitgehende, teilweise oder keine Übereinstimmung) bzw. in der Summe der Kriterien (vier Kriterien erfüllt, fünf nicht) möglich. Schließlich können auch die Kriterien rangiert werden. Bezüglich der in Tabelle 9.6 links angeordneten Kriterien weisen nur wenige Sprung-

formen eine Übereinstimmung mit der Zieltechnik auf, dagegen genügen beinahe alle Sprungformen den Kriterien rechts in der Tabelle. Entsprechend kann man die links angeordneten Kriterien als für den Hochsprung hochspezifisch bzw. spezifisch im engeren Sinn bezeichnen. Abschließend sei darauf verwiesen, dass die Spezifik der einzelnen Übungen durch besondere Ausführungsumstände variiert werden kann. So wird die Spezifik bei Sprüngen bergauf, mit Zusatzgewichten oder auf weichem Untergrund abnehmen (vgl. Killing & Riepl, 1997).

Tab. 9.6: Spezifik einzelner Sprungformen für den Hochsprungabsprung

Kriterium	Innenlage/Aufrichten/Einrollen lateraler Bremsstoß	Sprungaus- bzw. Rücklage horizont. Bremsstoß	Kontaktzeit	horizontale Eingangsgeschwindigkeit	Anlauf-Absprunghorizont	Einsatz der Schwungelemente	vertikaler Kraftstoß	Aufrichtwinkel	Einbeinabsprung
Sprungform									
Flop normaler Anlauf	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Flop-Halbkreis-Anlauf	+++	+	++	++	++	++	++	++	++
Flop kurzer Anlauf	++	++	+	+	++	++	++	++	++
Scherspr. Flop-Anlauf	+	++	+	+	++	+	++	++	++
Hockspr. geradl. Anl.	0	++	+	+	++	+	++	++	++
Steigespr. v.d. Latte	+	++	+	+	++	+	++	++	++
Steigesprung in Serie	0	+	+	+	++	+	++	++	++
Sprunglauf „groß“	0	0	+	+	0	0	+++	++	++
Hopsprungserie „groß“	-	0	0	+	0	0	+++	++	++
Mehrfachspr. „mittel“	0	0	0	0	0	0	++	+	++
Fußgelenkssprünge	0	0	0	0	0	0	+	0	++
Hopserlauf	0	0	0	0	0	+	0	0	+
beidbeinige Sprünge	0	0	++	0	0	0	++	0	0
++ = weitgehende Übereinstimmung mit Zieltechnik, + = Ähnlichkeit mit Zieltechnik 0 = keine bzw. geringe Übereinstimmung, - = gegenteiliger Effekt, +++ = Effekt oberhalb der Zieltechnik									

Wenn die Beobachtung, dass bessere Springer länger steigen, auch richtig ist, so bedeutet das nicht, dass schlechtere Springer nur länger zu steigen brauchen, um besser bzw. höher

zu springen. Vielmehr müssen sie alle leistungsrelevanten Faktoren im richtigen Verhältnis zueinander entwickeln. Die Untersuchungsergebnisse verdeutlichen, dass bei einem Großteil der bisher sogenannten speziellen Sprungübungen, nämlich den Steigesprüngen, die Komplexität des Flopsprungs um die laterale Dimension bzw. die Aufricht-Kippbewegung reduziert wird. Unterbleibt beim Flopabsprung das Aufrichten aus der Innenlage oder fällt es zu gering aus, ist der laterale Rotationsimpuls zu gering und es kommt zu einer unfreiwilligen Sitz- bzw. Bückhaltung über der Latte (Killing, 1997b).

Bei allen Steigesprüngen, den Horizontal- und den Fußgelenkssprüngen werden die Rotationen zugunsten eines maximalen Streckimpulses unterdrückt. Daher sind diese Übungen nicht geeignet, das Zusammenspiel der verschiedenen Kräfte im Absprung zu trainieren. Sie entwickeln zwar die spezielle Sprungkraft, bedürfen aber zur sinnvollen Einarbeitung in die Zieltechnik der Ergänzung durch weitere bzw. spezifischere Übungen. Das sind vorwiegend Sprünge über die Latte, bei denen kinematische und dynamische Werte weit mehr mit denen der Zieltechnik übereinstimmen als bei allen anderen Sprungformen. Daher sind nur Sprünge aus dem Kurvenlauf und über die Latte als spezifisches Sprungtraining im engeren Sinne bzw. als hochspezifisch für den Hochsprung zu bezeichnen²²⁸.

Eine ähnliche Auffassung von der techniknahen Sprungarbeit bestand in der ehemaligen DDR. Dort wurden ausschließlich Sprünge über die Latte mit dem Terminus „spezielle Sprünge“ bezeichnet (vgl. Bothmischel & Prause, 1989, S. 34). Folgerichtig entwickelte Drechsler (1987) den sogenannten Achterttest²²⁹. Die schon aufgezeigten Schwächen dieses Hochsprungmehrkampfes (Übergewicht von kraftbetonten Sprungtechniken, Gefahr des Negativtransfers auf den Flopabsprung) haben uns zur Entwicklung eines floggemäßen Hochsprungmehrkampfes, dem sogenannten 5+1-Test angeregt (siehe Killing, 1997a, S. 16).

²²⁸ Eigene Messungen ergaben, dass bei Hochsprüngen über die Latte die Steigeleistung (> 20 cm) und damit der Vertikalimpuls wesentlich höher als bei Steigesprüngen im Test ausfallen.

²²⁹ Im Achterttest versucht jeder Athlet in acht verschiedenen Hochsprungübungen (Flop, Schere, Hocke, Straddle mit dem linken und dem rechten Bein) in einem Wettkampf gegen sich selber (und gegen andere) jeweils möglichst große Höhen zu erreichen. Die Besthöhen in allen Sprungformen werden addiert und ergeben einen Parameter für die spezielle Sprungleistungsfähigkeit des Athleten. Anhand statistischer Auswertungen vieler Athleten wurden für die einzelnen Altersstufen bzw. Leistungsklassen Normwerte zur Orientierung entwickelt. Thiess & Beilschmidt (2000, S. 12) weisen auf einen weiteren Aspekt des 8er-Tests hin, nämlich den verschärften Wettkampfaspekt. Der Athlet hatte in jeder Sprungform pro Höhe nur einen Versuch, riss er die Latte, durfte er in dieser Technik keine weiteren Höhen versuchen. Dadurch sollte die Konzentration auf den ersten Versuch vergrößert werden.

9.5 Forschungsperspektiven

Die Untersuchung der einschlägigen Sprungübungen für den Hochsprung erbrachte trotz einfachen Instrumentariums wichtige Ergebnisse und Differenzierungen, die weitergehende Untersuchungen und Erörterungen nahe legen. Zunächst erscheint es sinnvoll, die Untersuchung an anderen Athleten mit einer dreidimensionalen Analyse zu wiederholen, um

- die nur grob erhobenen Winkelmesswerte zu bestätigen bzw. zu präzisieren
- die horizontalen Ein- und Ausgangsgeschwindigkeiten zu messen und zu vergleichen
- die vertikalen Abfluggeschwindigkeiten bzw. die Flughöhen zu bestimmen

In Zusammenhang mit den dynamometrischen Messdaten könnten nicht nur die hier dargestellten Messwerte und Rangfolgen angereichert, präzisiert und überprüft werden, sondern es könnte auch die Hypothese geprüft werden, ob und inwieweit die Kombination von Anlaufgeschwindigkeit und Sprungauslage bei den Horizontalsprüngen ähnliche plyometrische Effekte wie die Fallhöhe bei Tiefsprüngen erzeugt. Schon die vorliegende Untersuchung bietet (qualitative) Ansätze zur Erforschung des Zusammenhangs von kinematischen und dynamischen Parametern, die eine Integration letzterer in die Leistungsdiagnostik möglich erscheinen lassen. Hier ist zunächst ein Extremgruppenvergleich angebracht, bei dem einzelne leistungsbestimmende Parameter (Gewicht, horizontale und vertikale Eingangsgeschwindigkeit, Sprungauslage, Schwungelementeeinsatz) gezielt und erheblich variiert werden. Damit könnte letztendlich ein Beitrag zur Modellierung des einbeinigen Absprungs geleistet werden.

Dabei hilfreich wäre eine Systematisierung der Sprünge (vgl. Schütze, 1998, S. 15). Tabelle 9.7 verdeutlicht, dass dazu ganz unterschiedliche Dimensionen des Springens mit jeweils eigenen Kontinua erfasst werden müssen. Sicherlich lassen sich einzelne Kategorien zusammenfassen bzw. Hauptsprungformen ermitteln. Doch erscheinen die Verdichtungsmöglichkeiten begrenzt, da physiologische und dynamometrische Aspekte noch gar nicht berücksichtigt worden sind.

Tab. 9.7: Gliederungskriterien der Sprünge (in Klammern Variationsmöglichkeiten)

Beteiligte Beine:

- einbeiniger Absprung
- beidbeiniger Absprung
- Mischformen (z.B. Hopserlauf)

Eingangsbedingungen des Absprungs

- aus dem Stand
- mit Anhüpfer (klein, mittel, groß, mehrere)
- nach Anlauf (Kontinuum der Anlaufgeschwindigkeit)
- nach Tiefsprung (Kontinuum der Höhe bzw. Fallgeschwindigkeit)
- nach vorherigem Sprung in einer Serie (Kontinuum aus vertikal und horiz. Geschw.)
- nach Anfahrt (Kontinuum der Geschwindigkeit)

Verlauf des Absprungs

- Rück-Vorlagewinkel zu Absprungbeginn, -mitte und -ende (Kontinuum)
- Innen-Außenlagewinkel zu Absprungbeginn, -mitte und -ende (Kontinuum)
- Absprungdauer (Kontinuum)
- Amortisation bzw. Kniewinkeländerung (Kontinuum)
- ohne Armeinsatz, ein- oder beidarmige Unterstützung (Varianten)
- ohne bzw. mit Schwungbeineinsatz (Gelenkwinkel-Kontinuum)

Absprungsrichtung

- primär vertikal (Abflugwinkel-Kontinuum)
- primär horizontal (Abflugwinkel-Kontinuum)
- Sonderformen (Tiefsprung, seitlicher Sprung, Drehsprung, Rückwärtssprung)

Absprungintensität

- maximaler vs. submaximaler Absprung (Kraftimpuls, Kontinuum)
- niedrige Intensität (Koordinationsschulung)

Flugverhalten

- Absprungposition zunächst fixierend
- Techniknahes Flugverhalten
- andere Bewegungsvorschrift (z.B. Obenorientierung)
- beliebig

Erschwernisse/Erleichterungen

- bergauf bzw. bergab (Kontinuum der Steigung)
- Zusatzgewicht bzw. Gewichtsentlastung (Kontinuum)
- Fester, weicher, harter oder federnder Untergrund (Kontinuum)

Sprungzahl in Folge

- einer bis viele Sprünge (Anzahl)
- ohne bzw. mit Zwischenlaufschritten (Schrittzahl)

Diese Thematiken, aber auch einzelne unbefriedigende Ergebnisse unserer Untersuchungen legen eine verstärkte Zuwendung der biomechanischen Forschung zu den einschlägigen Sprungformen (zulasten unspezifischer beidbeiniger Sprünge) nahe. Bei Untersuchungen an Kaderhochspringern (n = 40) konnten wir trotz heterogenem Leistungs-

spektrum (BL 2,00 bis 2,32 m) keine Korrelation zwischen den Ergebnissen von beidbeinigen Squat- und Dropjumps²³⁰ einerseits und der Hochsprungleistung andererseits feststellen. Ähnlich geringe Zusammenhänge ermittelten H. Letzelter (1983, S. 410) zwischen Hochsprungleistung und Sprunggürteltest bzw. Coppenolle u.a. (1983, S. 180) zwischen Hochsprungleistung und Jump-and-Reach-Leistung. Erhebliche Unterschiede zwischen beidbeinigen Testsprüngen und einbeinigem Hochsprung (mit hoher Anlaufgeschwindigkeit und Schwungelemente-Unterstützung) können den fehlenden Zusammenhang zur Zielgröße erläutern. Diese Tests sind nicht kriterienbezogen valide, da sie keine leistungsdifferenzierende Fähigkeit bei der untersuchten Gruppe messen.

Grosser u.a. (2001, S. 79) fordern, dass über biomechanische Messungen eine hohe Übereinstimmung von Trainings- und Wettkampfübungen sichergestellt werden müsse. Prause (1991, S. 109) mahnt schon zehn Jahre zuvor biomechanische Messplätze zur objektiven Unterstützung des Trainers an (siehe auch Ballreich & Preiss, 2000). Wenn die Zielbewegung der einbeinige Absprung ist, müssen im Sinne zunehmender Spezifizierung des Trainings auch vermehrt Einbeinsprünge trainiert und analysiert werden. Dass entspräche den Ergebnissen von Müller & Kibele (1995, S. 198), wonach die einbeinigen Explosivwerte wesentlich besser durch Einbeintraining entwickelt werden.

Parallel dazu muss die Überprüfung der Sprungkraftentwicklung problematisiert werden. Denn bisher wird die zentrale Kategorie des Hochsprungtrainings, die Steigeleistung, nur selten und dann im komplexen Zusammenhang (Analyse der Hochsprungleistung mittels der aufwändigen 3-D-Methodik, s.o.) getestet. Mit zwei oder drei Testergebnissen pro Jahr ist eine fortlaufende Kontrolle und Steuerung des Trainings nicht möglich.

Eine weniger aufwändige Möglichkeit, den Leistungsfortschritt in der speziellen Sprungkraft zu messen, ist der Steigesprungtest. Dabei versucht der Proband, mittels einbeinigen Absprungs aus beliebigem Anlauf den KSP möglichst hoch anzuheben. Die Steigehöhe kann mittels der 3-D-Analyse, aber auch durch die Reichhöhendifferenz im Stand und im Sprung oder durch die Flugzeitmessung mittels Kontaktmatten bei Absprung und Landung²³¹ ermittelt werden. Bei Untersuchungen an männlichen Kaderathleten (n = 46; BL 2,00-2,30 m) setzten wir bisher die beiden letzteren, technisch weniger aufwändigen Ver-

²³⁰ Squat- und Dropjump sind in anderen Sportarten (Bobfahren, Gewichtheben, leichtathletische Würfe) durchaus bewährte Testübungen. Wenn die Dropjump- die Squatjump-Leistung nur unwesentlich übertrifft, ist die Reaktivkraft schlecht entwickelt und muss gezielt trainiert werden, liegt der Zuwachs dagegen bei 10 oder gar 20 %, ist die Reaktivkraft gut entwickelt. Dann sollte zunächst als Basis die Explosivkraft trainiert und anschließend das Reaktivkraftvermögen auf neuem Niveau angepasst werden (siehe Schmidtbleicher, 1985).

²³¹ Einen ähnlichen Test verwendete Ritzdorf (1987, S. 208f), um verschiedene Formen der optimalen Wettkampfvorbereitung anhand eines wettkampfnahen Tests zu bestimmen.

fahren ein. Dabei ermittelten wir eine signifikante Korrelation der Steigehöhe zur Hochsprungleistung ($r^2 = 0.46$)²³².

Die Steigehöhe kann auch durch das sogenannte Optojump-System bestimmt werden. Dieses Meßsystem besteht aus zwei beliebig langen gegenüberliegenden Bodenschienen, in die alle 3 bis 5 cm Lichtschranken eingebaut sind. Der Fußaufsatz löst das Meßsystem aus und ermöglicht die Bestimmung folgender Parameter:

- die Sprungweiten
- die Flugzeiten und damit die Sprunghöhen
- die Kontaktzeiten
- die Horizontalgeschwindigkeit (mit Einschränkungen)

Damit können die für die Sprungdisziplinen so wichtigen Steigesprünge bzw. – bei ausreichender Länge der Messschiene (> 30 m, ideal 60 m) – gleich ganze Serien von Sprüngen in ihren wichtigen Dimensionen erfasst werden. So verspricht das Optojump-System, das oben aufgezeigte Defizit in der hochsprungspezifischen Leistungsdiagnostik überwinden zu helfen.

²³² Vergleichbare Ergebnisse fanden Coppenolle u.a. (1983, S. 180), sie ermittelten zwischen der Hochsprungleistung und Steigesprüngen Korrelationskoeffizienten von 0,45. Ursächlich für die nur mittleren Korrelationen kann die im Vergleich zum normalen Hochsprung deutlich geringere Steigehöhe sein, die wir auf die geringere Anlaufgeschwindigkeit, die fehlende Innenlage (geringere KSP-Absenkung) und auf die vermutlich geringere Motivation im Test zurückführten. Diese Mängel wirken sich nachteilig auf die Gütekriterien, insbesondere die Validität und Reliabilität aus.

10 Zur Entwicklung des Hochsprungtrainings

Training verstanden als Vorbereitung auf Wettkämpfe zielt auf die Leistungsoptimierung bzw. auf eine Anpassung des Sportlers in Richtung einer höheren Leistung. Auf das Üben der Wettkampftechnik beschränkt stößt Training bald an Grenzen der Leistungsentwicklung. Mithilfe geeigneter zeitintensiver Trainingsprozesse erreicht man verzögerte, dafür aber auch größere und langanhaltende Trainingseffekte. Dazu versucht man Teilkomponenten der komplexen Wettkampfleistung zu ermitteln, sie über bestimmte Zeiträume mit angemessenen Trainingsmethoden zu entwickeln und wieder zur Gesamtleistung auf höherem Niveau zusammenzufügen. Mit zunehmendem Leistungsstand wird dieser Prozess aufwändiger, bis hin zu mehrjährigen, komplexen Verfahren der Trainingssteuerung im Hochleistungsbereich. Nachfolgend möchten wir diesen Prozess für den Hochsprung aufgrund der Analyse von Trainingskonzepten und -dokumenten untersuchen.

Die Hoffnung, dazu auf schon vorliegende ähnlich angelegte Untersuchungen oder zumindest auf ein bewährtes Auswertungsraster zurückgreifen zu können, wird jedoch nicht erfüllt. Denn innerhalb der (deutschen) Sportwissenschaft verlor man in den vergangenen Jahrzehnten die Analyse, Bewertung und Optimierung des komplexen Trainingsprozesses als Arbeitsschwerpunkt aus den Augen. Letzelter konstatierte schon 1991:

„Welche Auffassungen die früheren Erfolgstrainer vertreten haben, kann man bei Nett²³³ (1969) und M. Letzelter (1975) nachlesen.“ (Letzelter & Siebertz, 1991, S. 45)

Auch in den Jahren danach hat keine umfassende Aufarbeitung des Trainings stattgefunden. Eine Durchsicht der relevanten Fachzeitschriften „Leistungssport“ und „Sportwissenschaft“ zeigt, dass lang- und selbst mittelfristige Untersuchungszeiträume selten Gegenstand sportwissenschaftlicher Betrachtung sind. Hierfür mag die gängige Forschungspraxis ursächlich sein, nach der wissenschaftliche Untersuchungen, häufig Qualifikationsarbeiten, unter zeitlichem Druck nur eng bemessene Untersuchungszeiträume zulassen. Homann, Lames & Letzelter (2002, S. 28) nennen als weiteren Grund für die Abwendung der Sportwissenschaftler von der Untersuchung des Trainings, dass man sich dazu „in die wissenschaftlich weniger angesehenen Niederungen von Feldforschung und Evaluationsforschung begeben“ müsse, statt sich wie bei der Untersuchung einzelner Leistungsvoraussetzungen „auf anerkannte Vorgehensweisen der Basiswissenschaften berufen“ zu kön-

²³³ Toni Nett (u.a. 1964) referierte als Redakteur der „Lehre der Leichtathletik“ und als Verbandssportlehrer für die Lehrarbeit die Trainingsauffassungen internationaler Experten und gab damit einen Einblick in die Bandbreite des Hochleistungstrainings.

nen²³⁴. Bemerkenswert ist hier das Fazit von Krug, Carl & Starischka (2001, S. 6), dass trotz deutlich verbesserter diagnostischer Verfahren die Trainingsmethoden in den vergangenen Jahren keine Weiterentwicklung erfahren haben.

Damit vernachlässigen die Trainingswissenschaftler fortgesetzt ihr zentrales Betätigungsfeld, eben die Trainingsplanung und belassen sie in den Händen der „Praktiker“. So finden sich Trainingsplanungen und -protokollierungen primär in praxisnahen Publikationen wie der Zeitschrift *LeichtathletikTraining* bzw. der Lehre der Leichtathletik. Der wissenschaftliche Zugriff im Sinne

- erprobter Erhebungs-, Auswertungs- und Interpretationsinstrumente
- des Vergleichs verschiedener Trainingskonzepte
- einer Abstraktion zu Gesetzmäßigkeiten des Trainings

unterbleibt entsprechend dem Charakter der Publikationen weitgehend. Im vorliegenden Kapitel soll versucht werden, diese Defizite für den Hochsprung abzubauen. Da entsprechende Auswertungen fehlen, erscheint die Evaluationsforschung, welche über die Verdichtung von Erfahrungen und Einzelerkenntnissen auf einen induktiven Erkenntnisgewinn zielt, als geeignete Untersuchungsform (Homann, Lames & Letzelter, 2002, S. 35).

Auf der Basis vorab zu entwickelnder Fragestellungen wird zunächst das Hochsprungtraining bis ca. 1987 anhand von Quellen- bzw. Literaturstudien nachgezeichnet und diskutiert. Darauf aufbauend wird das Training von nationalen und internationalen Spitzenathleten bis hin zum Hochsprung-Weltmeister 2001 durch eigene Befragungen und Trainingsprotokollauswertungen analysiert²³⁵. Über den Vergleich und die Bewertung dieser Materialien versuchen wir, einerseits Qualitätskriterien und Entwicklungstrends des modernen Hochsprungtrainings zu erstellen.

²³⁴ Dass die in knapp bemessenen Untersuchungszeiträumen ermittelten Ergebnisse nur bedingt auf den langfristigen Trainingsprozess übertragbar sind, kann hier nur angemerkt werden. Mancherlei signifikante, z.T. spektakuläre Verbesserungen anhand konkreter Stimuli in einzelnen Untersuchungen erreichten die Praxis nicht, z.B. die große Steigerung der Diskusweite allein durch die objektive Abflugwinkelkorrektur (Ballreich & Ballreich, 1996, S. 103f), die erhebliche Verbesserung der Sprintleistung ausschließlich durch das Training der ischiocruralen Muskulatur (Wiemann, 1986, S. 30) oder durch den Einsatz eines neuen Kraftgerätes (Bruckmann, 1996), die Steigerung der Weit-/Dreisprungleistung durch die Benutzung eines pneumatischen Bodenbelags (Popow & Ljach, 2001). Kritische Erwähnung fanden schon zuvor die Untersuchungen und Ergebnisse zum Hochsprung von Geese (2000, Favorisierung des Doppelarmschwungs) und Tihanyi u.a. (1983, Leistungssteigerung durch dichotome Trainingsregimes).

²³⁵ Angesichts der Involviertheit des Autors als Trainer in das Untersuchungsfeld, also auch in den Prozess der Trainingsplanung und -steuerung, sind direkte Rückkopplungen nicht auszuschließen, so dass die Untersuchung Charakteristika der Aktionsforschung beinhaltet (Friedrichs, 1980, S. 370f).

10.1 Literaturdiskussion

Um die Trainingsmaterialien gezielt zu analysieren, sollen in einem ersten Schritt die Teilkomponenten der Hochsprungleistung, zuvor wurde von den leistungsbestimmenden Einflussgrößen gesprochen, sportmotorisch zugeordnet werden. Von den drei Teilhöhen des Hochsprungs ist die KSP-Höhe im Stand trainingsindifferent, d.h. durch Training nicht wesentlich zu beeinflussen. Als trainingsintensive Teilhöhen bleiben Steigehöhe und Lattenüberhöhung. Dabei hat die Steigehöhe aufgrund ihres größeren Absolutbetrages, aber auch wegen ihrer engen Korrelation zur Hochsprungleistung größere Bedeutung. Sie ist das Ergebnis insbesondere der speziellen Sprungkraft, man kann beide Begriffe in diesem Zusammenhang beinahe synonym verwenden²³⁶. Kinematisch gesehen ist die Steigehöhe/spezielle Sprungkraft Ergebnis der Beschleunigungsvorgänge im Absprung, deren Elemente der (große) vertikale Beschleunigungsweg und die (geringe) Kontaktzeit sowie mittelbar eine (große) Auftreffgeschwindigkeit sind. Eine effektive Lattenpassage ist das Ergebnis vieler im Absprung erzeugter Einflusskomponenten (u.a. Rotationen, Flugrichtung und -geschwindigkeit, Hüftüberstreckung), nach dem Absprung sind spezielle Gewandtheit und Beweglichkeit die Haupteinflussgrößen. Nachfolgend sollen diese Fähigkeiten und Fertigkeiten sportmotorisch zugeordnet und entsprechende Methoden ihrer Entwicklung gesucht werden.

10.1.1 Relevante sportmotorische Grundeigenschaften

Systematisch gesehen ist die Sprungkraft (neben Sprint- und Wurfkraft) ein Teilbereich der Schnellkraft, die wiederum als Teilbereich der Kraft verstanden bzw. zwischen Kraft und Schnelligkeit angesiedelt wird (siehe Abb. 10.1). Die zweifache Zuordnung weist schon darauf hin, dass Schnellkraft kaum eindeutig zu definieren ist. Martin (1979) spricht von der „verbalen Vermengung verschiedener Komponenten“ in einem Begriff, also von Schnelligkeit, Maximalkraft, Technik und Willenskraft.

Bewegungsschnelligkeit	Schnellkraft		Maximalkraft
Sprintkraft	horizontale Sprungkraft	vertikale Sprungkraft	Wurfkraft

Abb. 10.1 Einordnung der Schnellkraft und ihrer Unterformen
(nach Letzelter & Letzelter, 1986, S. 95)

²³⁶ Letzelter (1997, S. 7) weist darauf hin, dass die Sprungkraft durchaus in cm ausgewiesen werden kann.

Anderen Definitionen²³⁷ nahestehend verstehen wir Schnellkraft als das Vermögen, auf ein Beschleunigungsobjekt, sei es der eigene Körper oder ein Sportgerät, einen möglichst großen Kraftstoß in kurzer, sportartdefinierter Zeit übertragen zu können. Schnellkraft, wie alle Kraftleistungen, wird durch die Kontraktion der Muskelfaserzellen erzeugt. Je mehr Muskelfasern umso schneller kontrahieren, desto höher ist die Schnellkraft. Für eine hohe Schnellkraftleistung ist daher ein großer Muskelquerschnitt mit einem hohen Anteil an schnell zuckenden Muskelfasern erforderlich.

Die Sprungkraft lässt sich analog der Schnellkraftdefinition als der in einer gegebenen Stützzeit (Absprungdauer) erzielte vertikale Kraftstoß der unteren Extremitäten definieren (Hutt, 1992). Insbesondere bei Sprüngen aus hohen Anlaufgeschwindigkeiten oder aus Abwärtsbewegungen (alle Steige-, Mehrfach- und Tiefsprünge) sind neben Maximal- und Schnellkraft die reaktiven Kraftfähigkeiten der beteiligten Muskelgruppen²³⁸ und die elastischen Komponenten der Muskeln und Sehnen bedeutsam und steigern die Leistungsabgabe. Zudem wirken bei Steigesprüngen die Anlaufgeschwindigkeit über den Auftreffimpuls und der Schwungelementeeinsatz über die Impulskopplung indirekt auf den vertikalen Beschleunigungsstoß ein.

Die vielen, in kurzer Zeit wirkenden Einflusskomponenten weisen auf die komplexen technomotorischen Anforderungen, aber auch auf die Bedeutung der Reaktions- und azyklischen Schnelligkeit für die Realisierung einer großen Steigehöhe hin. Je kürzer (schneller) der Absprung erfolgt, umso größer ist – statistisch betrachtet – die Sprungleistung. Nicht nur im Absprung (als azyklische), sondern auch bei der Lattenpassage (Reaktions-) und für die Geschwindigkeitsentwicklung im Anlauf (zyklische Schnelligkeit) spielt die Bewegungsschnelligkeit eine Rolle. So ist eine Verbesserung der Anlaufgeschwindigkeit ein ausdrückliches Trainingsziel im Hochsprungtraining (Tancic, 1985b). Da die Anlaufänge vergleichsweise kurz, die Endgeschwindigkeit mit 6-8 m/s und auch die Beschleunigung nur submaximal ausfallen, geht es primär um die reine Lauf-schnelligkeit, die zuerst der Sprintkraft zuzurechnen ist. Diese stellt gemäß Abbildung 9.1 eine mehr der Schnelligkeit als der Kraft zuordbare Schnellkraftfähigkeit dar.

Wichtiger als die Entwicklung der maximalen Laufgeschwindigkeit erscheint die Optimierung der hochsprungspezifischen (An-) Lauftechnik. Gleich eine Vielzahl anspruchs-

²³⁷ Definitionen der Schnellkraft u.a. bei Ehlenz, Grosser & Zimmermann, 1983, S. 60; Letzelter & Letzelter, 1986, S. 84; Jonath, 1994; Schmidtbleicher, 1992, S. 531; Schnabel, Harre & Borde, 1994, S. 163; Pampus, 1995, S. 16; Grosser, Starischka & Zimmermann 2001, S. 43; Homann, Lames & Letzelter, 2002, S. 80.

²³⁸ Nach Schmidtbleicher (1994) ist die reaktive Kraft eine relativ eigenständige Kraftform, die neben der schnellen Kontraktionsfähigkeit auf den elastischen bzw. Spannungseigenschaften des aktiven Bewegungsapparates beruht (siehe zuletzt Brüggemann & Morey-Klapsing, 2003).

voller Bewegungsaufgaben müssen in kurzer Zeitfolge koordiniert werden²³⁹. Entsprechend hoch sind die technisch-koordinativen Anforderungen, so dass für ihre Verbesserung die Lerngesetzmäßigkeiten in den Vordergrund treten.

Flug und Lattenpassage wurden zuvor als hochkomplex und als primär technisch-koordinative Aufgabenstellungen dargestellt, die sportmotorisch auf Gewandtheit und Beweglichkeit zurückzuführen sind. Die Beweglichkeit nimmt eine Mittelstellung zwischen konditionellen und koordinativ-technischen Eigenschaften ein bzw. wird zu den konstitutionellen Leistungsvoraussetzungen gezählt. Sie beinhaltet die Fähigkeit, Bewegungen mit großer Amplitude (Schwingsweite) ausführen zu können. Sie setzt sich aus Gelenkigkeit (Knochen, Gelenke) und Dehnfähigkeit (Muskeln, Sehnen, Bänder) zusammen. Für die Lattenpassage im Flop sind dabei die Überstreckung von Hüftgelenk und Wirbelsäule bzw. die Dehnfähigkeit der Antagonisten relevant. Die Gewandtheit ist eine koordinative Fähigkeit, die aber auf konditionelle Voraussetzungen, hier die spezielle Kraft und Beweglichkeit der Rumpfmuskulatur, aufbaut. Entsprechend unterliegt die Steigerung der Gewandtheit gleichermaßen den konditionellen Anpassungsmechanismen wie den Lerngesetzmäßigkeiten.

10.1.2 Methoden der Leistungsentwicklung

Die Vorstellung der sportlich-biologischen Anpassung basierte über Jahrzehnte auf dem Superkompensationsmodell nach Jakovlev mit den Phasen Belastung, Durchbrechen der Homöostase, Ermüdung mit reduzierter Leistungsfähigkeit und überschießende Anpassung auf ein erhöhtes Ausgangsniveau (z.B. Stiehler, 1976). Die überschießende Anpassung kann für einzelne Beanspruchungsreaktionen nach je eigenen Zeitverläufen nachgewiesen werden, doch lassen sich nicht alle konditionellen Anpassungen mit diesem Modell erklären. Dadurch gerät das Superkompensationsmodell als universelles Erklärungsmuster trainingsbedingter Anpassungen in die Kritik (Schnabel, Harre & Borde, 1994, S. 65). Insbesondere die fehlende Differenzierung zwischen universeller Belastung und individueller Beanspruchung aufgrund je unterschiedlicher konsumptiver und struktureller Ressourcen führt zu einem Alternativmodell, die der Arbeitswissenschaft entlehnte Beanspruchungstheorie (Olivier, 2001, S. 443f). Für diesen neuen Ansatz fehlen aber bisher noch Operationalisierungen im Sinne konkreter Trainingsmethoden.

Aufgrund von Erfahrungen, z.T. auch durch einzelne Untersuchungen belegt, weiß man, dass für die Entwicklung der sportmotorischen Fähigkeiten bestimmte Trainingsmethoden besonders geeignet sind. Wegen der Mittelstellung von Sprung- und Sprintkraft zwischen den konditionellen Grundeigenschaften Kraft und Schnelligkeit kommen für ihre

²³⁹ Anspruchsvolle Elemente des Hochsprunganlaufes sind: das Treffen von Ablauf-, Zwischenmarke und Absprungposition, der Drucklauf, der Übergang zum Frequenzlauf und zum kurvenförmigen Anlaufteil, das Aufrichten aus Vor- und Innenlage und die Ausholbewegung der Arme bei geringem Geschwindigkeitsverlust.

Entwicklung aller Trainingsmethoden der Kraft- und Schnelligkeitsentwicklung in Frage (siehe Tab. 10.1).

Kinematisch gesehen bestehen bei den Übungen und Belastungsnormativen der Maximalkraftmethoden große Unterschiede zur Zielbewegung. Ihre Ausführung ist eher statisch (am Ort bzw. ohne horizontale Geschwindigkeitskomponente). Maximalkraftübungen können daher nur indirekt auf die spezielle Sprungkraft einwirken, Letzelter (1979, S. 156) spricht vom zweifachen Transformationsverlust bei der Umsetzung von Maximal- in Schnellkraft. Allenfalls bei den Negativ-Methoden (schnelle Kniebeuge, Sprünge mit Fremdgewicht) gibt es im zeitlich-dynamometrischen Verlauf der Bewegung Parallelen zur Zielübung.

Tab. 10.1: Methoden zur Entwicklung der Schnelligkeit und einzelner Kraftdimensionen (Quellen: Grosser u.a., 2001, S. 70f, Hohmann u.a. 2002, S. 66f, Schnabel u.a. 1994, S. 316f)

Konditioneller Bereich	Methoden (M.) (in Klammern Synonyme oder Anwendungsbeispiele)
Maximalkraft	Hypertrophie-M. (M. der erschöpfenden submaximalen Krafteinsätze) Bodybuilding-M. (M. zur totalen Muskelerschöpfung) Pyramidenmethode (Kombinations-M.) M. der explosiven Maximalkrafteinsätze (M. der intramuskulären Koordination) Schnelligkeitsorientierte Maximalkraft-M. (M. der erschöpfenden kontinuierlich-schnellen Krafteinsätze)
Schnellkraft	Schnellkraft-M. (M. der explosiv-ballistischen Krafteinsätze) Zeitkontrollierte Schnellkraft-M. Muskelleistungsmethode (M. der maximalen Kraftleistung) Kontrast-M. (Änderung der äußeren/inneren Widerstände) Negativ-M. (Schnelle Ausführung mit plötzlichem Abstoppen)
Reaktivkraft	Reaktive M. (Schlag-, plyometrische M., systematisch aufeinander aufbauende Sprungformen)
Schnelligkeit	Wiederholungs-M. (fliegende, alternierende bzw. supramaximale Sprints) Reaktionsschnelligkeits-M. (einfache bzw. komplexe M.) Aktionsschnelligkeits-M. (Einzelwiederholungen oder Serienm.)

Schnellkraft-, Reaktivkraft- und Schnelligkeitsmethoden beinhalten auch koordinativ-technische Anforderungen, die entsprechenden Übungen stimmen häufig in wichtigen Bewegungsmerkmalen mit der Zielübung überein, so die speziellen Sprungkraftübungen, wie sie in Kapitel 9 beschrieben wurden.

Zur Entwicklung der Dehnfähigkeit werden aktive und passive Methoden unterschieden, die jeweils statisch oder dynamisch durchzuführen sind (Tab. 10.2). Wiemeyer (2001,

S. 137) weist jedoch darauf hin, dass die gängigen Dehnmethode keine Längung des Muskel-Sehnen-Apparates bewirken, sondern nur über eine erhöhte Dehnspannungstoleranz die Dehnfähigkeit steigern. Zudem weist Knebel (1983, S. 105) auf den unphysiologischen, schädlichen Charakter klassischer Übungen zur Wirbelsäulenüberstreckung wie der Brücke hin. Insofern ist fraglich, ob die spezielle Dehnfähigkeit für den Hochsprung überhaupt ein vorrangiges Trainingsziel ist.

Die spezielle Gewandtheit wird primär über das Techniktraining und die spezifischen Sprungübungen entwickelt (siehe Kap. 9). Es ist zu prüfen, ob weitergehende Trainingsmittel zur Schulung der spez. Gewandtheit im Hochsprungtraining eingesetzt werden.

Tab. 10.2: Dehnmethode (nach Wiemeyer, 2001, S. 137)

aktiv		passiv	
statisch	dynamisch	statisch	dynamisch
<ul style="list-style-type: none"> • Antagonisten-Kontraktion (AK) • zähes Dehnen • SHRS, CR oder Entspannungs-Dehnen (AED) 	<ul style="list-style-type: none"> • Intermittierend • Rhythmisch • ballistisch 	<ul style="list-style-type: none"> • Stretching • zähes Dehnen 	<ul style="list-style-type: none"> • intermittierend • rhythmisch • ballistisch

Langfristige Trainingsplanung

Über die Übungsauswahl, die Belastungsmethode und -normative hinaus interessiert die langfristige Vorbereitung auf die Wettkämpfe. Dabei war der Begriff der Periodisierung von zentraler Bedeutung, der insbesondere von Matveev geprägt wurde. Wichtige Elemente sind:

- Ganz- und Mehrjährigkeit des Trainingsprozesses
- Unterteilung in Phasen der Aneignung, Stabilisierung und des zeitweisen Verlusts der sportlichen Form
- Gliederung des Jahres in Vorbereitungs-, Wettkampf- und Übergangsperiode
- Unterteilung in Makro-²⁴⁰, Meso- und Mikrozyklen

²⁴⁰ Der Begriff des Makrozyklus wird uneinheitlich verwandt. Bei der Mehrzahl der Autoren umfasst er einen kompletten Trainings- und Wettkampfzyklus (so bei Schnabel, Harre & Borde 1994, S. 427; Verchoshanskij, 1995, S. 128; Platanov, 1999, S. 187, Matveev, 2000, S. 50), der sich in die Perioden bzw. die Mesozyklen untergliedern lässt. Bei anderen Autoren wird er synonym mit dem Begriff des Mesozyklus verwandt und umfasst den Zeitraum von 3-6 Wochen (so bei Hohmann, Lames & Letzelter, 2002, S. 171, siehe auch Jonath, 1986, S. 177 und 182). Noch andere verwenden den Begriff des Makrozyklus mit dem Begriff der Trainingsperiode synonym (so Grosser, Starischka & Zimmermann, 2001, S. 26). Eine Vereinheitlichung ist wünschenswert.

- Regelmäßige Überprüfungen des Leistungsfortschritts am Ende der Mesozyklen
- Variation von Umfang und Intensität im Periodenverlauf
- Unterscheidung in Ein-, Zwei- oder Mehrfachperiodisierung

Bei einzelnen Kritiken und Nachbesserungsvorschlägen dominierte die Vorstellung der Periodisierung als Modellierung des Trainings im Jahresverlauf über mehrere Jahrzehnte die Trainingsplanung. Aufgrund der Kritik einzelner Autoren, insbesondere von Verchoshanskij (zuletzt 1998) gerät das Periodisierungsmodell jedoch unter Druck. Bemängelt werden die Missachtung neuerer biologischer Erkenntnisse bzw. biologischer Anpassungsprozesse, aber auch methodisch-methodologische Schwächen der Konzeption und die Nicht-Übereinstimmung mit der Sportwirklichkeit. Im Ergebnis wird das Periodisierungsmodell als ungeeignet abgelehnt.

Schnabel, Harre & Borde (1994, S. 431) stellen die Zyklisierung als Weiterentwicklung des Periodisierungskonzeptes dar. Grosser, Starischka & Zimmermann (2001, S. 25f) verwenden die Begriffe der Periodisierung und der Zyklisierung beinahe synonym. Hohmann, Lames & Letzelter (2002, S. 171f) verzichten ganz auf den Begriff der Periodisierung und sprechen stattdessen von

- dem wellenförmigen Verlauf der Leistungsentwicklung
- der Blockstruktur des Trainings
- der Zyklisierung der Trainingsprozesse

Eine vollständige Ablösung des Periodisierungskonzeptes ist jedoch nicht erfolgt. Wenn auf der abstrakten Ebene noch um das richtige Modell gerungen wird, favorisieren für die Schnellkraft eine Reihe von Autoren²⁴¹ – bei Nuancen im Detail – folgendes Trainingsregime für ihre optimale Entwicklung:

1. Phase Hypertrophietraining
2. Phase Maximalkrafttraining, intramuskuläre Koordination
3. Phase Schnellkrafttraining, intermuskuläre Koordination

Ähnlich den Krafttrainingsmethoden zuvor zielt auch diese Dreistufung primär auf die konditionelle Entwicklung, technomotorische Aspekte werden allenfalls in der dritten Phase berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass für die technische Vorbereitung auf die Wettkämpfe eine weitere, vierte Phase anzuhängen ist.

Schlumberger & Schmidtbleicher (2001, S. 50) weisen darauf hin, dass Maximalkraft und max. Bewegungsschnelligkeit bis zu 21 Tage nach der letzten intensiven Belastung ansteigen können. Sie empfehlen für diesen Zeitraum einen techniknahen Trainingsblock.

²⁴¹ So bei Ehlers, Grosser & Zimmermann (1983, S. 128), Schmidtbleicher (1994), Pampus (1995, S. 71f), Weineck (1996, S. 92), Grosser u.a. (2001, S. 83), Güllich & Schmidtbleicher (2001, S. 36).

Weniger eindeutig sind die Trainingsempfehlungen zur Schnelligkeitsentwicklung. Dort, wo die Schnelligkeitsleistungen eng an energetische Prozesse bzw. das Schnellkraftniveau geknüpft sind, z.B. bei der Sprung- und Laufschnelligkeit, werden Trainingsregimes ähnlich dem vorgenannten favorisiert. So empfehlen Adamczewski & Dickwach, 1991, S. 113) zur Anlaufschnelligkeitsentwicklung zunächst (aVP) Bergauf- und Widerstandsläufe, später (sVP, WP) Frequenz- und Bergabläufe auszuführen (ähnlich Grosser, 1991, S. 160f). Dort, wo die Schnelligkeit primär informell bzw. neurophysiologisch entwickelt werden soll, z.B. bei der Verkürzung der Zeitprogramme für den Absprung, werden technikahe Trainingsregimes mit der Wiederholungsmethode bei erleichterten Bedingungen bzw. ohne Ermüdungssumation favorisiert (z.B. Bauersfeld & Voss, 1992, S. 44f).

Für die Beweglichkeit werden keine langfristigen Trainingsregimes im Sinne einer Modellierung im Saisonverlauf vorgeschlagen, stattdessen wird ein ganzjähriges, weitgehend gleichförmiges Dehnen nahegelegt (z.B. Hohmann, Lames & Letzelter, 2002, S. 97).

Trainingssteuerung

Angelehnt an die Kybernetik wird das Training als Regelkreis verstanden, in dem über Ist-Soll-Vergleiche betreffs sensibler Parameter Rückmeldungen über den Trainingserfolg auftreten, so dass gegebenenfalls Änderungen der Trainingsplanung erfolgen können. Entsprechende Kontrolldaten werden mittels der Leistungsdiagnostik erhoben. Dies können einfache Tests oder eine komplexe Leistungsdiagnostik (KLD) sein. Schon weiter oben wurde die Ermittlung geeigneter, signifikanter Tests für den Hochsprung als problematisch herausgestellt, da es vielen Tests an der nötigen Validität und Vorhersagekraft für die Hochsprungleistung mangelt.

10.1.3 Entwicklung von Untersuchungsfragestellungen

Für die Analyse der Trainingskonzeptionen sind neben den eingesetzten Methoden und Periodisierungsformen die konkreten Übungsformen und die jeweiligen Belastungsnormative von Interesse, wobei dem Belastungsumfang wegen seiner guten Vergleichsmöglichkeiten noch einmal besondere Bedeutung zukommt. Zum einen müssen die Trainingspläne und -protokolle nach entsprechenden Ordnungsmustern untersucht werden, d.h., die verwandten Übungsformen zugeordnet werden. Zum anderen müssen die Materialien hinsichtlich der für die Schnellkraftentwicklung aufgezeigten Trainingsmethoden, hier in einem umfassenden Sinne gemeint, also von den Belastungsnormativen innerhalb einer Trainingseinheit bis hin zur Mehrjahresplanung, ausgewertet werden. Dabei interessiert insbesondere

- Was sind die Haupttrainingsmittel im Hochsprungtraining?
- Welche hochsprungspezifischen Übungen lassen sich ausmachen?

- Welche Methoden und Belastungsnormative lassen sich für diese Übungen beobachten?
- Nach welchem Periodisierungs-/Zyklisierungsmodell wird gearbeitet?
- Verändern sich Trainingsinhalte und -methoden innerhalb eines Makrozyklus’?
- Welche Rolle spielen Tests/Kontrollen für die spezielle Sprungkraftentwicklung?
- Gibt es contraindizierte Trainingsinhalte bzw. -methoden?
- Unterliegen Trainingsinhalte und -methoden einem historischen Wandel?

Diese Fragestellungen sollen einen ersten Zugang zu den Trainingsmaterialien verschaffen, wobei durchaus Offenheit für weitergehende Problem- bzw. Fragestellungen besteht.

10.2 Sekundärauswertung von Trainingskonzeptionen

Erste Hinweise zum Hochsprungtraining finden sich schon bei Gutsmuths (1793; hier nach Preisinger, 1990). Er nennt als Vorübungen für den Hochsprung das Hüpfen auf der Stelle, Hockstrecksprünge und Mehrfachsprünge. Dazu kommen Schlussprünge mit und ohne Anhüpfer über die Latte. Da im Sport jener Tage die Haltung mindestens genauso wichtig wie die erbrachte Leistung war, dienten diese Übungen vor allem der stilistischen Verbesserung. Insofern kennzeichnet der von Gutsmuths verwandte Begriff „Vorübungen“ den Stellenwert bzw. die Funktion dieser Übungen wohl eher als der des Trainings.

Erst der später aus England übernommene Rekordgedanke führte zu einer eindeutigen Leistungsorientierung, zu entsprechend rationalen Techniken und zum systematischen Training. Die zunächst individuellen Bemühungen wurden mit der Etablierung der Olympischen Spiele und der wachsenden Bedeutung sportlicher Erfolge für das Ansehen ganzer Nationen zunehmend durch die Sportverbände und sogar staatliche Instanzen unterstützt. So setzte in Deutschland in den Jahren vor den OS von Berlin 1936 eine erste gezielte Lehrgangsarbeit ein, um ein erfolgreiches Abschneiden der deutschen Mannschaft zu gewährleisten. Folgen dieses nationalen Engagements waren neben materiellen Anreizen für die Sportler und ihre Betreuer eine gezielte Lehrarbeit in den Vereinen und Verbänden. Dies soll in einem ersten Schritt anhand der Entwicklung der Trainingslehre in Deutschland bis zur Einführung der Floptechnik skizziert werden. Danach werden ost- und westeuropäische sowie amerikanische Trainingskonzeptionen vorgestellt. Schließlich soll die Weiterentwicklung der deutschen Vorstellungen vom Hochsprungtraining bis zur Entwicklung der Rahmentrainingspläne nachgezeichnet werden.

10.2.1 Techniküberhang bis in die 60er Jahre

Frühe Abhandlungen zum Hochsprung in Deutschland befassten sich zum größeren Teil mit der Beschreibung und Gegenüberstellung unterschiedlicher Techniken. Dies erklärt

sich dadurch, dass bis in die 50er Jahre mehrere als gleichwertig betrachtete Techniken miteinander konkurrierten, nämlich Hock-, Scher-, Rollsprung und Straddle (s.o. Kap. 2). Angesichts dieser Vielfalt wollten sich die Autoren nicht für eine Technik entscheiden, sondern alle Stilarten vorstellen. Dies galt für den Leistungssport wie auch für den Schulsport (vgl. Allwardt, 1935, und Hoke & Schmidt, 1937).

Unter Training verstand man primär das Üben der Wettkampftechnik. Andere Trainingsinhalte fanden kaum Erwähnung, spezielle Sprungformen wurden nicht genannt. Innerhalb des Technik- und Konditionstrainings rieten die Autoren Zurückhaltung an, um die „Leichtigkeit“ des Springers zu erhalten („keep the spring“). So empfahl Hoke (1926), das (Technik-) Training nur frisch und spielerisch durchzuführen, dabei nicht auf Höhe zu springen und bei Anzeichen von Müdigkeit das Training abubrechen; Leichtigkeit, nicht Kraft müsse im Hochsprung dominieren. Alles, was dem schaden könne, z.B. anstrengende Arbeit wie Gewichtheben oder Dauerlauf, müsse vermieden werden. Der Leistungsfortschritt resultiert primär aus der zunehmend besseren Technikbeherrschung und – als Abfallprodukt des Techniktrainings – aus der steigenden speziellen Sprungkraft.

Das Trainings- und Wettkampffahr wird in Vorbereitungs- und Wettkampfphase unterteilt. Bei drei, maximal vier Trainingseinheiten pro Woche in der Vorbereitungsphase (eigipflige Saison mit Vorbereitungsperiode von Oktober bis Mai) sollten sich die Athleten zur unmittelbaren Vorbereitung auf Wettkämpfe über mehrere Tage schonen.

Weinkötz verfasste 1952 die erste (deutsche) Monographie für den Hochsprung. Im Unterschied zu den vorher genannten Autoren ist er ausdrücklich auf den Spitzensport hin orientiert. Auch bei ihm ist der größere Teil der Ausführungen den verschiedenen Techniken gewidmet. Immerhin hat er dem Training, nun schon im heutigen Sinn, ein eigenes Kapitel eingeräumt. Weinkötz geht ebenfalls von der Einfachperiodisierung mit Winter-, Übergangs- und Sommertraining aus. Er empfiehlt zwei bis drei Trainingseinheiten im Winter. Trainingsinhalte des Wintertrainings sind:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| - Gymnastik | - Sprungarbeit, Sprungserien |
| - Kreuzkraft (Reißen und Stoßen) | - Turnübungen |
| - Spiele (z.B. Volleyball) | - Laufarbeit im Wald |

Im Übergangstraining (15.3-15.5.) wird bei drei Trainingseinheiten pro Woche vermehrt Laufarbeit ins Training aufgenommen. Im Sommer werden bei täglichem (!) Training zusätzlich zum Hochsprung Sprint, Hürdenlauf und Würfe trainiert. Auch hier findet sich kein Hinweis auf spezielle Sprungformen. Ausdrücklich rät Weinkötz von Weit- und Dreisprung als Trainingsübungen ab, da sie dem Hochsprung abträglich seien. Alle Trainingseinheiten sollen kurz und intensiv durchgeführt werden. Auffallend ist die Trainingssteigerung zum Sommer. Hier waren weniger trainingsmethodische als organisatorische Gründe ausschlaggebend: Im Winter fehlten geeignete Hallen für ein sinnvolles Leichtathletiktraining.

Auch das Lehrbuch von Wischmann (1960) weist noch einen deutlichen technischen Überhang auf. Wie die vorgenannten Autoren geht er von einer Einfachperiodisierung aus und differenziert in Winter-, Übergangs- und Sommertraining. Im Unterschied zu Weinkötz, bei dem die Trainingshäufigkeit zur Wettkampfsaison von drei auf fünf mal pro Woche zunimmt, empfiehlt Wischmann, im Winter- und Übergangstraining vier- bis fünf-, in der Wettkampfsaison dagegen nur noch dreimal pro Woche zu trainieren.

Der Trainingsschwerpunkt im Wintertraining liegt auf der Sprungarbeit, worunter Wischmann Serien von 20 bis 30 Sprüngen in verschiedenen Ausführungen versteht. Dazu kommen Gymnastik, Körperschulung, Spiele, Arbeit mit Gewichten und Waldlauf. Die Belastungssteigerung soll durch eine Verkürzung der Pausen geschehen. Im Übergangs- und Sommertraining möchte er das Sprungtraining zunehmend spezifischer gestalten und auf die Wettkampfübung – erst aus kurzem, dann aus längerem Anlauf – begrenzen. Weitere Trainingsinhalte sind Laufarbeit, Hürdenlauf und Spiele.

Wischmann empfiehlt eine Trainingsperiodisierung nach Matweev, in den Vorbereitungsphasen wird durch ein umfangreiches Training ein höheres konditionelles Niveau erarbeitet, das in der Wettkampfperiode bei mittleren bis geringen Trainingsumfängen und spezifischen Trainingsinhalten in höhere Wettkampfleistungen umzusetzen versucht wird.

Nett (1964, S. 142) differenziert das Training in Techniktraining (Erlernen, Üben bzw. Verbessern der Technik) und Konditionstraining (Sprintschnelligkeit; Schnelligkeitsausdauer, Sprungkraft/Schnellkraft, Dehnfähigkeit/Gelenkigkeit). Großes Augenmerk gewährt Nett (1964, S. 252) den Übungen für das Schwungbein, die speziell für den Straddle entwickelt wurden. Damit beschreibt er in Deutschland erstmals spezielle Sprünge jenseits der Wettkampftechnik, die technomotorische Aufgaben und spezielle Sprungkraftentwicklung kombinieren.

Sein Konditionstraining enthält allgemeine Sprungkraftübungen (Mehrfach- und Hürdensprünge), Kraftübungen (Kniebeugen, Hebeübungen, Ausfallschritt), spezielle Sprungübungen, Körperschule und Akrobatik. Die Trainingsperiodisierung von Nett (1964, S. 260f) ist stark an die russischen Autoren angelehnt (s.u.). Er führt mit dem Abalakow-Test (Äquivalente: Standhochsprung oder Jump-and-Reach) eine quantitative Prüfung des Trainingszustandes ein, die jedoch noch sehr unspezifisch ausfällt, da sie die beidbeinige vertikale Sprungkraft aus dem Stand misst.

10.2.2 Hochsprungtraining in Osteuropa

Mit der Erkenntnis, dass internationale sportliche Erfolge dem nationalen Prestige dienen und mit der Absicht, den Sport systematisch für die eigene Außendarstellung einzusetzen, begann in Osteuropa eine gezielte staatliche Förderung des Sports. Sportler wurden von beruflichen Verpflichtungen freigestellt („Staatsamateure“), viele Tausend hauptamtliche Trainer ausgebildet und eingestellt und – was hier von Bedeutung ist – Technik, Training

und Wettkampf wurden wissenschaftlich analysiert und optimiert. Dadurch erzielte die osteuropäische, insbesondere russische Trainingslehre einen Wissensvorsprung.

Djatschkow (1964)²⁴², Trainer des mehrfachen Weltrekordlers Brumel, wandte die allgemeinen Erkenntnisse der Trainingslehre auf den Hochsprung an. Er systematisiert grob in Trainingsmittel einerseits, sowie Trainingsbelastung und -periodisierung des Trainings andererseits. Trainingsmittel für den Hochsprung sind:

- a. **Entspannungsübungen.** Dazu zählt er unspezifisches Ausdauertraining, Laufen, Spiele, Schwimmen und Dehnübungen.
- b. **Kraftübungen (Hebeübungen, Kniebeugen, Hantelsprünge).** Beim Krafttraining bevorzugt Djatschkow explosive Ausführungen und rät dazu, mit 70-85 % der Maximalgewichte zu trainieren. Er arbeitet bevorzugt nach dem Pyramidenmodell. Seine Kombination von Hantelsprüngen mit Sprung-, Dehnungs- und Laufübungen kann als frühe Form des Utilisierens bezeichnet werden. Auch das „Anreizen“ mit Gewichtselastikungen ein oder zwei Tage vor dem Wettkampf findet sich schon hier²⁴³.
- c. **Sprungübungen.** Im Unterschied zur Kraftarbeit bleibt Djatschkow bei der Erläuterung der allgemeinen Sprungarbeit eher unpräzise: Analog Weinkötz rät er von Weit- und Dreisprungübungen ab und möchte stattdessen bei Sprungserien und Steigsprüngen das hochsprungsspezifische Abrollen des Fußes von der Hacke zur Spitze herausarbeiten. Er stellt mit den Steige- und Imitationsprüngen sowie den Hochsprüngen mit leichten Zusatzgewichten gleich einen Katalog von speziellen Sprungformen und spezifischen Sprungübungen vor.
- d. **Hochsprung.** Das Techniktraining nimmt bei Djatschkow 12-16 % des Gesamttrainings-Umfangs ein. Er spricht von ca. 1200-1300 Sprünge pro Jahr, wobei die spezielle Sprungarbeit (z.B. Steigsprünge) nicht mitgezählt wird. Die Techniksprünge werden durch sogenannte Nachahmungsübungen (z.B. Wälzsprünge über einen Barrenholm mit Handaufstützen) und Spezialübungen (z.B. Hocksprung aus frontalem Anlauf) vorbereitet. Je näher die Wettkampfsaison rückt, desto mehr werden diese Vorübungen durch Techniksprünge erst aus verkürztem, dann aus langem Anlauf abgelöst.

Djatschkow arbeitet nach dem Periodisierungsmodell von Matweev. Er geht von einer Einfachperiodisierung aus, bei der die größte Trainingsbelastung in den Wintermonaten erreicht wird. Zur Wettkampfsaison wird der Trainingsumfang zugunsten der Intensität

²⁴² Die Vorstellungen des Hochsprungtrainings von Djatschkow (1958) werden hier nach Nett (1964, S. 285f) referiert.

²⁴³ Hinter dem Begriff „Anreizen“ verbirgt sich die Vorstellung, vor einem Wettkampf den Muskeltonus durch besondere Trainingsübungen zu erhöhen und dadurch die Leistungsfähigkeit zu steigern. Typische Übungen dafür sind reaktive Kniebeugen bei geringen Beugewinkeln, Hantelsprünge sowie beidbeinige Kasten- (Tief-) und Hürdensprünge. Über den optimalen zeitlichen Abstand des Anreizens zum Wettkampf gehen die Meinungen auseinander, die Extreme liegen zwischen wenigen Stunden und mehreren Tagen, gebräuchlich ist das Anreizen am Vortag des Wettkampfes (siehe u.a. Jonath & Spielvogel, 1974; Ritzdorf, 1987).

und des Spezialtrainings reduziert (Siehe Tab. 10.3). Aufgrund der hohen nervlichen Beanspruchung in wichtigen Wettkämpfen wird der Trainingsumfang weiter verringert, Djatschkow spricht von Erholungsphasen bis zu fünf Tagen nach wichtigen Wettkämpfen. aus dem gleichen Grund werden im Techniktraining nur selten maximale Sprünge ausgeführt. Um sich auf die Saisonhöhepunkte vorzubereiten und um langdauernde Wettkämpfe zu simulieren, sollen die Athleten im Techniktraining größere Pausen zwischen den einzelnen Versuchen einlegen.

Tab. 10.3: Wochentrainingspläne nach Djatschkow (Nett, 1964, S. 284f)

Tag	Vorbereitungsperiode	Wettkampfperiode
Montag	umfangreiches Hanteltraining	umfangreiches Techniktraining
Dienstag	Spiele	Krafttraining, Geländelauf
Mittwoch	Sprungarbeit, Hochsprung	Aufwärmarbeit
Donnerstag	Ruhetag	Ruhetag
Freitag	umfangreiches Kraft- und Sprinttraining	Krafttraining mit leichten Gewichten (65 %)
Samstag	Hochsprung, Imitationsübungen	Wettkampf oder Hochsprung auf Höhe
Sonntag	Ruhetag	Ruhetag

In der Mitte der Wettkampfsaison, etwa im Juli, wird die Trainingsbelastung noch einmal erhöht, einerseits um einem Formabschwung entgegenzuwirken, andererseits, um sich auf den Saisonhöhepunkt vorzubereiten²⁴⁴. Die letzte große Trainingsbelastung vor einem Topereignis sollten ca. zehn Tage zuvor stattfinden, damit sich der Athlet zu vollständiger körperlicher, insbesondere geistiger Frische regenerieren kann.

Mehrjahreskonzeption

Lonskij & Gombaradse (1975) formulieren mit dem Dreischritt 1. Analyse der Disziplin, 2. mehrjähriger Trainingsplan und 3. Kontrollinstrumente ein komplexes System der Trainingsplanung/-Steuerung²⁴⁵. Über Korrelationen einzelner leistungsbestimmender Merkmale mit der Hochsprungleistung versuchen sie ein Steuerungsinstrument für die Trainingsgestaltung zu entwerfen. Sie stellen fest, dass im Schüleralter die Hochsprungleistung hoch mit der summarischen Kennziffer aller Hauptmuskelgruppen, aber nur gering mit der Anlaufgeschwindigkeit korreliert. Nach fünf Jahren spezialisierten Trainings haben sich die Verhältnisse umgekehrt: Bei jungen Meistern des Sports korreliert die Hochsprungleistung stark mit der Anlaufgeschwindigkeit und der Kraft von Rumpf-, Ober- und Unterschenkelmuskulatur. Entsprechend dieser Entwicklung entwerfen die Autoren einen mehrjährigen Trainingsplan, indem sie jedem Trainingsabschnitt (Jahr)

²⁴⁴ Diese Phase intensiven Trainings wurde in der DDR „unmittelbare Wettkampfvorbereitung“ (kurz UWW) genannt, ein Begriff, der sich mittlerweile in ganz Deutschland durchgesetzt hat.

²⁴⁵ Die westdeutschen Autoren Jonath, Haag & Krempel (1977) übernahmen diese Vorstellungen weitgehend.

bestimmte Schwerpunkte zuordnen. Danach sollen im Grundlagentraining das Erlernen der technischen Grundlagen und eine vielseitige Sprungerfahrung (hoher Sprungumfang insbesondere durch einschlägige Spiele, aber auch leichtathletische Sprünge) im Vordergrund stehen. Im Aufbautraining (Jugendalter) sind die technische Vervollkommnung, die Steigerung der Anlaufgeschwindigkeit und die Steigerung des speziellen Trainingszustandes insbesondere durch die lokale Kraftentwicklung der am Sprung beteiligten Muskulatur (mittels Sprungübungen, Krafttraining bis 80 kg und Tiefsprüngen) Hauptaufgaben des Trainings. Im Hochleistungstraining geht es neben der weiteren technischen und taktischen Vervollkommnung um eine deutliche Verbesserung der Bewegungsintensität und des konditionellen Zustandes. Mittel dazu sind spezielle Sprungübungen, Krafttraining mit maximalen Gewichten und Tiefsprünge von 0.6-1.2 m Höhe.

Anhand einfacher Testübungen (30 m Sprint, Standhochsprung, Standdreisprung, Kniebeuge und maximale Anlaufgeschwindigkeit im Hochsprung) wollen Lonskij und Gombardse die Leistungsfortschritte der Athleten überprüfen. Dabei zielen die Kontrollübungen eher auf den Trainingsfortschritt bezüglich der allgemeinen als den der speziellen Sprungkraft.

10.2.3 Anglo-amerikanische Entwicklung

Die amerikanische Trainingsauffassung

Obwohl die amerikanischen Hochspringer lange Zeit in der Welt den Männerhochsprung dominierten bzw. mitbestimmten, lassen sich keine systematischen Trainingskonzeptionen wie in Osteuropa finden. Hier spiegelt sich der geringe Organisations- bzw. Zentralisierungsgrad der US-amerikanischen Leichtathletik insgesamt wider. Daher muss sich unsere Analyse auf die Trainingsbeispiele einzelner amerikanischer Tophochathleten beschränken.

Das Training von J. Thomas, dem mehrfachen Weltrekordler von 1960²⁴⁶, umfasst Gymnastik, intensive Laufarbeit, Kraft- und Sprungarbeit (siehe Tabelle 10.4). Wichtigster Trainingsinhalt für Thomas ist das Techniktraining. Dabei verwendete auch er schon spezielle Sprung- und Imitationsübungen, verstehen diese aber eher als Technikschiulung denn als hochspezifisches Sprungkrafttraining. Bei der Laufarbeit begann Thomas mit längeren Läufen und wechselt später zu kürzeren, schnelleren Läufen; im Sommer kam das Hürdenlaufen hinzu. Verblüffend ist, dass im Trainingsplan von Thomas das klassische Sprungkrafttraining ausgespart ist, dem Krafttraining aber große Aufmerksamkeit gewidmet wird. In zwei bis drei Kräfteinheiten pro Woche absolviert Thomas jeweils eine Vielzahl von Übungen. Das verdeutlicht, dass das Krafttraining russischer Prägung Ende der 60er Jahre auch bei amerikanischen Spitzenspringern Einzug gehalten hat.

²⁴⁶ Das Training von J. Thomas, dem mehrfachen Weltrekordler von 1960, ist durch Nett (1964) und Ryan (1969) festgehalten worden.

Tab. 10.4: Das Training von John Thomas (Nett, 1964, S. 288)

Tag	Vorbereitungsperiode	Wettkampfperiode
Montag	Tempoläufe 200-600 m, Kraftarbeit	Kraftarbeit, Dehnen, Dauerlauf
Dienstag	Techniktraining bei mittleren Höhen	Techniktraining bei mittleren Höhen
Mittwoch	Techniktraining bei großen Höhen	Techniktraining bei großen Höhen
Donnerstag	Tempoläufe über 400 m unter 60 sec	Traben, Hürdenlauf, Dehnen
Freitag	Dauerlauf, Krafttraining	Ruhe
Samstag	Ruhe	Wettkampf
Sonntag	Ruhe	Ruhe

Dwight Stones (siehe Martin u.a., 1982), erster Flop-Weltrekordler und überragender Hochspringer von 1973-1976, nennt als Trainingsschwerpunkte Kraftarbeit, Lauf, Sprünge und Gymnastik (Tab. 10.5). Großes Augenmerk widmete Stones der Gymnastik bzw. dem Dehnungsprogramm, das zum Aufwärmteil jeder Trainingseinheit gehört. In der Kraftarbeit sind Kniebeugen (halb oder viertel), Aufsteigeübungen auf den Kasten und insbesondere Umsetzen/Ausstößen die zentralen Übungen. Als Trainingsrekorde nennt er für die halben Kniebeugen 270 kg, für die Aufsteiger 140 kg und für Umsetzen/Ausstößen 107,5 kg. Während er in der Vorbereitungsphase zwei Krafteinheiten pro Woche absolvierte, reduzierte Stones das zu Beginn der Wettkampfphase auf einmal pro Woche, später sogar auf einmal in vierzehn Tagen.

Tab. 10.5: Wochentrainingspläne von D. Stones (Martin u.a., 1982, S. 10f)

Tag	allg. Vorbereitungsperiode	Wettkampfperiode
Montag	Krafttraining	Krafttraining
Dienstag	Lange Tempoläufe	Koordination
Mittwoch	Techniktraining, Sprungarbeit	Techniktraining
Donnerstag	Kurze Tempoläufe	Sprints
Freitag	Krafttraining	
Samstag/Sonntag	frei	Wettkämpfe

Ähnlich Thomas spielt bei Stones die Laufarbeit eine wichtige Rolle im Training. Er unterscheidet längere und kürzere Tempoläufe, denen er in der Vorbereitungsperiode jeweils einen Trainingstag widmet. Bei den längeren Läufen bevorzugt er Laufstrecken zwischen 300 und 500 m. Bei sinkenden Wiederholungszahlen und längeren Pausen versucht er die Laufgeschwindigkeit von Woche zu Woche zu steigern, z.B. bei 3 x 300 m auf 38 sec (Bestzeit 35.7 sec). In der Wettkampfzeit bevorzugt er kürzere Strecken, z.B. 300 – 200 – 100 m. Bei den kürzeren Läufen beginnt er mit 150-m-Läufen, jeweils in Serien a 4 Läufen mit nur 1 min Gehpause und 4 min Serienpause. Dabei strebt Stones eine gute Lauftechnik an, von der er sich einen Transfer auf den Hochsprunganlauf verspricht. Später verkürzt er auch hier die Streckenlänge auf 70 und 50 m. In der Vorbereitungsperiode

absolviert Stones Serien von Berganläufen/-sprüngen sowie Mehrfachsprüngen, z.B. 10 x 45 m Sprunglauf oder Einbeinsprünge, die zur Wettkampfsaison hin immer seltener werden. Einmal pro Woche führt er ein Techniktraining durch. Er unterscheidet dabei Flop aus halbem und langem Anlauf sowie Straddle-Sprünge und kommt auf eine Gesamtzahl von 20-25 Sprüngen pro Trainingseinheit.

Bei unserer Befragung des US-Rekordhalters von 1988, Thomas McCants (BL 2.37 m, siehe Killing, 1996) ergaben sich deutliche Übereinstimmungen zu den vorgenannten Athleten. So finden sich auch in den Trainingsprotokollen von McCants die Tempoläufe bis 300 m wieder. Seine Präferenz für die Gewichthebeübungen Umsetzen/Ausstoßen im Krafttraining belegt seine Bestleistung von 140 kg im Ausstoßen. Diese zwar unspezifische Übung verspricht eine hohe Mobilisierung aller an der Streckenschlinge beteiligten Muskelgruppen und zugleich eine hohe Rumpfstabilität. Parallelen zu John Thomas weist McCants Training bezüglich der geringen Bedeutung des Sprungkrafttrainings auf. Auch die Wochenregimes sind – bei erhöhtem Gesamtumfang – den früheren amerikanischen Topathleten ähnlich.

Trotz der unzureichenden Systematik lassen sich eine Reihe von gemeinsamen Trainingsspezifika im Training amerikanischer Hochspringer finden: Ausgiebige Tempoläufe als konditionelle Grundlage des gesamten Trainings, der Einsatz bestimmter Kraftübungen (Ausstoßen), aber auch die restriktive Verwendung von Sprungübungen sind ausgesprochene Charakteristika amerikanischen Trainings. Vermutlich übernahmen jüngere Athleten durch Mundpropaganda die bewährte Trainingsvorstellungen herausragender Spitzensportler usw. Die Erfolge einzelner amerikanischer Hochspringer bis zum Ende der Neunziger Jahre (Austin OS 1996) weisen dieses Informationssystem als durchaus wirksam aus.

Die britische Trainingslehre des Hochsprungs

Seit den 50er Jahren werden in England den deutschen Rahmentrainingsplänen vergleichbare Manuskripte zur Trainingslehre in den verschiedenen Disziplinen eingesetzt. Das aktuelle Manuskript (Dick, 1993) widmet sich zum größeren Teil der Technik bzw. Biomechanik von Straddle (!) und Flop und zum kleineren der hier interessierenden Trainingsmaterie. In der Technikanalyse und im Trainingsteil finden sich neben Bewährtem originelle Ansichten, Modelle und Übungen zum Hochsprung. Im Kern ist die Darstellung jedoch klassisch zu nennen, denn Dick bevorzugt ein vielseitiges Training, indem auch andere Disziplinen und Spiele ihren Platz haben. Er unterscheidet fünf Alterskategorien: a. 10-14 Jahre, b. 15-17, c. 17-18, d. 19-22 und e. ab 22 Jahre. Die einzelnen Trainingsinhalte der Klassen c-e sind:

Krafttraining:	Halbe Kniebeuge, Beinpresse, Reißen, Hantelsprünge, Ausfersen Beinbeuger, Bankdrücken, Armcurls,
Sprungarbeit	3er bis 10er Sprung aus dem Stand und aus kurzem Anlauf Hürden-, Kasten- und Tiefsprünge, Bergaufsprünge

Lauftraining	spezielle Sprünge, Sprünge mit Gewichtsweste, Weit- und Dreisprung Fartlek in bergigem Gelände, Tempoläufe bis 600 m (Kraftausdauer) Kniehebeläufe bis 200 m, Hürdenläufe bis 200 m Sprints 20-50 m
Allg. Fitness	Circuittraining (Bauch, Rücken, ...), Medizinballtraining, Beweglichkeit, Spiele aller Art

Mit zunehmendem Alter wird das Training spezifischer und intensiver. So kommen Tiefsprünge bzw. Übungen mit Gewichtsweste erst in den späteren Altersgruppen zum Tragen. Auch das gezielte Beinkrafttraining empfiehlt Dick erst ab Gruppe c. Dick verwendet das bekannte Periodisierungsmodell nach Matveev. Er nennt jedoch weder Trainingsleistungen bzw. Belastungsnormative noch Testübungen und -parameter von Topathleten.

10.3 Deutsche Entwicklung nach Einführung der Floptechnik

Die Entwicklung der hochsprungspezifischen Trainingskonzepte kann aufgrund der politischen Situation in drei Gruppen dargestellt werden, einerseits die west- und ostdeutschen Konzepte vor der Vereinigung, andererseits die gemeinsame Entwicklung nach 1990.

10.3.1 Trainingskonzeption in der ehemaligen DDR

Die wissenschaftliche Durchdringung und Steuerung des Hochleistungssports in der DDR war fortgeschritten. Einerseits wurde äußerst praxisnah geforscht, andererseits erreichten neue wissenschaftliche Erkenntnisse schnell die Trainingspraxis; schließlich kam es zu einer Systematisierung des Trainingsbetriebes. So fand eine permanente Protokollierung, Auswertung und Interpretation des Trainings sämtlicher (!) Kaderathleten statt²⁴⁷. Dieser enorme Wissensfundus optimierte nicht nur die weitere Steuerung des Trainings der untersuchten Athleten, sondern diente auch als Vorlage des Trainings für nachrückende Talente. Deren Trainer orientierten sich nicht mehr am aktuellen Training von Weltklasseathleten, sondern an deren Training im Jugendalter. Aufgrund der zunehmenden Erfolge der ostdeutschen Leichtathletik wurde diese Erfahrungsgrundlage für die Trainingsplanung immer zuverlässiger.

²⁴⁷ Die Trainingsprotokollauswertung und die für den Leistungssport relevanten Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen waren geheim, entsprechend war kein wissenschaftlicher Diskurs über Themen, Ergebnisse und Methoden möglich. Dies widerspricht dem gängigen wissenschaftlichen Ideal (Lames, Hohmann & Letzelter, 2003). Immerhin war das DDR-Sportsystem äußerst erfolgreich. Erst nach der „Wende“ gab es Einblicke in die entsprechenden Unterlagen und Konzeptionen.

Tab. 10.6: Belastungsplanung für den 1.-7. Mesozyklus des Jahres 1989/90 (Schubert, 1989, S. 15)

Nr.	Trainings- einheit		1. MEZ 6 Wo.	2. MEZ 6 Wo.	3. MEZ 6 Wo.	4. MEZ 1. WP 6 Wo.	5. MEZ 6 Wo.	6. MEZ 6 Wo.	MAZ 6 Wo.	1. MEZ Summe 40 Wo.
1.	Sprung WK-Anlauf	n		70	140	104	75	150	160	699
2.	Spez. Sprungkraft	n	50	270	250	96	160	335	120	1281
	Hocke von vorn	n	10	75	100		50	100		335
	Flopschere	n		75	80		10	110		275
	Schere von vorn	n	20	60	50		40	60		230
	Flop/Schwungbein	n		60	30		30	20		140
	Weitsprung m. Hoch-Anl.	n	20		20		30	45		115
3.	Schnellkrafttraining	n	740	1015	810	400	920	700	600	5185
	Niedersprünge	n		110	150	50	25	90	100	525
	Kniebeuge auf Zeit	n	40	200	300	200	300	400	300	1740
	Kugelschocken	n	170				90			260
	vert. Sprünge beidbeinig	n	280	50			310			640
	vert. Sprünge einbeinig	n		125	150	50	25	90	50	490
	5er Sprunglauf	n		190	150	100	50	120	150	760
	10er Sprunglauf	n	250	240	60		120			670
4.	Maximaltraining (TKB, HKB, Ums./ Reiß., Fußstr.)	n		650	340	320	660	400	480	2850
5.	Sprünge kurzer Anlauf	n		120	30	20	35	30	20	255
6.	Beschleunigung	km	2,3	3,5	2,6	2	3,6	2,8	3	19,8
	0-40 m maximal	km		1,7	1,3	0,8	1,1	1,6	1,2	7,7
	0-40 m submaximal	km	2,3	1,8	1,3	1,2	2,5	1,2	1,8	12,1
7.	Gymnastik/Dehnung	Std.	26,5	25	20	4	23,5	19,5	6	124,5
8.	Allgemeine Kraft	n	6000	2800	2800	650	4080	2800	980	20110
	Beinkraft	n	2000	1800	1800		1360	1800		8760
	Rumpfkraft	n	2000	500	500		1360	500		4860
	Armkraft	n	2000	500	500		1360	500		4860
9.	Koord. Voraussetzung	Std.	16,5	9,5	3,5		12,5	6		48
10.	Elementartraining	n	300				200			500
11.	Anlauftraining	n		70	10		50			130
12.	Grundlagenausdauer	km	101	60	40	15	85	40	15	356
	Dauerlauf	km	87	60	40	15	68	40	15	325
	Tempolaut	km	14				17			31
13.	Kompensation	Std.	7	24	30	25	22	30	35	173
	Trainingseinheiten	n	68	67	63	30	73	62	45	408
	TE/Woche	n	11,3	11,2	10,5	7,5	12,17	10,33	7,5	
	Trainingszeit	Std.	180	183	166	70	193	161	110	1063

Zu unterscheiden ist die langfristige Trainingskonzeption, der sogenannte Mehrjahresplan, von der jeweiligen Vorbereitung auf den nächstjährigen internationalen Höhepunkt, die

durch den Rahmentrainingsplan (RTP) umrissen wurde. Der Mehrjahresplan beinhaltete die Phasen Grundlagen-, Aufbau-, Anschluss- und Hochleistungstraining. Jede Phase wurde mit bestimmten Aufgaben bzw. Schwerpunkten gekennzeichnet (Schüleralter: u.a. Erlernen und Vervollkommen der Technik, Sicherung der Vielseitigkeit, Erhöhung der Belastungsverträglichkeit). Schon im Schüleralter wurde die Entwicklung mit bestimmten Ausprägungen/Leistungen in der angestrebten Wettkampfdisziplin überprüft, der jeweils bestimmte Leistungen in definierten Zubringerübungen zugeordnet wurden, die es einzuhalten galt (Schubert, 1989b, S. 2f).

Die konkrete Saisonvorbereitung mittels des RTP hatte ihren Ausgangspunkt bei der Weltstandsanalyse, von der Prognosen für das Leistungsniveau bei der kommenden internationalen Meisterschaft abgeleitet wurden. Anschließend wurde das vorhandene Athletenpotential daraufhin überprüft, ob ein oder mehrere Athleten Sieg-, Medaillen- oder Platzierungschancen aufweisen. Bestanden hier Aussichten, wurde ein Rahmentrainingsplan, basierend auf den vorgenannten Erfahrungen aber auch aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen entwickelt. Ausgangspunkt war eine am Saisonhöhepunkt orientierte Grobgliederung des Jahresverlaufs. Im Fall einer Mehrfachperiodisierung enthielt dieser Plan folgende Etappen bzw. Mesozyklen (MEZ):

1. MEZ Phase der allg. Vorbereitung
2. MEZ Phase der disziplinspezifischen Vorbereitung
3. MEZ Phase der speziellen Vorbereitung
4. MEZ Hallenwettkampfserie
5. MEZ Phase der disziplinspezifischen Vorbereitung
6. MEZ Phase der speziellen Vorbereitung
7. MEZ Wettkampfserie
8. MEZ Phase der unmittelbaren Vorbereitung auf EM/WM/OS

Für die einzelnen MEZ und das gesamte Trainings- und Wettkampfsjahr wurde ein Belastungsplan entwickelt. Tabelle 10.6 verdeutlicht, das damit eine weitgehende Definition der Trainingsinhalte und -umfänge vorgegeben war²⁴⁸. Der mögliche Spielraum bezüglich der Intensitäten wird durch die den einzelnen MEZ zugeordneten Leistungsdiagnostiken mit definierten Zielleistungen begrenzt, da die hohen Anforderungen in den Zubringerleistungen eine gezielte und intensive Vorbereitung auf diese Tests nahe legten (Tab. 10.7). Anhand des RTP konnten die Trainer einen individuellen Trainingsplan (ITP) erstellen. Die Spielräume waren aufgrund der weitgehenden Quantifizierung des Trainings jedoch gering.

²⁴⁸ Als Reaktion auf die zentrale Reglementierung des Trainings kam es zum Teil zu einer doppelten Buchführung: einerseits die offizielle, bei der auf die Einhaltung der Vorgaben geachtet wurde, und andererseits die reale Niederschrift des absolvierten Trainings. Eine indirekte Bestätigung erfährt dieser Umstand durch die Ergebnisse von Güllich u.a. (2000), wonach die RTPs erheblich höhere Anforderungen, insbesondere bezüglich des Trainingsumfangs, stellten, als in der Trainingspraxis realisiert wurde.

Tab. 10.7: Leistungskontrollwerte für den 1. bis 7. Mesozyklus Männer-Hochsprung, Zielleistung 2,30-2,34 m (Schubert, 1989, S. 25)

	Trainingseinheit	1. MEZ	2. MEZ	3. MEZ	4. MEZ	5. MEZ	6. MEZ	7. MEZ
1.	WK-Leistung			2,27	2,27/32			2,30/4
2.	Hochsprung WK-Anlauf		2,20	2,23	2,25/8	2,20/4	2,24/8	2,26/30
	Hochsprung kurzer Anlauf		2,15	2,15	2,20	2,18	2,20	2,20
3.	Hocke von vorn		1,95/8	1,95/2	2,05	2,03	2,05	2,05/7
	Flopschere		2,00/5	2,00/10	2,10/5	2,08	2,15	2,15/20
	Schere von vorn		2,05	2,15	2,20	2,15	2,20	2,25
	8er Test		16,00	16,20		16,20	16,40	
4.	Niedersprung		8,8		9	9,5		
	Kniebeuge auf Zeit	nach individuellen Festlegungen (Anzahl/s/Kp)						
	Kugelschocken rückwärts	19,5	20,00	20,50		21,50	22,00	
5.	5er Sprunglauf Stand		17,50	18,00		17,0/5	17,5/18	
	5er Sprunglauf 7 AS		22,00	22,50	23,00	23,00	23,50	23,50
6.	Tiefkniebeuge	1)	140,0	145,0	150,0	150,0	155,0	160,0
	Reißen	1)	89,0	85,0		85,0	90,0	95,0
	Umsetzen	1)	120,0			125,0		
7.	20 m Hochstart		2,83	2,80	2,68	2,50	2,70	2,65
	40 m Hochstart		4,85	4,80	4,75	4,80	4,75	4,70
8.	Coopertest	1)	2)			2)		
9.	Gymnastik-Test	1)	2)			2)		
	Kreistraining-Test	1)	2)			2)		

1) = Eingangstest, 2) = Wiederholungstest nach ind. Festlegung

Kritisch anzumerken ist darüber hinaus, dass die speziellen Sprünge noch aus der Vor-Flopzeit stammen (z.B. „Hocke von vorn“ im 8er-Test nach Drechsler, 1987, siehe auch Thiess & Beilschmidt, 2000). Bei diesen Sprüngen ist die Anlaufgeschwindigkeit geringer, der Abstand des Sprungfußes zur Latte kürzer, die Schwungelemente-Führung ausladender und die Absprunzeit länger als beim Flop (siehe Kap. 2). Dadurch ist ein negativer Transfer zur Floptechnik und eine Verschiebung in Richtung einer kraftbetonten Sprungweise mit verlängertem Absprung und entsprechend langem Dehnungs-Verkürzungszyklus (DVZ) zu befürchten²⁴⁹. Die Öffnung des Hochsprungs für Springer mit betont kurzem Absprung (Speedflop) wurde so konterkariert. Andererseits muss man einräumen, dass bei Erfüllung aller Zubringerleistungen die Chance auf eine hohe Ausprägung in der Zielleistung groß war.

²⁴⁹ Bezeichnender Weise verwandte Gerd Wessig, der einzige ostdeutsche Flop-Hochspringer mit internationalem Format (OS 1980 mit WR) den Powerflop mit gestrecktem Schwungbein.

10.3.2 Westdeutsche Entwicklung des Hochsprungtrainings

Nach Einführung der Floptechnik war das sportwissenschaftliche Interesse über mehrere Jahre auf die Bewegungsbeschreibung und -erklärung (siehe Kap. 2), sowie den Technik-erwerb und die technische Vervollkommnung ausgerichtet (Kap. 3). Dadurch rückte die Analyse des Trainings in den Hintergrund. Erst Ende der 70er Jahre wurde das Hochsprungtraining wieder als Ganzes thematisiert. Hier machte sich vor allem Dragan Tancic (1981, 1985), seit 1976 DLV-Trainer und Heimtrainer einer Reihe von international erfolgreichen Athleten (u.a. Dietmar Mögenburg, OS 1984), durch Publikationen seiner eigenen Trainingserfahrungen, man kann von seiner Meisterlehre sprechen, verdient. Dabei ist der Einfluss der russischen Trainingslehre unverkennbar, doch passte er in seiner Arbeit mit den deutschen Topathleten die von Djatschkow und anderen übernommenen Erkenntnisse den Anforderungen der Floptechnik an. Haupttrainingsinhalte waren für Tancic Techniktraining, Krafttraining, Sprungarbeit und Lauftraining. Weitere Trainingsinhalte waren Dauerlauf, Spiele, Gymnastik/Akrobatik und allgemeine Fitness.

Tab. 10.8: Wöchentliche Belastungsumfänge westdeutscher Hochspringer in unterschiedlichen Trainingsetappen (Tancic, 1981)

Inhalt	aVP	sVP	WP	Einheit
Techniksprünge		35-50	20-30	n
Steigesprünge		80	20	n
Horizontale Sprünge	1200	800	200	n
Vertikale Sprünge	600	400	20-40	n
Srünge insgesamt	1800	1330	280	n
Sprint		500	300	m
Koord- und Temoläufe	6000	2500	2000	m
Laufarbeit insgesamt	6000	3000	2300	M
Dauerlauf	25	21	10	km
Allgemeine Kraft	30	10	6	t
Spezielle Kraft	24	30	8	t
Kraft insgesamt	54	40	14	t
Allg. Fitness	12,5	12	9	Std.

Tancic gliedert das Trainings- und Wettkampffahr in die allgemeine (aVP), die spezielle Vorbereitungsperiode (sVP) und die Wettkampfphase (WP)²⁵⁰. Tabelle 10.8 zeigt die mittleren wöchentlichen Trainingsumfänge für die wichtigsten Trainingsinhalte, die sich zwischen den einzelnen Etappen deutlich verschieben.

²⁵⁰ Die Übergangsperiode (ÜP) ist als längere Regenerationsperiode im Jahrestrainingsplan unverzichtbar. Wegen der überwiegend allgemeinen Trainingsinhalte in der ÜP wird sie hier wie bei allen nachfolgend zu besprechenden Trainingsmaterialien nicht besonders thematisiert (siehe u.a. Killing, 2000, S. 22f)

Im Lauftraining von Tancic spielen nach wie vor lange Tempoläufe (bis 300 m) eine wichtige Rolle. Diese sollen die Grundlage für die spätere Sprintarbeit legen. Im Krafttraining kann man bei Tancic einen Wandel beobachten. Favorisierte er zunächst Tiefkniebeugen, geht er später zu Reaktivkniebeugen (Synonyme: T- oder Tempo-Kniebeuge) bei hohen Bewegungsgeschwindigkeiten und geringen Beugewinkeln über. Bemerkenswert ist das umfangreiche Sprungtraining. Tancic unterscheidet in Horizontalsprünge (Sprungläufe, Einbeinsprungserien), Vertikalsprünge (Hürden- und Kastensprünge) sowie techniknahe Sprungübungen (Synonyme: Steigesprünge, Take-Offs, Utilisationssprünge, Imitationssprünge). Kennzahlen des Sprungumfangs sind in der aVP 1800, in der sVP 1200 und in der WP 300 Sprünge pro Woche (Tab. 10.9)²⁵¹. Diese hohen Umfänge sollen die Grundlage der Sprungkraftsteigerung legen. Auch die Kontrollübungen passt Tancic den Erfordernissen der Floptechnik an. Er wendet sich von Standsprungtests (Jump-and-Reach, 3er- und 5er-Sprung) ab und favorisiert reaktive Testformen (z.B. Sprungserien aus dem Anlauf).

10.3.3 Die Rahmentrainingspläne

Eine neue Entwicklung auf dem Gebiet der speziellen Trainingslehre stellten die Rahmentrainingspläne (RTP) des DLV dar (Czingon, 1987, 1991, 1993), die nach der Vereinigung der beiden deutschen Staaten und Leichtathletikverbände zu einer Zusammenführung der Trainingskonzeptionen führte. Damit versuchten die verantwortlichen Verbandsmitarbeiter, ein über die Disziplinen einheitliches Trainingskonzept zu realisieren. Von der Analyse der Disziplin ausgehend werden spezielle und allgemeine Trainingsinhalte abgeleitet. Diese Rahmentrainingspläne zielen auf den Nachwuchs, also das Grundlagen- (Schüler-) und das Aufbau- (Jugend-) Training hin²⁵². Während im Grundlagen-RTP keine (!) hochsprungspezifischen Trainingsinhalte ausgewiesen sind, kennzeichnen die Ausführungen zum Aufbau- (Jugend-) Training die (west-) deutschen Vorstellungen von richtigem Hochsprungtraining ziemlich exakt. Dort genannt sind

- hochsprungspezifisches Sprint-ABC (Fußgelenk, Knieheben, Anfersen, Stehschrittptellen, Gerade, Kurve, Slalom, Übergänge in den Lauf)
- Koordinationsläufe (Gerade, Kurve, Übergänge in die Kurve, Technikscherpunkt, 60-300 m)
- Schnelligkeit (30-50 m, Standablauf, Gerade, Kurve)
- hochsprungspezifisches Sprung-ABC (Fußgelenks- und Rhythmussprünge, kleine Sprünge, Hopsersprünge mit und ohne Take-Off, Sprungarbeit im Bogen)

²⁵¹ Aufgrund eigener Kenntnisse erscheinen die Zahlen zu hoch angesetzt, stellen allenfalls seltene Belastungsspitzen, nicht jedoch die mittleren wöchentlichen Sprungumfänge dar (vgl. Güllich u.a., 2000).

²⁵² Zum Hochleistungstraining veröffentlicht Schubert (1991 und 1993) einen Rahmentrainingsplan, der jedoch weitgehend auf ostdeutschen Erkenntnissen beruht, wie sie in Kap. 10.3.1 dargestellt wurden

- reaktive Sprünge (Sprungläufe, Bergaufsprünge, Einbeinsprünge, vertikal orientierte Sprungläufe, Kasten- und Hürdensprünge), spezielle Absprungsübungen (Take-Offs über kleine Hürden mit 1-7 Zwischenschritten, Kastenaufsprünge, Take-Offs aus Skippings, Traben, Steigerungsläufen, Take-Offs in der Kurve)
- Technik- und techniknahe Sprünge (Flop aus kurzem/langem Anlauf, Flop aus Halbkreislauf, Scher-, Hock- und Rollsprung, Absprunghilfen, Sprünge auf den Mattenberg)
- Krafttraining (halbe und viertel Kniebeugen, einbeinige Kniebeugen, Kastenaufsteiger, Reißen/Umsetzen)
- Akrobatik (Handstand-Brücke, Kopfkippe, Flickflack, Standflop)

Die Rahmentrainingspläne weisen eine deutliche Technikorientierung auf, die man so in anderen Trainingsempfehlungen nicht findet, der koordinative Aspekt dominiert den konditionellen. Eckdaten zur Kennzeichnung von Trainingsumfang und -intensitäten fehlen²⁵³.

10.4 Eigene Auswertung von Trainingsprotokollen

Die nachfolgende empirische Untersuchung basiert auf Trainingsprotokollen deutscher Spitzenathleten. Sie beinhalten jeweils ein kompletten Trainings- und Wettkampfzyklus, in der Regel den ersten MAZ bis einschließlich der Hallensaison. Dabei werden in der ersten Kategorie Durchschnittswerte von Kadergruppen, in der zweiten Einzeldaten von Spitzenathleten ausgewertet.

10.4.1 Kaderprotokolle

Im Winter 1988/89 wurden die Trainingsprotokolle aller (11) männlichen B- (5) und C-Kaderhochspringer (6) des deutschen Leichtathletikverbandes gesammelt und ausgewertet. Erfasst wurde das Training von 1.10.1988 bis 28.2.1989. Die aktuellen Bestleistungen der untersuchten Athleten betragen 2,08 bis 2,30 m, im Mittel 2,18 m, C-Kader 2,12 m (2,08-2,15 m), B-Kader 2,24 m (2,18-2,30 m). Die C-Kaderathleten waren im Durchschnitt 18,4 Jahre alt, die B-Kaderathleten 22,2 Jahre. D.h., die jüngeren Athleten sind im Durchschnitt auch die aktuell leistungsschwächeren. Methodisch gesehen kommt es also zu einer Effektüberlagerung. Immerhin drei der untersuchten Athleten erreichten in den Folgejahren Bestleistungen von 2,33-2,39 m. Aufgrund der geringen Probandenzahl wird das Datenmaterial ausschließlich deskriptiv, insbesondere durch Mittelwertbildungen aufbereitet. Dort, wo die Unterschiede gravierend sind, werden die Extremwerte genannt.

²⁵³ Eine neue Entwicklung im Kraft- und Sprungkrafttraining stellen die Übungsreihen von Tscherer (2001) dar, der die komplexe Hochsprungbewegung zerlegt und für einzelne Bewegungsphasen Trainingsübungen entwickelt.

Tab. 10.9: Wöchentliche Belastungsumfänge von Kaderhochspringern 1988/89 in unterschiedlichen Trainingsetappen

Trainingsinhalt	B-Kader			Einheit	C-Kader		
	aVP	sVP	WP		aVP	sVP	WP
Techniksprünge	7	53	50	n	2	26	21
Steigesprünge	68	67	35	n	47	44	34
allg. Sprünge	691	580	325	n	384	267	180
Sprünge gesamt	766	702	390	n	433	337	235
Sprint	80	140	180	m	160	240	385
Lauf-ABC	560	425	274	m	390	500	440
Tempoläufe	2025	1220	720	m	960	900	520
Dauerlauf	12	9,7	7,4	km	10	7,4	6,5
spez. Beinkraft	24,9	20,7	16,3	t	7,5	12,4	8,4
allg. Kraft	5,2	5,5	2,7	t	4,7	5,0	2,7
Kraft gesamt	30,1	26,2	19	t	12,2	17,4	11,1
Fitness	3,5	3,4	2,5	Std	2,5	2,5	2
TE/Woche	8	8	7	n	5	5	5

In Tabelle 10.9 sind die durchschnittlichen wöchentlichen Belastungsumfänge nach Kadern getrennt abgetragen. Die Gliederung der Trainingsinhalte entspricht weitgehend der von Tabelle 10.8, so dass nicht nur die Kader untereinander, sondern auch mit den Werten von Tancic für Spitzenathleten (in der Terminologie A-Kader) verglichen werden können. Die Tabelle veranschaulicht, dass B- und C-Kader ähnliche Schwerpunktsetzungen im Training vornehmen, spezielle und allgemeine Sprünge, Sprint und Tempoläufe sowie spezielle und allgemeine Kraft sind als Kernübungen des Trainings auszumachen. Dabei gibt es durchaus gravierende Unterschiede zwischen den einzelnen Athleten, so variiert die mittlere wöchentliche Sprungbelastung zwischen 300 und 1000 Sprüngen, ähnliche Differenzen finden sich für die Kraftbelastung. Mit Ausnahme der Sprints erreichen die C-Kaderathleten bezüglich aller Trainingsinhalte geringere Umfänge als die B-Kader, wobei die größten Unterschiede die Tempoläufe, die Anzahl der Sprünge insgesamt, die Techniksprünge und das spezielle Training, also insbesondere spezifische Trainingsinhalte, betreffen. Damit wird der allgemeinen Forderung nach zunehmender Spezifizierung des Trainings mit steigendem Trainingsalter entsprochen.

Wie zu erwarten, sind die Umfangangaben der A-Kader-Athleten (Tab. 10.8) noch einmal deutlich höher. Dabei muss beachtet werden, dass dort normative Zahlenangaben verwandt wurden, die von idealtypischen Bedingungen (keine Trainingsausfälle, gute Witterung, ...) ausgehen, hier jedoch empirische Daten verwandt wurden, die von vielerlei

Unwägbarkeiten beeinträchtigt werden, die zu einer Minderung der Umfänge führen. Trotz dieses Unterschiedes ist bei den A-Kader-Athleten die Schwerpunktsetzung denen der B- und C-Kader vergleichbar bzw. umgekehrt.

Die Veränderung bzw. Verlagerung der Schwerpunkte und Belastungsumfänge zwischen den Trainingsetappen verläuft für alle Kadergruppen nach einem ähnlichen Muster, das dem Periodisierungskonzept von Matveev entspricht: Mit fortschreitendem Training findet erst eine Umfangssteigerung und dann eine Verlagerung zu den speziellen Trainingsinhalten statt.

10.4.2 Analyse ausgewählter Trainingsprotokollen von Spitzenathleten

Nachfolgend werden Trainingsprotokolle deutscher Top-Athleten ausgewertet und interpretiert. Die Auswahl erfolgte gezielt, nicht zufällig, daher ist eine Generalisierung mithilfe statistischer Methoden nicht möglich. Um die Trainingsprotokolle und damit die mittelfristige Trainingsplanung einordnen zu können, wird jeweils zu Beginn der Analysen die langfristige Leistungsentwicklung der Athleten vorgestellt. Daran anschließend werden Charakteristika des Trainings dargestellt und hinsichtlich Übereinstimmungen mit anderen Trainingskonzepten bzw. Besonderheiten diskutiert.

Hendrik Beyer

Die Leistungsentwicklung von Hendrik Beyer ist in Tabelle 10.10 abgetragen. Sie weist deutliche Zuwachsraten bis zu Höhen oberhalb von 2,30 m auf. Innerhalb der erweiterten Weltklasse konnte er sich verletzungsbedingt nur wenige Jahre aufhalten und musste vergleichsweise früh seine sportliche Laufbahn beenden.

Tab. 10.10: Leistungsentwicklung von Hendrik Beyer

Jahr	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Alter	16	17	18	19	20	21	22	23
Leistung	2,00	2,17	2,23	2,25h	2,32	2,33	2,31	2,32

Die hier ausgewählte Trainingsetappe beinhaltet den ersten Makrozyklus der Saison 1990/91, also das Wintertraining in Vorbereitung des letzten Jugendjahres (Killing, 1992b). In diesem Zeitraum konnte Beyer als Sportsoldat unter professionellen Bedingungen trainieren. So erklärt sich der für einen westdeutschen Jugendlichen hohe Trainingsumfang von 7-8 TE/Woche²⁵⁴. Die Jahresplanung zielte auf ein erfolgreiches Abschneiden bei der JEM 1991, die Hallensaison hatte nachgeordneten Wert. Ziele für die Hallensaison waren eine geringe Steigerung der Bestleistung (ca. 2.25 m) bei hoher

²⁵⁴ Zur Einordnung des Trainings von Hendrik Beyer siehe die DLV-Trainingskonzeption für insbesondere die weibliche Jugend von Kurschilgen & Riepl (1998).

Leistungsstabilität. Beide Ziele konnten erreicht werden (BL 2,25 m, 5er Schnitt 2,23 m). Trainingsziele waren:

- Steigerung der allgemeinen athletischen Voraussetzungen
- Änderung der Hochsprungtechnik in Richtung eines Hoch-Weit-Sprungs
- Verbesserung der Sprinttechnik und -leistung
- Steigerung der Sprung- und Beinkraftvoraussetzungen

Als Trainingsmittel für die angestrebte Veränderung der Hochsprungtechnik wurden spezielle Imitationsübungen, sogenannte Scher-, Hock- und Rollsteigesprünge eingeführt. Die übrigen Trainingsmittel wiesen keine Besonderheiten auf.

Tab. 10.11: Wöchentliche Belastungsumfänge von Hendrik Beyer in der Saison 1990/91

Inhalt	aVP	sVP	WP	Einheit
Techniksprünge	60	40	30	n
Steigesprünge	100	50	10	n
Allgemeine Sprünge	380	200	100	n
Sprünge gesamt	540	290	140	n
Sprint		250	100	m
Tempo-/Koordinationsläufe	3000	1800	300	m
Dauerlauf	14	10	4	km
Allg. Kraft	8	4	1	t
Spez. Kraft	6	10	4	t
Kraft gesamt	14	14	5	t
Fitness-/Stabilisierungstraining	2	1,5	1	Std
Trainingseinheiten	8	7	4	n

In der Übergangsperiode wurden regenerative Dauerläufe und umfangreiche Gymnastikprogramme jeweils an vier bis fünf Tagen pro Woche durchgeführt. Auch zu Beginn der aVP hatten läuferische Trainingsinhalte noch einen großen Stellenwert innerhalb des Trainings, zweimal pro Woche wurden Tempo- bzw. Koordinationsläufe absolviert, dazu kamen ein bis zwei Dauerläufe. Mit dem Voranschreiten der aVP wurden die Laufanteile zugunsten von Sprungtrainingseinheiten reduziert. Zunächst wurden kleine Sprünge, dann Mehrfachsprünge auf dämpfenden Untergrund in hohen Umfängen absolviert. Dazu kamen zahlreiche Steigesprünge niedriger Intensität. Zum Ende der aVP wurden die schon erwähnten Scher- und Hocksteigesprünge ins Training aufgenommen, die bei hohen Umfängen, aber niedrigen Intensitäten (Sprunghöhen) technikorientiert ausgeführt wurden (Tab. 10.11).

In der sVP wurden die Sprungformen intensiver und spezifischer, Sprungserien und Steigesprünge wurden aus höheren Anlaufgeschwindigkeiten realisiert. Ende der sVP wurden in den Sprungkrafttests (5er Sprung mit Anlauf ca. 20 m) altersbezogen gute

Werte erreicht. Der Anteil des Techniktrainings wurde höher (2 TE/Woche), die Trainingsleistungen stiegen entsprechend. Der Umfang der Sprint- und Laufarbeit sank um 30-40 %, indem die Streckenlängen reduziert wurden. Die technische Qualität des Sprintlaufes blieb unter den Erwartungen, in der Folge war auch die Sprintleistung von Beyer unterdurchschnittlich.

Zum Krafttraining folgen einige grundsätzliche Anmerkungen: Beyer war zum Untersuchungszeitpunkt ein großer, aber auch kräftiger Athlet (1,98 m, 85-88 kg). In der dokumentierten Saison führte er zum ersten Mal ein gezieltes Krafttraining mit zwei TE/Woche durch. Die Trainingsinhalte mit TKB, Umsetzen/Ausstößen, Reißen, Fußstreckern, Aufsteiger, Übungen für die Beugeschlinge und Stabilisationsübungen sind als bewährt zu bezeichnen (z.B. Tancic, 1981). In der aVP wurde ein Blockprogramm, in der sVP zunehmend ein Pyramidenprogramm absolviert. Aufgrund seiner guten körperlichen Voraussetzungen erreichte Beyer innerhalb nur eines Makrozyklus' altersbezogen überragende Kraftwerte (TKB 120 kg, Umsetzen 80 kg).

In der kurzen Hallensaison mit sechs Wettkämpfen in fünf Wochen wurde das Training erheblich reduziert, um die Formentwicklung voranzutreiben, man kann von einem Erhaltungstraining sprechen.

Anton Riepl

Die Leistungsentwicklung in Tabelle 10.12 erweist Anton Riepl als Spätentwickler, der erst mit 26 Jahren Weltklasseniveau erreichte. Diese Leistungsklasse konnte er nur kurzzeitig und punktuell stabilisieren. Legt man einen hohen Maßstab an, kann man Riepl daher nur befristet zur erweiterten Weltklasse zählen. Da er seine geringe Körpergröße (1,76 m) bei seiner Bestleistung um 57 cm übertraf (weltbeste Überhöhung: Franklin Jacobs 1978 mit 59 cm: 2,32 m bei 1,73 m Körpergröße), erscheint die Analyse seines Trainings dennoch von besonderer Bedeutung.

Tab. 10.12: Leistungsentwicklung von Anton Riepl

Jahr	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Alter	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Leistung	2,00	2,07	2,12	2,13	2,13	2,14	2,23	2,26	2,25	2,33	2,30	2,20

Athleten wie Riepl, die um den internationalen Anschluss ringen, können nicht wie Astafei oder Buß das Training über mehrere Jahre hinaus planen oder modellieren, sondern sind bemüht, von Jahr zu Jahr ihr Training anhand der immer größeren Erfahrung zu optimieren. Eine weitere Einschränkung betrifft den sozialen Rahmen des Trainings. Da der sportliche Erfolg kein ausreichendes Einkommen gewährleistet, müssen sich diese Athleten auch beruflich orientieren, was zu Einschränkungen im Training führt. Dies gilt

im Prinzip auch für Riepl. Der dokumentierte Trainingszeitraum liegt jedoch zwischen Studienende und Berufsbeginn, d.h., er konnte unter professionellen Bedingungen trainieren.

Ausgangs der Saison 1994 stagnierte Riepl schon mehrjährig bei 2,25 m. Eine ähnliche Phase hatte er schon von 1988 bis 1991 mit Leistungen von 2,12-2,14 m absolviert, bis er sich wieder deutlich verbesserte (Tab. 10.12). Untersucht wird der erste Makrozyklus des Trainings- und Wettkampfjahres 1994/95, für den Riepl aufgrund der professionellen Rahmenbedingungen eine weitere Leistungssteigerung anstrebte. Um eine erneute Leistungssteigerung zu erreichen, sollte der Absprungimpuls über eine höhere Anlaufgeschwindigkeit und einen längeren vertikalen Beschleunigungsweg vergrößert werden. Dazu wollte Riepl den Sprungkraftanteil im Training wieder erhöhen. Da auch das Krafttraining ausgedehnt werden sollte, wurde der Sprintanteil weiter reduziert. Stabilisierungs- und Dehnungsprogramme dienten zur Erhöhung der Belastbarkeit. Seine Zielsetzung konnte Riepl mit mehreren Bestleistungen im Winter bis hin zu 2,33 m übererfüllen (Killing & Riepl, 1995).

Die Ausgangslage im konstitutionell-konditionellen Bereich war nicht erfolgsversprechend. Der ungewöhnlich gute Quotient Größe/Gewicht von 2,8 wurde durch die geringe Körpergröße relativiert. Die Leistungen im Kraftbereich waren nur durchschnittlich, doch muss man hier sein geringes Körpergewicht bedenken, das zu guten Leistungen bezüglich der relativen Kraft führte. Erheblich unterdurchschnittlich waren die Sprungkraftergebnisse im 5er Sprung aus dem Stand und mit Anlauf (14 und 19 m). Immerhin durchschnittlich war die Überhöhung bei Steigesprüngen (90 cm), doch entsprach sie bei weitem nicht der Sprunghöhe von 2,25 m, für die eine Steigehöhe von über 1,30 m erforderlich ist. Überraschend dagegen waren die technisch-koordinativen Voraussetzungen, die sich im Allgemeinen und im hochsprung-spezifischen Bewegungsrepertoire sowie in der Ausführungsqualität niederschlugen. So zählte Riepl zu den wenigen Athleten, für die bei einem Sprung (über 2,27 m) die maximale KSP-Flughöhe unterhalb der Lattenhöhe bestimmt wurde. Über die Jahre ist die Zahl der TE/Woche mit ca. 6 konstant geblieben, dabei haben sich die Trainingsanteile weg vom Lauf und auch weg von der Sprungarbeit hin zur Kraft verlagert.

Tabelle 10.13 zeigt das Belastungsraster in den drei Trainingsetappen. Die hohen Sprungumfänge in der aVP ergaben sich aus einer Vielzahl kleiner und mittlerer Sprünge, die in verschiedenen Sprungformen absolviert wurden. Hier brachte Riepl mit einer Dosierung der Intensitäten (Sprunghöhen) innerhalb der verschiedenen Sprungübungen einen neuen Aspekt in die Trainingsgestaltung. Jede Sprungform wurde mit einigen Serien kleiner Sprünge eingeleitet. Sobald der Bewegungsrhythmus gefestigt war, führte er einige Sprünge bei mittlerer (selten bis hoher) Intensität aus und wechselte dann zur nächsten Übungsform. Diese Form der Belastungssteuerung ist nur bei Athleten mit hervorragenden technomotorischen Eigenschaften realisierbar.

Tab. 10.13: Wöchentliche Belastungsumfänge von Anton Riepl in der Saison 1994/95

Inhalt	aVP	sVP	WP	Einheit
Techniksprünge	30	55	15	n
Steigesprünge	40	10	55	n
Allgemeine Sprünge	930	470	270	n
Sprünge gesamt	1000	535	340	n
Lauf-ABC, -Koordination		1800	1140	m
Dauerlauf	15	15,5	13,5	km
Allg. Kraft	10,1	5,6	5,5	t
Spez. Kraft	77,1	52,9	48,0	t
Kraft gesamt	87,1	58,5	53,5	t
Fitnesstraining	2	2	1,8	Std
Trainingseinheiten	5	5	5	n

Der Sprungumfang sank in der sVP beträchtlich, blieb aufgrund wiederum kleiner Sprünge in der WP vergleichsweise hoch. Ähnlich ist die Entwicklung im Kraftbereich, wo für Hochspringer extrem hohe Belastungsumfänge realisiert wurden. Sie erklären sich dadurch, dass Riepl täglich ein umfangreiches Kraftprogramm absolvierte (s.u.), wie es ansonsten nur von Kraftsportlern und leichtathletischen Werfern bekannt ist. Von der aVP zur sVP sank der Kraftumfang beträchtlich, zur WP dagegen nur noch geringfügig. Übungen bei geringen Beugewinkeln, die mehr dem Spannungserhalt als dem Kraftgewinn dienen, ermöglichten hohe Wiederholungszahlen und erklären so die hohen Belastungsumfänge. Solche Übungen waren Fußstrecker und Drittel- bis Halb-Kniebeugen. Die Umfänge im Techniktraining und bei den Steigesprüngen fielen normal aus, ebenso die Umfänge für Stabilisierung und Beweglichkeit. Wie geplant war die Sprintbelastung sehr gering, Riepl begründete dies mit selbsterfahrenen negativen Wechselwirkungen zur Kraft- und Sprungkraftentwicklung.

Bemerkenswert am wöchentlichen Trainingsregime von Riepl ist, dass er jeden Tag dasselbe Programm durchführte. Das tägliche Training nahm ca. fünf Stunden in Anspruch, trainiert wurde an fünf Tagen in der Woche, das Wochenende war trainingsfrei. Das Training hatte insofern arbeitsähnliche Dimensionen (Tab. 10.14). Er begann jeweils mit Aufwärm-, Lauf- und Sprungübungen und schloss das Training mit einem umfangreichen Kraftblock ab, wie man es von Spitzenathleten im Wurfbereich kennt. Von Tag zu Tag variierte er im Krafttraining einzelne Trainingsübungen, die aber auf dieselbe Muskulatur hinzielten. Insofern kann man nicht von einer Trainingsmodellierung innerhalb der Woche sprechen, die dem Begriff des Mikrozyklus' zugrunde liegt. Allenfalls die Pause am Wochenende lässt noch den Wochenrhythmus erkennen. Wenn Czingon (2001) zwei Mikrozyklen in einer Woche unterbringen möchte, so ist bei Riepl der Trainingstag mit dem Mikrozyklus vergleichbar. Denn nur innerhalb der Trainingseinheit fand eine Trainingsmodellierung statt. Dadurch dass die Sprungbelastungen –wie oben beschrieben– nur

sehr selten hohe Intensitäten erreichten, war die Knorpelbelastung und damit die Regenerationszeit so stark eingeschränkt, dass dieses Training über Monate mit Erfolg realisiert werden konnte.

Tab. 10.14: Trainingswoche von Anton Riepl in der aVP 1994/95

Inhalt	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Summe
Sprünge	236	230	200	225	110			1001
Lauf	3000	3000	3000	3000	3000			15000
Stabilisierung	15	15	10	15	15			85 min
Kraft	18,9	14,8	20,5	15,4	17,5			87,1 t

Alina Astafei

Die Leistungsentwicklung von Alina Astafei im Jugendalter war progressiv (Tab. 10.15). In nur wenigen Leistungssprüngen erreichte sie internationalen Standard. Aus vergleichenden Studien weiß man, dass bei Spitzenathleten die Leistungsentwicklung mit großen Zuwachsraten bis auf Weltklasseniveau sehr viel häufiger vorkommt als eine langjährige, allmähliche Steigerung (Czingon, 1993, S. 12). Aufgrund der früheren körperlichen Reifung erreichen hochbegabte Frauen ihre Hochleistungsphase einige Jahre eher als die Männer, häufig schon im Jugendalter. Insofern sind die mit 19 Jahren übersprungenen 2 m zwar im Ausmaß ungewöhnlich, im Prinzip aber normal. Dieses hohe Niveau konnte Astafei über einen langen Zeitraum behaupten, erst nach 1996 war ein allmählicher Leistungsrückgang zu verzeichnen.

Tab. 10.15: Leistungsentwicklung von Alina Astafei

Jahr	1984	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
Alter	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Leistung	1,80	1,89	1,93	1,93	2,00	2,00	1,98	-	2,00	2,00	2,02	2,01	2,00	1,98

Die lange Zugehörigkeit zur internationalen Leistungsklasse ermöglichte einerseits eine professionelle Orientierung auf den Hochleistungssport, andererseits eine langfristige Leistungsplanung mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen²⁵⁵ bzw. mit Mehrjahresplanungen. Diese wurden gewöhnlich vom Trainer bestimmt oder mitbestimmt. Da Astafei mehrfach den Trainer wechselte, wäre angesichts der Leistungskonstanz ein Vergleich der Trainingsinhalte in den verschiedenen Trainerphasen interessant. Doch liegen aus der Zeit vor 1994 keine Trainingsinformationen vor.

²⁵⁵ Bei langfristigen Karrieren im Hochleistungssport sind längere Regenerationsphasen (ein Makrozyklus oder ein Jahr) sinnvoll. Hierzu ist auch die Babypause von Alina Astafei 1991 zu rechnen (ähnlich Heike Drechsler). Absolute Weltklasseathletinnen verbinden auf diese Weise private und sportliche Anforderungen.

Die Saison 1995/96, also die Olympiasaison, wurde mit Wettkampfhöhepunkten in der Halle (HEM) und im Freien (OS) im Sinne einer Doppelperiodisierung geplant. Der Untersuchungszeitraum umfasste den 1. MAZ 1995/6. Ihr Trainer Vladescu²⁵⁶ ermittelte im Rahmen der Saisonanalyse 1995 eine Reihe von Defiziten. Verbesserungswürdig erschienen insbesondere das geringe Kraftniveau, der unterdurchschnittlich schnelle Anlauf und die schiefe Körperlage bei der Lattenpassage, dadurch die schlechte Überhöhung. Ein vielseitiges Techniktraining aus unterschiedlichen Anlaufängen (Flop aus 4, 6 und 8 AS, Standflop) sollte die technischen Mängel abbauen. Durch eine Schwerpunktsetzung auf die Kniebeuge und ein umfangreiches Sprungkrafttraining sollten die konditionellen Aufgaben bewältigt werden (Killing & Vladescu, 1996). In der anschließenden Hallensaison 1996 erreichte sie mit 2,02 m²⁵⁷ ein Spitzenresultat und gewann die Halleneuropameisterschaft mit 1,98 m.

Tabelle 10.16 zeigt die Trainingsinhalte und Belastungsumfänge des ersten Makrozyklus, also von Oktober 1995 bis Anfang März 1996, gegliedert in aVP, sVP und WP. Trotz der geplanten Schwerpunktsetzung im Sprungkraftbereich war die Zahl der Sprünge in der allgemeinen Vorbereitungsperiode mit weit über 1000 Sprüngen pro Woche ungewöhnlich hoch. Hier waren sehr viele kleine Sprünge mit geringer Intensität (Sprunghöhe) enthalten, die Astafei auf Naturboden an leichter Hanglage absolvierte (vgl. Killing & Riepl, 1998). Einmal pro Woche wurden die Sprünge bergauf zur Entwicklung der konzentrischen Kraft und einmal bergab zur Steigerung der reaktiven Kraft durchgeführt. Auch in der sVP nahmen diese Sprünge noch einen großen Umfang ein, bevor sie in der WP stark reduziert wurden. Ebenfalls sehr umfangreich fiel das Techniktraining aus, doch wurde entgegen der Planung mehr aus kurzem als aus langem Anlauf gesprungen. Dagegen lagen die Umfänge im Krafttraining, angegeben in Tonnen, unter dem Durchschnitt. Durch die Betonung der Kniebeuge (langer Weg, lange Einwirkungszeit, vergleichsweise geringes Gewicht) war dennoch eine Beinkraftentwicklung möglich. Im Vergleich zu den diversen weiter oben angeführten Trainingsempfehlungen war der Umfang des Sprint-/Lauftrainings ebenfalls leicht unterdurchschnittlich. Durch Kontrollübungen (Gewicht TKB, Standweit- und Dreisprung, 30-m-Sprint) wurde regelmäßig der Leistungsfortschritt geprüft.

²⁵⁶ D. Vladescu hatte auch mit anderen Hochspringern Erfolg. So führte er auch Ralf Sonn (4. WM 93) und Wolfgang Kreißig (9. OS 96) in die Weltklasse. Alina Astafei war jedoch seine erfolgreichste Athletin (1. HWM 95, 2. WM 95, 5. OS 96, 3. EM 98).

²⁵⁷ Aufgrund der unterschiedlichen Bodenbeläge (Schwungboden, schaumgedämmter Boden, fester Untergrund) verzichten wir in Tabelle 9.15 bis auf das Jahr 1994, in dem sie aufgrund eines Startverbotes nur Hallenwettkämpfe bestritt, auf die Nennung von Hallenresultaten. Alina Astafeis persönliche Hallenbestleistung beträgt 2,04 m (1995).

Tab. 10.16: Wöchentliche Belastungsumfänge von Alina Astafei in der Saison 1995/96

Inhalt	aVP	sVP	WP	Einheit
Techniksprünge	40	100	30	n
Steigesprünge	40	40	25	n
Allgemeine Sprünge	1400	800	100	n
Sprünge gesamt	1480	940	155	n
Sprint	400	200	150	m
Tempo-/Koordinationsläufe	1100	700	700	m
Dauerlauf	7,5	5		km
Allg. Kraft	2	1	0,5	t
Spez. Kraft	4	4	1,5	t
Kraft gesamt	6	5	2,0	t
Fitness-/Stabilisierungstraining	3	2	1,5	Std
Trainingseinheiten	10	10	6	n

Martin Buß

Martin Buß hatte als Schüler Leichtathletik und auch Hochsprung betrieben. Er wechselte jedoch 1989 (mit 13 Jahren) zum Fußball und 1994 wieder zur Leichtathletik zurück. 1994 erzielte er ohne besondere Anleitung in seinem ersten Wettkampfsjahr 2,04 m (Tab. 10.17). Kurz darauf begann die Zusammenarbeit mit Trainer Rainer Pottel, die bis zum Untersuchungsende anhielt. Pottel plante das Training von Buß langfristig und protokollierte es ausführlich. Diese Trainingsmaterialien liegen der folgenden Auswertung zugrunde (u.a. Killing & Pottel, 1997).

Tab. 10.17: Leistungsentwicklung von Martin Buß

Jahr	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Alter	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Leistung	2,04	2,19	2,27	2,31	2,33	2,35	2,34	2,36	2,30

Buß zeigte in den Folgejahren die für internationale Spitzenathleten typischen großen Leistungssprünge bis zum Erreichen des Weltklasseniveaus (1997). Danach waren die Steigerungsraten deutlich geringer, hielten jedoch bis zum Untersuchungsende an. Diese Entwicklung spiegelte sich auch in der Trainingsgestaltung wieder, während die ersten Jahre eine Kombination von Aufbau- und Anschlussstraining beinhalteten, die durch Zuwächse betreff Umfang und Intensität geprägt waren, setzte mit dem Erreichen der Weltklasse und der Absehbarkeit einer dauerhaften Zugehörigkeit eine langfristige (Mehrjahres-) Planung mit aufeinander abgestimmten jährlichen Schwerpunktlegungen ein. Nachfolgend soll zunächst ein Makrozyklus aus der Saison 1996/97 dargestellt werden, an deren Ende Buß seine Bestleistung auf 2,28 m steigerte. Daran anschließend werden Trainingspläne aus dem Hochleistungstraining der Jahre 1999 bis 2001 vorgestellt

und diskutiert. Diese Phase, die durch mehrere Verletzungen unterbrochen wurde, schloss Buß mit seinem ersten internationalen Titelgewinn mit neuer Bestleistung von 2,36 m ab.

Tabelle 10.18 gibt die Belastungsumfänge bezüglich der wichtigsten Trainingsinhalte im Herbst und Winter 1996/97 wieder. Nicht in der Tabelle sind die Trainingsinhalte und -umfänge der vorangehenden dreiwöchigen Übergangsperiode (ÜP) enthalten, in denen Buß täglich ein bis zwei Stunden unspezifische, regenerative Trainingsinhalte wie Radfahren, Schwimmen, Fußballtennis und Tischtennis absolvierte.

Tab. 10.18: Wöchentliche Belastungsumfänge von Martin Buß in der Saison 1996/97

Inhalt	aVP	sVP	WP	Einheit
Techniksprünge	30	40	15	n
Steigesprünge	70	40	10	n
Allgemeine Sprünge	300	220	50	n
Sprünge gesamt	400	300	75	n
Sprint	300	700	200	m
Lauf-ABC	300	300		m
Dauerlauf	6	6	2	Km
Allg. Kraft	5	3		t
Spez. Kraft	6	8	2,5	t
Kraft gesamt	11	11	2,5	t
Fitnessstraining	2	4	3	Std
Trainingseinheiten	7	7	3,5	n

Bemerkenswert sind die geringen Umfänge im Laufbereich. Ursächlich sind hierfür Fuß- und Kniebeschwerden als Nachwirkungen des Fußballspielens, die insbesondere bei Sprintbelastungen auftraten. Auch im Sprungbereich mit Ausnahme der speziellen Sprünge sind die Umfänge zu diesem Zeitraum unterdurchschnittlich, nicht nur an den normativen Vorgaben von Tabelle 10.8, sondern auch an den empirischen Zahlen für den B-Kader in Tabelle 10.9 gemessen. Dies begründet sich nicht nur aus den vorgenannten Beschwerden, sondern auch aus dem geringen Trainingsalter des Athleten. Im Krafttraining wurden ebenfalls nur die Umfangszahlen der C-Kader-Athleten unserer Untersuchung erreicht, hier ließe sich die gleiche Begründung verwenden. Doch geben die angegebenen Zahlen die intensive Kraftarbeit von Buß nur unzureichend wieder, da er im Unterschied zu den vorgenannten Athleten primär nach der Maximalkraftmethode, d.h. mit geringen Wiederholungszahlen, dafür aber mit hoch belastenden Übungen wie Tiefkniebeugen, Reißen, Umsetzen/Ausstößen arbeitete. Unter diesem Blickwinkel waren die Zahlenwerte im Kraftbereich beträchtlich. Während von der allgemeinen zur speziellen VP die Umfangsverschiebungen in Richtung der speziellen Trainingsinhalte gering waren, wurde das Training in der WP erheblich eingeschränkt. Dies wurde schon an der halbierten Zahl der TE/Woche, mehr aber noch an den gravierenden Reduktionen im Sprung-

, Sprint- und Kraftbereich deutlich. Diese Einschränkungen dienten gleichermaßen der Formentwicklung wie der Schonung in Vorbereitung der Wettkämpfe.

Zur Vorbereitung auf die Olympischen Spiele 2000 wurde ein Zweijahresplan mit folgenden Schwerpunkten entworfen:

1. 1. Makrozyklus 1998/99 Kraftentwicklung
2. 2. Makrozyklus 1999 Schnellkraftentwicklung
3. 1. Makrozyklus 1999/00 Schnelligkeitsentwicklung
4. 2. Makrozyklus 2000 Technikentwicklung

Dass die Schwerpunktlegung nicht zu einer Vernachlässigung der jeweils anderen Trainingsinhalte führte, veranschaulicht die Belastungsplanung für die einzelnen Makrozyklen in Tabelle 10.19. Hier sind innerhalb der Sommermakrozyklen jeweils die Phasen der unmittelbaren Vorbereitung auf den Saisonhöhepunkt (UWV) gesondert ausgewiesen. Um die Trainingsinhalte und -umfänge in den einzelnen Phasen vergleichen zu können, sind in Klammern die durchschnittlichen Werte pro Woche aufgezeigt. Im 1. MAZ 1999 wies das Krafttraining mit 1150 Wiederholungen ein Maximum auf, danach rückten die Schnellkraft- und Schnelligkeitsleistungen ins Maximum. Schließlich sollte im 2. MAZ 2000 die Technik eine Belastungsspitze aufweisen. Es versteht sich, dass die Trainingsinhalte innerhalb der Makrozyklen nicht gleichmäßig verteilt waren. So fiel die Sprungkraftausdauer jeweils in den ersten Teil der allgemeinen Vorbereitungsperiode, die Kraft dagegen hatte zum Ende der aVP ihr Maximum, wogegen Schnellkraftübungen (z.B. 5er Hop, Kugelschocken) und Techniksprünge in der sVP ihr Maximum erreichten.

Tab. 10.19: Planungskennziffern eines Zweijahresabschnitts von Martin Buß
(in Klammern: Durchschnittswerte pro Woche)

Makrozyklus	1.MAZ 1999	2.MAZ 1999	UWV 1999	1.MAZ 2000	2.MAZ 2000	UWV 2000
Zeitraum	28.9.-7.3.99	8.3.-4.7.99	5.7.-12.9.99	27.9.-27.2.00	28.2.-6.8.00	8.-1.10.00
Dauer	23 Wochen	17 Wochen	10 Wochen	22 Wochen	23 Wochen	8 Wochen
Technik (n)	550 (24)	550 (32,5)	300 (30)	700 (31,8)	800 (34,7)	300 (37,5)
Schnellkraft (n)	1000 (43,5)	800 (47,1)	400 (40)	1400 (63,6)	1500 (65)	400 (50)
Sprungausd. (n)	5700 (248)	2500 (147)	1000 (100)	4300 (195)	2500 (109)	700 (87)
Laufschnell. (km)	4,5 (0,2)	3,5 (0,2)	2,5 (0,25)	6,0 (0,27)	6,5 (0,28)	2,5 (0,31)
Kraft (n)	1150 (50)	500 (29,4)	250 (25)	900 (40,9)	600 (26,1)	200 (25)
Tr.-Zeit (h)	285 (12,4)	190 (11,2)	95 (9,5)	275 (12,5)	300 (13,0)	85 (10,6)
TE (n)	165 (7,2)	115 (6,8)	55 (5,5)	155 (7,0)	165 (7,2)	50 (6,2)

Da nicht nur die jeweiligen Trainingsschwerpunkte, sondern auch die anderen Trainingsinhalte über den Gesamtzeitraum an Umfang zunahmen, war eine Erhöhung der Trainingszeit bzw. der Trainingseinheiten erforderlich. In Tabelle 10.19 veranschaulicht das der Vergleich der gleichen MAZ in den unterschiedlichen Jahren. Dabei stieg die

Anzahl der Trainingseinheiten schon von 1997/98 auf 1998/99 von 301 auf 324 TE. Dieser erhöhte Umfang war nur durch ein professionelles Engagement des Athleten (und des Trainers) möglich²⁵⁸. Zudem wurde im Trainings- und Wettkampffahr 99/00 der noch größere Trainingsumfang durch eine Reihe von Trainingslagern mit jeweiligen Belastungsspitzen realisiert. Analog der Belastungsplanung im Training wurden Zielleistungen in der Wettkampfdisziplin, aber auch in den wesentlichen Zubringerleistungen formuliert. Dazu zählten

- Bestleistung, Anzahl WK über 2,30 m
- 10er Schnitt der Wettkampfleistung
- Trainingsleistung im Hochsprung
- 5er Sprung, 5er Hop, 10er Sprung
- Kugelsschocken vor- und rückwärts
- Tiefkniebeuge, Umsetzen/Reißen
- Hürdensprint, 1er und 3er Rhythmus

Tab. 10.20: Unmittelbare Wettkampfvorbereitung von Martin Buß auf die WM 2001

Woche	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
2.-8.7.		Anfahrt TL Zinnowitz	Lauf-Koord. Sprungausd 120 Spr.	Fahrrad Skaten Stabil.Üb.	Lauf-Koord. Sprungausd 144 Spr.	Fahrrad Skaten Stabil.Üb.	Lauf-Koord. Sprungausd. 180 Spr.
9.-15.7.	Fahrrad Skaten Stabil.Üb.	Lauf-Koord. Sprungausd 240 Spr.	Fahrrad Skaten Stabil.Üb.	Lauf-Koord. Sprungausd. 300 Spr.		Allg. Kraft	
16.-22.7.	Schocken		Hürdenlauf Kraft (Reiß. TKB, Fuß)	Weit 10er Sprung		Abläufe, ZWL, Kraft	Technik 5er Hop Kastenspr.
23.-29.7.	Anreise TL Calgary Stabil.Üb.	Schocken	Technik 5er Hop Hürdenspr.	Kraft (TKB, Reißen, Fuß) Stabil. Üb.	Sprint-Koor Stabil. Üb.	Koord. Schocken	Technik 5er Hop Hürdenspr.
30.-5.8.	Kraft Reißen, TKB, Bank	Sprint-Koor Stabil.Üb.	Lauf-Koor. Schocken	Kraft	Anreise Edmonton Aufwärmen	Schocken	Qualifikation 2,27 m
6.-12.8.	Sprint-Koo. Stabil.-Üb.	Schocken	Finale 2,36 m Weltmeister				

Die einzelnen Makrozyklen waren wiederum in vier bis sechs Wochen dauernde Zyklen unterteilt, wobei der letzte die direkte Vorbereitung auf den internationalen Saisonhöhepunkt, die UWV beinhaltete. Diese Einteilung entsprach dem letzten Rahmentrainingsplan der DDR (siehe Tab. 10.6 und 10.7). Die mit dem Periodisierungskonzept übereinstimmenden Zahlenwerte in Tabelle 10.19 belegen die These von Schnabel, Harre & Borde (1994, S. 431), dass das Zyklisierungskonzept nur eine Weiterentwicklung des

²⁵⁸ Der Wechsel in einen finanzstarken Verein mit einer langfristigen vertraglichen Bindung ermöglichte die ausschließliche Konzentration auf den Hochleistungssport.

Periodisierungsmodells darstellt. Ein grundlegender Widerspruch zwischen dem Konzept von Matveev und modernen Trainingsmodellen, wie ihn Verchochanskij (1998) behauptet, kann mit diesem Material nicht bestätigt werden.

Abschließend wird eine UWV (unmittelbare Vorbereitung auf den Saisonhöhepunkt), hier zur Vorbereitung der WM 2001 dargestellt, die als beispielhafte Realisierung des UWV-Konzeptes gelte kann, wie es bei Schnabel, Harre & Borde (1994, S. 501f) beschrieben wird. Tabelle 10.20 zeigt, dass diese Phase durch zwei Trainingslager mit unterschiedlichen Schwerpunktsetzungen strukturiert war. Das erste Trainingslager war durch einen Belastungsschwerpunkt im Sprungausdauerbereich gekennzeichnet. Die hohe Dichte der Sprungeinheiten war aufgrund des nachgebenden Untergrundes (fester Sandstrand) möglich. Das zweite Trainingslager dagegen gewährleistete bei sinkenden Umfängen die erforderliche Regeneration und Konzentration für die steigenden Intensitäten, die in neuen Bestwerten in einzelnen Testübungen und im Hochsprung ihren Niederschlag fanden.

10.5 Diskussion und Interpretation

Die ausgewerteten Trainingsprotokolle sind den Jahren 1989 bis 2001 zuzuordnen, umfassen also einen Zeitraum von zwölf Jahren. Definiert man den Beginn des systematischen Leistungstrainings zwischen 1950 und 1960²⁵⁹, machen zwölf Jahre immerhin ein Viertel der gesamten Entwicklungszeit aus, also einen erheblichen Teilabschnitt. Entsprechend sind in diesem Zeitraum über die individuellen Besonderheiten hinaus durchaus Entwicklungen, sprich Unterschiede zwischen den einzelnen Trainingsmodellen zu erwarten. Nachfolgend sollen Parallelen und Besonderheiten zwischen den ausgewerteten Trainingsprotokollen, aber auch Bezüge zu den älteren Trainingskonzepten dargestellt werden.

Gemeinsamkeiten

In allen Protokollen wird das Trainingsjahr in zwei Makrozyklen (MAZ), also Hallen- und Freiluftsaison unterteilt. Die Makrozyklen weisen drei Hauptphasen auf: die Übergangs-, die Vorbereitungs- und die Wettkampfperiode. Während die Übergangsperiode unterschiedlich präzise gestaltet oder ihre Trainingsinhalte ausformuliert werden, sind die beiden anderen Phasen überall detailliert beschrieben. Dabei wird die Vorbereitungsperiode überwiegend in einen allgemeinen und einen speziellen Teil untergliedert. Betrachtet man die Umfangszahlen, gibt es zwar erhebliche Unterschiede in den Absolutwerten, doch ist die Tendenz zu einem spezielleren, intensiveren Training bei sinkenden Umfängen für alle untersuchten Athleten festzustellen. Die Umfänge sinken aufgrund geringerer Serien- und Wiederholungszahlen. Die aufgezeigten Kriterien weisen auf die

²⁵⁹ Diese Terminierung orientiert sich an den ersten systematischen Arbeiten russischer Autoren zur Trainingsplanung (Jakovlev, Matveev) sowie zum Hochsprungtraining (Djatschkov). Dass diese Autoren auch auf Einzelerkenntnissen aus anderen Wissensbereichen (Biochemie) fußten, versteht sich.

allen Protokollen gemeinsame Orientierung am Periodisierungskonzept von Matveev hin, dass zumindest zu den Untersuchungszeitpunkten noch wirksam war.

Nur geringe Differenzen zwischen den einzelnen Athleten finden sich bezüglich der Umfänge im Techniktraining bzw. der speziellen Sprungarbeit²⁶⁰. Die wöchentlichen Umfangszahlen in der speziellen VP bewegen sich zwischen 30 und 50 Techniksprüngen. Im mittleren Teil der VP werden bei Beyer und Buß die Techniksprünge im vielseitiger Ausführung über die Latte (Hochsprungmehrkampf, Seriensprünge, Flop mit Zusatzaufgaben) absolviert, später dominiert auch bei diesen beiden Springern der Flop aus mittlerem bis langen Anlauf. Diese empirisch ermittelten Umfänge für die speziellen Sprünge weichen nicht wesentlich von den Empfehlungen Tancic's, Schubert's und von älteren Konzepten ab (z.B. Wischmann, 1960). Diesbezüglich kann man von bewährten Belastungen oder gesicherten Erfahrungen ausgehen. Ähnliche Wiederholungszahlen wie für die Techniksprünge finden sich in den Protokollen für die Steigesprünge (sVP 40-80/Woche). Bedauerlich ist hier, dass die Leistungsdiagnostik nur unzureichende Intensitäts- oder Qualitätskriterien liefert.

Gemeinsam ist allen Trainingsprotokollen die geringe Rezeption des Dehnens. Dies ist wohl weniger Ausdruck des geringen Ausmaßes oder Stellenwertes, sondern der geringen Variabilität beim einzelnen Springer im Jahresverlauf: Das Dehnen erfolgt in immer gleicher oder ähnlicher Weise. Aufgrund einer Untersuchung von Kremer (1988) zum Aufwärm- und Dehnverhalten von Spitzenhochspringern ist bekannt, dass die Mehrzahl ein passiv-statisches Dehnen, das sogenannte Stretching, bevorzugt. Der Wechsel der von ca. 1950-1975 vorherrschenden Schwunggymnastik zum passiven, „stretchenden“ Dehnen war zum Untersuchungszeitpunkt (1987) offenbar vollzogen. Da seither kein neues Dehnmodell etabliert wurde (Wiemeyer, 2001), ist das Stretching für die hier untersuchten Athleten die vorrangige Dehnmethode, so dass auch die Variabilität zwischen den Athleten gering ist. Aufgrund der Zeitangaben in den Protokollen nimmt das Dehnen ca. 10 min des allgemeinen Aufwärmens in Anspruch. Die Spielräume zwischen den Athleten sind auch hier vergleichsweise gering.

Ähnlich vage sind die Hinweise zu allgemeinen Trainingsinhalten wie Turnen/Akrobatik, Medizinballwürfen und anderen leichtathletischen Inhalten, die wir in den Tabellen unter dem Sammelbegriff Fitnesstraining zusammengefasst haben. Offenbar wird diesen Inhalten nur eine begleitende, nicht zentrale Bedeutung für die Leistungsentwicklung zuerkannt. Der Boom des Geräteturnens für die Leistungsentwicklung im Stabhochsprung weist jedoch aus, dass diese Einschätzung vermutlich nicht korrekt ist.

Auch die Testübungen unterscheiden sich in den Protokollen der untersuchten Athleten nur geringfügig, übliche Tests sind die Hochsprungleistung im Training, die Weiten in

²⁶⁰ Die Ausnahme Alina Astafei erklärt sich aufgrund erheblicher sprungtechnischer Defizite, doch absolvierte sie viele Sprünge aus kurzem Anlauf zur Schulung der Lattenpassage.

5er- und 10er-Sprung, die Gewichthebeleistungen (Kniebeugen, Umsetzen/Reißen) und das Kugelschocken²⁶¹.

Individuelle Besonderheiten

Erheblich individuelle Differenzen lassen sich bezüglich der Sprungarbeit aufzeigen. Der Sprungumfang in der aVP reicht von 400 (Buß) bis 1500 Sprüngen (Astafei), ähnlich sind die Unterschiede in der sVP (300 vs. 940), nur in der WP gleichen sich die Extreme aufgrund der deutlich sinkenden Trainingsbelastung an. Diese Differenzen müssen vor dem Hintergrund erheblicher Unterschiede bezüglich des Sprungkrafttrainings in den verschiedenen nationalen Trainingskonzepten gesehen werden. Dort variieren die Gesamtsprungzahlen pro Woche von weniger als 100 Sprüngen (amerikanisches Konzept) bis zu 1800 Sprüngen bei Tancic (1981). Auch wenn man bei letzterem sicher von zu hoch angesetzten Zahlen ausgehen muss, unterscheiden sich die Extremwerte um ein Vielfaches. Die Unterschiede sind Ausdruck der Ambivalenz des Sprungkrafttrainings, das einerseits den höchsten Verwandtschaftsgrad zur Zielübung darstellt und eine entsprechend hohe Wirksamkeit hat, andererseits aber auch erhebliche Beanspruchungen für den Bewegungsapparat, insbesondere die passiven Strukturen mit sich bringt. Astafei erreicht die hohen Umfänge nur mit einem sehr großen Anteil kleiner Sprünge. Diese können in großen Serien (bis zu 30 Sprüngen) absolviert werden, weil sie aufgrund der geringen Horizontalgeschwindigkeit und der kleinen bis mittleren Sprunghöhen den Bewegungsapparat erheblich weniger belasten als andere Sprungformen. Bei den übrigen Probanden machen die kleinen Sprünge ca. 30 % des Gesamtsprungumfangs aus. Sie haben hier primär aufwärmenden Charakter. Die normale Sprungarbeit beinhaltet zum größeren Teil horizontale Mehrfachsprünge, die in Serien von 10 (aVP) bis 3 (WP) Sprüngen bei zunehmenden Anlaufgeschwindigkeiten absolviert werden. Nur selten finden sich Hinweise auf größere Anteile beidbeiniger Vertikalsprünge (hier besteht ein erheblicher Unterschied zu Tancic, der bis zu 600 Vertikalsprünge pro Woche empfiehlt).

Die deutliche Reduktion des Sprungumfangs, wie sie bei Buß und Riepl zu beobachten ist, kann im Sinn von Schonung des Bewegungsapparates verstanden werden. So empfiehlt Hartmann (2002, S. 50), dass bei hohen Gesamtumfängen ein Großteil der Belastungen im niedrigen Intensitätsspektrum realisiert werden muss. Dies wird bei Riepl durch die Variation der Sprungintensität (nur wenige intensive Sprünge) noch einmal unterstrichen. Diese Entlastung wird über ein vermehrtes bzw. intensiveres Krafttraining zu kompensieren versucht. Hier ist der Hinweis auf die Heterochronizität der Erholungsphasen der verschiedenen, an der Sprungbewegung beteiligten Gewebe von Bedeutung (vgl. Olivier, 2001). Während sich die Muskulatur des fortgeschrittenen Athleten innerhalb von 12 bis 24 Stunden weitgehend regeneriert hat, benötigt das Bindegewebe nach intensiven Sprungbelastungen erheblich länger zur Erholung. D.h., um die bindegewebigen Struk-

²⁶¹ Dass der Verzicht auf eine periodische Überprüfung der Steigehöhe ein kollektives Defizit in der Steuerung des Hochsprungtrainings ist, wurde schon in Kap. 9.6 deutlich gemacht.

turen (z.B. Achillessehne, Knochenhaut) zu schonen, kann die nächste Sprungeinheit erst zu einem Zeitpunkt terminiert werden, wenn die muskulären Gewebe schon geraume Zeit erholt sind. Im Krafttraining (stabiler Stütz, geringe bzw. keine Horizontalgeschwindigkeit) ist die Bindegewebsbelastung erheblich geringer, die muskuläre aber bedeutend, so dass – bei entsprechendem Trainingszustand – schon nach wesentlich kürzerer Erholungszeit ein intensives Krafttraining absolviert werden kann.

Analog der Sprungarbeit sind auch die Unterschiede im Krafttraining sehr groß. Dies betrifft weniger die Auswahl der Übungen, die mit Gewichthebeübungen, verschiedenen Kniebeugenformen, Aufsteigern und Fußstreckübungen einen beinahe klassischen Charakter hat. Unterschiedlich sind vielmehr die Umfänge, die von wenigen Tonnen pro Woche (Astafei) bis zu annähernd 100 Tonnen (Riepl) reichen. Der Hinweis auf das geringere geschlechtsbedingte Kraftniveau und das niedrigere Körpergewicht bei Astafei kann zwar die Unterschiede zu Buß oder zu den Kadergruppen auffangen, nicht jedoch die Diskrepanz von mehr als einer Zehnerpotenz zu Riepl, der offenbar eine ganz andere, dem Kraftsport nahestehende Trainingskonzeption zugrundelegt. Eine derartige Zentralstellung des Krafttrainings ist von anderen Spitzenhochspringern nicht bekannt und ist so gesehen ein Novum. Dabei ist nicht der hohe Gesamtwiderstand innerhalb einer Trainingseinheit das neue, dies findet sich auch schon in der Trainingskonzeption von Tancic. Im Unterschied zu diesem favorisiert Riepl ein tägliches umfangreiches Krafttraining. Während Riepl bei zumeist geringen Beugewinkeln und submaximalen Widerständen hohe Wiederholungszahlen bis in die Wettkampfperiode realisiert, favorisieren Buß und Pottel bei intensivem Übungsgut die Wiederholungsmethode mit 3er bis 1er Serien. Entsprechend gering fällt bei Buss der Gesamtumfang aus.

Trends

Im Vergleich zu älteren Trainingskonzepten (1970-1990), wie sie in Abschnitt 9.3 vorgestellt wurden, weisen die Trainingsprotokolle einen deutlich reduzierten Sprint-/Tempolaufanteil auf. Während sowohl die amerikanische wie auch die westdeutsche Trainingskonzeption umfangreiche Sprint- und Tempolaufanteile umfassen, z.T. mit zwei bis drei Einheiten pro Woche (die ostdeutsche Konzeption zeitlich beschränkt im ersten Mesozyklus der VP), ist der Laufanteil der untersuchten Athleten erheblich geringer. Da sich diese Verringerung auch noch innerhalb der ausgewerteten Protokolle entlang der Zeitschiene beobachten lässt, kann man von einer Entwicklung oder einem Trend sprechen. Während die untersuchten Kadergruppen 1989 und Beyer (1991) in der VP noch wöchentliche Sprint-/Tempolaufumfänge von ca. 2 km aufweisen, ist dies bei Astafei (1996, 0,9-1,5 Km) schon deutlich reduziert. Bei Riepl (1995) und Buß (1997) wird der Sprint-/TL-Anteil zur Marginalie. Entsprechend verlieren auch die zugehörigen Trainingsmethoden an Bedeutung. Hier scheint sich die Vorstellung durchzusetzen, dass der Tempolauf eine vergleichsweise unspezifische, aber hoch belastende Trainingsform dar-

stellt, die Verletzungsrisiken birgt²⁶² und erhebliche Regenerationskapazitäten beansprucht, ohne zur Entwicklung der zentralen Zielkomponente, der speziellen Steigesprungleistung, beizutragen. Ob diese Einschätzung und die daraus folgende Einschränkung des Sprint- und Tempolauftanteils im Hochsprungtraining irreversibel ist oder nur einen Trend darstellt, kann zurzeit nur spekuliert werden.

In den Trainingsprotokollen seit 1990 fehlen die reaktiven bzw. Zeitkniebeugen, die von russischen, ost- und westdeutschen Autoren wegen des dem Absprung vergleichbar langen Dehnungs-Verkürzungszyklus' wie beim Absprung als hochspezifisches Krafttraining empfohlen wurden (Tancic, 1981; Schubert, 1989). Analog kann man den Bedeutungsverlust der Tiefsprünge innerhalb der vorliegenden Daten einstufen. Gerade die Tiefsprünge galten von 1970 bis 1985 als das optimale Trainingsmittel zur Entwicklung der Sprungkraft auf fortgeschrittenem Niveau schlechthin. Über eine Begründung dieser Rückentwicklungen könnte nur spekuliert werden.

So bringen die aufgezeigten Trends die untersuchten Trainingsprotokolle in einen Zusammenhang mit früheren Trainingskonzepten. Wie diese stellen die Trainingsprotokolle einen Zwischenstand der trainingswissenschaftlichen und -praktischen Entwicklung dar. Auch die vorgestellten Neuerungen, sein es einzelne Übungen oder bestimmte Trainingsregimes, bedürfen gleichermaßen der zeitlich-praktischen Bewährung wie der wissenschaftlichen Prüfung, um über den erfolgreichen Einzelfall hinaus Bestand zu erlangen.

²⁶² Der Hochspringer weist trainingsbedingt ein Missverhältnis zwischen starkem Kniestrecker und schwachem Kniebeuger auf. Bei hohen Sprintintensitäten kommt es daher eher als bei gleichmäßig trainierten Athleten zu Verletzungen der Beugemuskulatur.

11 Trainingspraktische Folgerungen

Aus den in den vorangegangenen Kapiteln erarbeiteten Untersuchungsergebnissen und theoretischen Ableitungen ergeben sich eine Vielzahl von Orientierungen für das Training des Hochspringers, die nachfolgend in den drei Schwerpunkten Technik, Training und Tests zusammengestellt sind.

11.1 Optimierung der Hochsprungtechnik

Gleichermaßen für Anfänger, Fortgeschrittene und Spitzenköpfer ist der Flop die geeignete Hochsprungtechnik, da er leicht erlernbar ist, große technische Variationsmöglichkeiten für unterschiedliche individuelle Voraussetzungen bietet, durch einen schnellen Anlauf eine hohe Absprungdynamik zulässt und schließlich eine effektive Lattenüberquerung ermöglicht (vgl. Kap. 2.2). Diese Kombination von Vorteilen weist keine andere Hochsprungtechnik auf, so dass die seit ca. 1980 weltweite Dominanz der Floptechnik nur folgerichtig ist (Kap. 2.4).

Anfängermethodik

Ausgangspunkt des Floptechnik-Erwerbs ist der Steigesprung bzw. Take-Off, ein Hoch-Weit-Absprung mit einem Bein aus vorherigem Anlauf, der durch energischen Schwungbein- und gegengleichen Armeinsatz unterstützt wird. Diese sogenannte Fundamentalübung aller leichtathletischen Sprünge wird im Grundschulalter durch vielfältige Auf- und Übersprünge, z.B. in einem Sprunggarten,²⁶³ vorbereitet (siehe auch Killing, 2003a+b). Ziel ist eine variable, situativ anpassbare Verfügbarkeit. Wird diese im Steigesprung erreicht, kann er bei Sprüngen über eine Hochsprunglatte zu einem Schersteigesprung und damit einer ersten Hochsprungtechnik modelliert werden.

Beherrschen die Schüler den Steigesprung und den Schersteigesprung aus mittlerem Anlauf, sollte im Alter von etwa 10-12 Jahren die Floptechnik erarbeitet werden. Dazu hat sich eine methodische Reihe mit nur wenigen Lernschritten als besonders geeignet erwiesen (Kap. 3.2). Dabei wird der Steigesprung auf die Hochsprungmatte zunächst aus geradlinigem, dann aus bogenförmigem Anlauf mit 4-6 Schritten geübt, bevor durch Einsatz des Schwungbeins weg von der Matte und die Aufricht-Kippbewegung des Oberkörpers hin zur Matte die floptypischen Rotationen mit Landung auf dem Rücken erarbeitet werden. Grobe Fehler in der Bewegungsausführung korrigiert der Lehrer/Übungsleiter

²⁶³ Unter einem Sprunggarten verstehen Jonath u.a. (1995, S. 260) ein ca. 10 mal 10 m großes Rechteck, in dem sich verschiedene Hindernisse befinden. Die Schüler laufen durch diesen Garten und überspringen die Hindernisse – je nachdem wie sie heranlaufen – mit dem einen oder anderen Bein und in verschiedenen Techniken.

verbal, durch Demonstrationen oder über Hilfsübungen. Hat der Schüler eine befriedigende Bewegungsausführung erreicht, wird durch das Springen über eine niedrig liegende Leine oder Latte eine erste Überquerung mit dem charakteristischen Nacheinander von Kopf, Rumpf und Beinen angestrebt. Bei steigender Lattenhöhe wird das Timing, also die zeitlich-räumlich richtige Positionierung der Körperteile erarbeitet und verbessert. Wird auch für diese Aufgabenstellung ein befriedigender Status erreicht, kann durch Anlaufverlängerungen eine Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit und der Absprungdynamik erzielt werden.

Technikspielräume

Bei technisch fortgeschrittenen Athleten bis hin zu absoluten Weltklasse konnten wir erhebliche qualitative und quantitative Unterschiede bezüglich vieler zentraler Technikmerkmale feststellen, so für

- die Anlaufgestaltung und -geschwindigkeit
- die Rhythmisierung der Absprungvorbereitung
- die Kniewinkeländerungen im vorletzten und letzten Kontakt
- den Schwungarm- und -beineinsatz im Absprung
- den Abflugwinkel und die horizontale Restgeschwindigkeit
- die Überquerungshaltung

Allein für den Schwungarmeinsatz fanden wir sechs qualitativ unterschiedliche Varianten, für die wichtigen Bewegungsparameter der Absprungvorbereitung und des Absprungs spannte sich ein großes Spektrum quantitativ verschiedener Ausprägungen (siehe Kap. 6, insbesondere Tab. 6.27). Insofern gibt es keine eng normierte Technik, die für jeden Sportler verbindlich ist, sondern für die bezeichneten Bewegungsmerkmale erhebliche Toleranzbereiche, die individuell optimal auszuschöpfen sind.

Ausgehend von der vorhandenen Technik eines Athleten muss der Trainer durch Variieren der vorhandenen und probierendes Einfügen neuer Technikelemente (z.B. des Doppelarmschwungs statt der Führarmtechnik) die Technik individuell zu optimieren suchen. Mit steigendem koordinativ-technischem und konditionellem Niveau sind erneute Anpassungen der Technik zu prüfen, z.B. das stärkere Absenken des KSP in der Absprungvorbereitung.

Variable Verfügbarkeit der Technik

Unsere Untersuchungen erbrachten nicht nur erhebliche technische Abweichungen zwischen verschiedenen Springern, sondern auch eine große intraindividuelle Variationsbreite (siehe Kap. 7), die Auswirkungen auf den Technikerwerb und das Techniktraining haben muss. So dürfen die Qualitätskriterien Bewegungskonstanz und -präzision nicht mechanisch auf einzelne Bewegungselemente angewandt werden, sondern können nur für

das gesamte Bewegungsmuster gelten, innerhalb dessen Bewegungsspielräume durchaus funktional sind.

Tab. 11.1: Trainingsvariationen der Floptechnik

Kriterium	Varianten
Anlaufänge	verkürzter vs. überlanger Anlauf
Kurvenform	enger vs. weiter Kurvenradius Halbkreislauf gerader Anlauf
Absprungvorbereitung	geringe KSP-Absenkung bei gleich langen Schritten starke Schwungbeinhocke Schrittlängenrhythmisierung (lang-kurz oder lang-kurz-lang)
Armeinsatz	Doppelarmschwung (lang oder kurz) Gegenarmeinsatz Führarmtechnik
Absprungdauer	verkürzt
Abflugwinkel	steile Flugkurve Hochweit-Sprung
Beckenposition im Flug	Seitflop Hüfte dauerhaft gestreckt Sit-and-Kick-Flop Bückflop
Armhaltung im Flug	betonter Führarm Arme früh an Körper angelegt Arme seitlich vom Körper
Beinhaltung im Flug	Schwungknie lange oben fixiert vs. früh fallen lassen Beine geschlossen vs. Gegrätscht Beine stark angeferst vs. im Knie gestreckt
Sprünge mit Zusatzgewicht	Gleichmäßige Verteilung der Gewichte Gezielte Positionierung der Gewichte
Sprungfolge	überlange Pausen (> 2 min, Wettkampf-Simulation) verkürzte Pausen (ca. 1 min, Techniktraining) Serien mit Trabpausen (< 30 sec, zusätzlicher konditioneller Effekt)

Im Techniktraining sind daher von Anfang an enge Normierungen der Teilbewegungen zu vermeiden, um die bewusste und unbewusste Steuerung der Gesamtbewegung zu verbessern. Ausgehend von einer einfachen Grundform für den Anfänger (s.o., Anfängermethodik) muss von Beginn an der Umgang mit bzw. die Beherrschung von Abweichungen erlernt werden. Ziel ist die Erhöhung bzw. Optimierung der variablen Verfügbarkeit innerhalb des Bewegungsmusters. Dazu hilft der Einsatz von Variationen. Das kann der

Hochsprung in anderen Techniken sein, vor allem aber sind Veränderungen in der Wettkampftechnik gemeint. Dies kann durch die Variation

- der Ausgangsbedingungen (z.B. Sprünge aus freiem Anlauf)
- einzelner Bewegungselemente (z.B. Verkürzen der letzten Schritte)
- der Bewegungsziele (z.B. Sprünge in die Weite)

unterstützt werden (Tab. 11.1, vgl. auch Mechling, 1999, S. 40).

Zusätzlich werden durch die unbewussten, aber erheblichen Variationen der im chronologischen Ablauf ersten Bewegungselemente, z.B. der Schrittlängen im Anlauf und daraus resultierend des Abstands zur Latte, immer neue Ausgangslagen für die nachfolgenden Technikanteile, z.B. den Abflugwinkel, geschaffen, die entsprechende Anpassungsleistungen zwingend erforderlich machen, soll der Sprung gelingen.

Auf diese Weise werden dem Springer nicht nur Bewegungsalternativen zu seiner bisherigen Zieltechnik aufgezeigt, die er gegebenenfalls übernehmen und daraus seine individuell optimale Technik formen kann, vielmehr lernt er auch, unvermeidliche Abweichungen während eines Sprungs ohne großen Leistungsverlust zu kompensieren und situative Besonderheiten (Witterung) sowie individuelle Reserven (Motivation, Energiefreisetzung) optimal auszuschöpfen.

Verbesserung der leistungsbestimmenden Einflussgrößen

Kernbewegung der Floptechnik ist der Absprung, in dem zugleich ein großer Steigeimpuls zum Erreichen einer möglichst großen KSP-Flughöhe (großes h_2) und ein komplexer Drehimpuls zur Realisierung einer effektiven Lattenpassage (geringes h_3) erzeugt werden müssen (Kap. 8). Beide Teilziele müssen zugunsten des Gesamtzieles „Überquerung einer maximalen Sprunghöhe“ miteinander verknüpft und optimiert werden. Gerade die Springer, die sich im Stadium des Technik-Lernens oder -Vervollkommnens befinden, sollten keines der beiden Teilziele zulasten des anderen zu maximieren versuchen, da es sonst zu technischen Rückschritten kommen kann. Wird beispielsweise die Steigeleistung allein durch höhenorientierte Steigesprünge und Schersprünge entwickelt, bei denen die Rotationen gerade unterdrückt werden, kann das zu negativen Transfers auf das Flugverhalten im Flop führen.

Daher verstehen wir unter speziellen Sprüngen im engeren Sinn nur Sprünge über die Latte, bei denen beide Teilaufgaben gemeinsam entwickelt werden (vgl. Kap. 9.4). Einfache Formen des Flop' wie der Seit-, Sitz- und Bückflop erscheinen uns besonders geeignet, das spezielle Sprungvermögen techniknah zu entwickeln. Sie werden im Training – anstelle des Schersprungs oder der Flops aus kurzem Anlauf – den eigentlichen Techniksprüngen vorangestellt oder als eigenständige Einheit trainiert. Bei Aufwärm-sprüngen von Spitzenspringern vor Wettkämpfen kann man diese Übungen bisweilen beobachten, wenn die Springer bei relativ geringen Sprunghöhen nach gutem Absprung

ohne Hüftstreckung entweder ganz ohne Körperteil-Verlagerungen im Flug (Seitflop) oder nach einer Bückbewegung des Hüftgelenks im Sitzen über die Latte fliegen (vgl. Killing, 1993b, S. 18). Von diesen Vorformen des Flop' kann der Springer leichter und ohne die Gefahr des Negativtransfers im Absprung auf die Zieltechnik mit Betonung der Hüftüberstreckung während der Lattenpassage wechseln. Man kann von einer Form des differenziellen Lernens sprechen (vgl. Schöllhorn, 2002, S. 57)

Ähnlich einzustufen sind Variationen der Standardtechnik, die in vielfältiger Art möglich sind. Variiert werden können u.a. Anlauflänge und -form, Absprunggestaltung und Flugverhalten (siehe Tab. 11.1). Einen besonderen Lerneffekt versprechen auch die Seriensprünge mit Trabpausen, bei denen aufgrund des zu erwartenden nachlassenden allgemeinen Leistungsvermögens die leistungsbestimmenden Einflussgrößen gezielt dosiert werden müssen. Durch die aufgezeigten Variationen wird der psychischen Ermüdung vorgebeugt, so dass mehr Sprünge möglich sind. So werden beim Hochsprungmehrkampf ca. 80 Sprünge, (Drechsler, 1987)²⁶⁴, bei den Seriensprüngen mit Trabpausen bis zu 60 Sprünge pro Trainingseinheit erreicht. Dadurch wird eine hohe Bewegungserfahrung für das Zusammenspiel von Steigen, Rotieren und Körperteil-Positionierung in Absprung und Flug vermittelt. Diese spezifischen Sprung-Trainingsformen nehmen eine Mittelstellung zwischen den Techniksprüngen und der speziellen Sprungarbeit ein und sollten entsprechend in der Trainingsplanung Berücksichtigung finden. Darüber hinaus können einzelne oder eine Auswahl dieser Übungen als Indikatoren der Hochsprungleistung dienen.

Erhöhung der Steigeleistung

Spezielle Sprünge im weiteren Sinn beinhalten zusätzlich die Steigesprünge, d.h., primär höhenorientierte Sprünge aus dem Anlauf (Kap. 9, insbesondere Abb. 9.2). Die Steigehöhe ist mit hoher Signifikanz auf den Quotienten von vertikalem Hubweg und Absprungdauer sowie befriedigender Signifikanz auf die Anlaufgeschwindigkeit zurückzuführen. Bei allen technischen Freiräumen ist daher auf eine Vergrößerung des vertikalen Hubweges, insbesondere durch ein stärkeres Absenken des KSP, bzw. auf eine Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit zur Verkürzung der Absprungzeit hinzuwirken. Welches der Elemente im Training schwerpunktmäßig entwickelt werden soll, kann weder gruppenstatistisch (Dapena, 1997) noch dichotomisierend (Tihanyi u.a., 1983; siehe Kap. 8.7.1) definiert werden, sondern muss an den komplexen individuellen Voraussetzungen des Athleten orientiert werden.

²⁶⁴ Entsprechend sollte der Bodenbelag weicher als im Wettkampf sein (verstärkter Kunststoff oder Aschenboden). Relativierend sei darauf verwiesen, dass im Unterschied zu den Steigesprüngen bei den genannten Variationen der Flopsprünge der den Bewegungsapparat stark beanspruchende Niedersprung mit Landung auf einem oder beiden Beinen Steigesprungsformen entfällt.

Dabei sind die Aufgaben zunächst primär technischer Natur²⁶⁵, indem beispielsweise durch eine starke Schwungbeinhocke der KSP zu Absprungbeginn erniedrigt oder durch einen hoch geführten Doppelarmschwung am Absprungetende erhöht wird. Bei den von der Lattenüberquerung befreiten Steigesprüngen kann sich der Springer verstärkt den Aufgaben der Absprungvorbereitung und des Absprungs widmen und so beispielsweise die stärkere Schwungbeinhocke oder die schnellere Schrittfolge mit einem verkürzten Absprung trainieren.

Durch den Verzicht auf Rotationen befördern die Steigesprünge zwar die spezielle Sprungkraft, vernachlässigen aber die Lattenpassage. Steigesprünge sollten daher in Phasen des Techniklernens oder -stabilisierens innerhalb einer Trainingseinheit im Wechsel mit Flopsprüngen eingesetzt werden. Ein mögliches Trainingsregime könnte dann aus 3 x 3 Steigesprüngen und anschließenden fünf bis acht Flopsprüngen bestehen, wobei diese Kombination ein-, zwei- oder dreimal innerhalb einer Trainingseinheit absolviert werden kann.

Verbesserung der Lattenpassage

Da die Lattenpassage als letztes Glied in der Bewegungskette den Einflüssen voriger Bewegungsteile unterworfen ist, würden ein ausschließlich separates, von Anlauf und Absprung befreites Training der Lattenpassage, z.B. durch den Standflop, zu erheblichen räumlich-zeitlichen und dynamischen Veränderungen führen, deren Effekt für die Zielübung fraglich, wenn nicht sogar negativ wäre. Dennoch können solche und viele andere Übungen über die Erhöhung der allgemeinen Gewandtheit die Lattenpassage indirekt verbessern helfen. Neben dem Standflop sind hier primär Turnübungen gemeint, welche die Überstreckung von Hüfte und Wirbelsäule trainieren (Handstand, Flickflack) oder den Wechsel von Streckung und Beugung der Hüfte als Aufgabenstellung beinhalten (Salto rückwärts, Kopfkippe). Dazu kommen Kräftigungs- und Dehnungsübungen aller Art, die den Muskel-Sehnen-Apparat von Hüfte und Rumpf entwickeln helfen.

Um die so verbesserten Voraussetzungen für den Flop nutzbar zu machen, eignen sich Techniksprünge, in denen das Raum-Zeit-Kraft-Verhalten bewusst gemacht wird. Hier ist an kontrastierende Bewegungsaufgaben gedacht, wie sie sich aus Tabelle 11.1 ergeben. Diese Übungen versprechen über eine Bewusstmachung der Differenzen eine Steuerung in Richtung einer Optimierung der Lattenpassage.

²⁶⁵ Trotz dieser technischen Ausrichtung haben die Aufgaben auch eine konditionelle Wirkung. Zanon (2000, S. 28) weist in Anlehnung an Bernstein darauf hin, dass technisches Üben immer auch ein energetisches Geschehen darstellt und schon von daher eine Unterscheidung der Trainingsübungen in technische und konditionelle hinsichtlich der Leistungsentwicklung nicht sinnvoll ist.

Einsatz anderer Hochsprungtechniken

Analog der Überlegenheit der Floptechnik sind andere Techniken wie Scher- und Rollsprung oder Straddle als Wettkampftechniken nicht mehr konkurrenzfähig, haben aber im Training des Hochspringers ihre Bedeutung zur Vorbereitung des Techniktrainings und – da sie allesamt Variationen des Steigesprungs sind – für die spezielle Sprungkraftschulung. Wischmann (1987, S. 139) weist darauf hin, dass Sprungformen, „bei denen der Rumpf aufrecht getragen wird, ein natürliches und gutes Absprunggefühl vermitteln“. Dies trifft für die einfachen Varianten von Hock-, Roll- und Schersprung zu. Um negative Transfers auf die Floptechnik, insbesondere auf den angestrebten kurzen, reaktiven Absprung zu vermeiden, werden die anderen Hochsprungstechniken nicht gezielt in Richtung einer technikimmanenten Feinstform geschult, sondern nur zeitlich befristet am Ende der allgemeinen Vorbereitungsperiode alternierend mit dem linken bzw. rechten Bein und im Wechsel verschiedener Techniken, z.B. als Hochsprungmehrkampf als Trainingsmittel eingesetzt (Killing, 1997a).

Aufgrund seiner Verwandtschaft zur Floptechnik, insbesondere weil er mit dem gleichen Anlauf zu springen ist, wird der Schersprung über diesen Zeitraum hinaus als Auftakt des Techniktrainings hinaus benutzt. Wegen des in der Feinstform im Vergleich zum Flop längeren Absprunghorizontes ist auch für den Schersprung von einer exzessiven, auf Leistungsmaximierung orientierten Schulung abzuraten.

11.2 Periodisierung des Hochsprungtrainings

Unsere an Kader- und internationalen Spitzenathleten gewonnenen Erhebungs- und Befragungsergebnisse sind bezüglich des Techniktrainings weitgehend homogen, heterogen dagegen bezüglich des Kraft- und Sprungkrafttrainings (vgl. Kap. 10.4), so dass Empfehlungen dazu erhebliche Spielräume enthalten müssen. Dennoch möchten wir einen u. E. idealtypischen Entwurf für das Hochleistungstraining vorstellen.

Techniktraining

Im Jahresverlauf variieren Umfang und Inhalte des Techniktrainings. In der Übergangsperiode und zumeist auch im ersten Teil der allgemeinen Vorbereitungsperiode wird zur psychischen und physischen Regeneration auf Techniksprünge verzichtet. Bei erheblichen technischen Mängeln in der Vorsaison wird aber schon in der aVP mit gezielten technischen Korrekturen begonnen, wobei zur Schonung der Gelenke Sprünge aus mittleren und langen Anläufen vermieden werden.

Im zweiten Teil der allg. Vorbereitungsperiode wird ein umfangreiches, vielseitiges Techniktraining eingeführt. Hier können Hochsprünge mit anderen Hochsprungstechniken alternierend mit dem linken und rechten Bein, Hochsprünge in Serien mit Trabpausen oder regelrechte Hochsprungmehrkämpfe durchgeführt werden. Innerhalb der Trainingsein-

heiten werden so durchaus 40 bis 80 Sprünge erreicht. Trainingsziele sind die hochsprungspezifische Gewandtheit, die spezielle Sprungkraft aber auch die Sprungausdauer. Über vier bis sechs Wochen einmal pro Woche durchgeführt sind deutliche Trainingseffekte zu erwarten.

Zeitlich um drei Wochen nach hinten versetzt kann in einer weiteren wöchentlichen Technikeinheit mit dem eigentlichen Techniktraining, also den Flopsprüngen mit gezielter Korrekturarbeit begonnen werden. 15-25 Sprünge aus kurzen bis mittleren Anläufen bei kleinen und mittleren Höhen und technischem Vorrang sind hier Belastungsstandards.

Das Techniktraining in der speziellen Vorbereitungsperiode beinhaltet beim Fortgeschrittenen und Spitzenkünstler pro Woche zwei Trainingseinheiten mit jeweils 15-30 Sprüngen. Ohne das maximale Höhen angestrebt werden, wird das Training in der Regel nach dem Steigerungsprinzip gestaltet, also von kleinen nach größeren Höhen gesteigert, wobei die besten Trainingsleistungen zehn und mehr Zentimeter unter denen des Wettkampfes liegen.

In der Wettkampfphase reduziert sich mit dem Gesamtumfang auch das Techniktraining. Da der Wettkampf selber ein Techniktraining auf höchstem Niveau darstellt, genügt eine (zusätzliche) Technikeinheit pro Woche. Realisiert der Athlet in den Wettkämpfen eine stabile Technik mit guten Leistungen, verzichtet er im Training auf große Sprunghöhen. Stattdessen rücken technikstabilisierende Elemente wie Anlaufesicherheit, aktiv-greifendes Fußaufsetzen, hoch-weite Flugbahn und sichere Überquerung in den Mittelpunkt des Trainings. Dies ist durchaus mit nur sechs bis maximal 15 Sprüngen zu leisten. Bei mehr als einem Wettkampf pro Woche ist selbst diese reduzierte Technikeinheit obsolet.

Steigesprünge werden im Trainingsjahr zeitlich nah zu den Techniksprüngen entwickelt, wobei die Umfänge ca. etwas höher liegen, je nach Trainingsperiode und Ausgestaltung (Anlaufgeschwindigkeit, harter oder weicher Boden) in der aVP 60-100, der sVP 40-70 und der WP 10-30 Sprünge in der Woche erreichen.

Sprung-, Sprint/Lauf- und Krafttraining

Komplexe Trainingsformen wie das Techniktraining entwickeln neben den koordinativ-technischen Fertigkeiten auch die konditionellen Fähigkeiten wie Laufschnelligkeit oder reaktive Absprungkraft. Für den Anfänger und den jungen Nachwuchsspringer genügen diese Stimulationen des Techniktrainings, um entsprechende Anreize zur muskulären Anpassung zu schaffen. Um bei Fortgeschrittenen und Spitzenathleten einen Trainingseffekt zu erzielen, werden zusätzlich Trainingsmittel aus dem Sprint-, dem Sprungkraft-, dem speziellen und dem allgemeinen Krafttraining sowie dem allgemeinen Fitnesstraining verwandt.

Tab. 11.2: Wochenbelastungskennziffern für Spitzenhochspringer

	ÜP	aVP 1. T.	aVP 2. T.	spez. VP	WP
Technik-, spez. und Steige-Sprünge (n)		30-50	120-180	90-150	30-70
Allgemeine Sprünge (n)		300-1000	800-1200	400-800	100-500
Sprint (m)			100-200	250-500	100-200
Koordination / Lauf-ABC (m)	300-600	600-800	800-1200	600-1000	200-400
Ext. Tempoläufe und Dauerlauf (km)	6-10	12-15	8-12	6-10	3-6
Unspez.ifische Ausdauer (h)	6-10	2-4	1-2		
Kraft (t, Frauen jeweils 70 %)	3-6	30-50	40-70	30-50	8-15
Allgemeine Fitness, Spiele (h)	2-3	4-6	4-6	2-4	1-2
TE/Woche (n)	5-7	7-10	7-10	7-10	3
Dauer in Wochen (n)	4/2	6/4	6/5	4	6/12 ²⁶⁶

Gemäß der zunehmenden Individualisierung des Trainings im Spitzenbereich gibt es gravierende Spielräume bezüglich der Belastungskennziffern zu einzelnen Trainingsinhalten. Dennoch legen die in unseren Erhebungen und Auswertungen ermittelten Trends Orientierungswerte nahe, wie sie in Tabelle 11.2 zusammengestellt sind. Auch wenn die konkrete Trainingssteuerung über kurzzeitigere Mesozyklen erfolgt, haben wir der Anschaulichkeit halber nur fünf Trainingsabschnitte innerhalb eines Makrozyklus unterschieden: die Übergangsphase (ÜP), die in zwei Abschnitte unterteilte allgemeine Vorbereitungsperiode, die spezielle Vorbereitungsperiode sowie die Wettkampfphase.

Tabelle 11.2 zeigt die Verlagerungen innerhalb des Makrozyklus. Die Übergangsperiode wird mit überwiegend unspezifischen Ausdauerbelastungen wie Schwimmen, Radfahren, Skilanglauf oder Inline-Skating gestaltet (vgl. Killing, 2000). Diese Trainingsinhalte sollen einerseits die Kapillarisation fördern und eine Ausdauergrundlage schaffen, andererseits eine weitgehende Erholung des aktiven und passiven Bewegungsapparates herbeiführen. Allgemeine Koordination, Dauerlauf und Kraft werden nur extensiv und maximal einmal pro Woche durchgeführt.

Im ersten Teil der allgemeinen Vorbereitungsperiode liegen die Schwerpunkte im Lauf-, Kraft- und Fitnessbereich. Nach ein bis zwei Wochen Anlaufzeit wird ein hoher Gesamtumfang erreicht. Mit Dauerläufen und extensiven Tempoläufen wird das Niveau der allgemeinen Ausdauer bei Spezifizierung der Bewegungsabläufe erhalten. Zirkeltraining und Ballspiele zielen neben der Ausdauer auf die allg. Fitness, die zusätzlich durch Medizinballwürfe, Geräteturnen und Stabilisierungsprogramme vorangetrieben wird. Ein zunächst vielseitiges Krafttraining, durchaus auch als Zirkeltraining, in jedem Fall mit hohen Serien- und Wiederholungszahlen und mit den Schwerpunkten Rumpf- und allgemeine Beinkraft schafft eine erste, neue Kraftbasis. Nach und nach werden in erst einer, dann in zwei wöchentlichen Einheiten Sprungformen hinzugenommen. Diese haben

²⁶⁶ Jeweils die erste Zahl für die Winter- und die zweite für die Sommersaison. Die zwölfwöchige Sommersaison wird durch eine UWW von ca. vier Wochen unterbrochen.

einen allgemeinen Charakter, Sprungkoordination, beidbeinige Sprünge über Hürden, Wechselsprünge auf weichem Untergrund und/oder auf ansteigenden Naturböden werden hier absolviert.

Im zweiten Teil der allgemeinen Vorbereitungsperiode bleibt der Anteil der allgemeinen Sprünge auf hohem Umfangs-Niveau, dazu kommen spezielle Sprünge in Form von Hochsprungmehrkämpfen und Steigesprungsformen auf Naturboden. Im Kraftbereich wird das Zirkeltraining durch ein Stationstraining mit immer noch zahlreichen Übungen ersetzt. Typische Kraftübungen der Spitzenhochspringer sind ein- und beidbeinige Kniebeugen (Männer durchaus mit Tiefkniebeugen), Hebeübungen (Reißen, Umsetzen, selten Ausstoßen), Fußstrecker, Beincurls für die Oberschenkelrückseite, Aufsteiger, Bankdrücken und ausgewählte Übungen an Kraftmaschinen (schräge und gerade Rumpfmuskulatur, Beinstrecker, Ab- und Abduktoren). Das Krafttraining der Spitzenathleten kann – inhaltlich variierend – täglich absolviert werden. Weiter in erheblichem Umfang wird die allgemeine Fitness vorangetrieben, auch hier wird das Zirkel- durch ein Stationstraining abgelöst, wiederum vielseitige Würfe und Stabilisierungsübungen, Turnen jetzt schon mit dem Schwerpunkt Bodenturnen und selten Spiele (um angesichts des nun hohen Lauf- und Sprungumfangs die Gelenke zu entlasten) sind die Hauptinhalte. Deutlich reduziert werden die Ausdauerbelastungen, damit neben den vorgenannten Trainingsschwerpunkten mehr Zeit für die zunehmend intensivere Sprint- und Sprung-Koordination zur Verfügung steht.

In der speziellen Vorbereitungsphase geht der Trainingsumfang allmählich zurück. Die Anzahl allgemeiner Sprünge sinkt um ca. ein Drittel, doch werden die Sprünge jetzt intensiver, d.h. mit mehr Horizontalgeschwindigkeit, bei größeren Hürdenhöhen, nicht mehr bergauf und auch nicht mehr auf weichen Böden absolviert. Der Umfang der Koordinationsarbeit geht ebenfalls zurück, stattdessen werden jetzt Sprinteinheiten hinzugenommen, wobei die Streckenlänge 50 m nicht übersteigen sollte. Eine Variante zur Vermeidung von Beugerverletzungen sind intensive Hürdenläufe mit verkürzten Abständen. Dauerlauf bzw. extensive Tempoläufe finden nur noch einmal pro Woche statt und haben einen regenerativen Charakter. Im Krafttraining wird die Anzahl der Übungen weiter reduziert. Einzelne Übungen (Kniebeugen, Fußstrecker, Aufsteiger, Reißen/Umsetzen) werden gemäß der Wiederholungsmethode in annähernd maximale Intensitäten geführt, wogegen andere weiter in Blockserien absolviert werden. Der Anteil des Fitnesstrainings wird deutlich reduziert, auf Spiele ganz verzichtet.

Mit Beginn und während der Wettkampfphase sinkt der Trainingsumfang noch einmal deutlich, um eine optimale Formausprägung zum Saisonhöhepunkt zu gewährleisten. Die wechselnde Terminierung der Wettkämpfe im Wochenverlauf erzwingt andere Trainingsrhythmen. Bei Wettkämpfen am Wochenende kann nur noch in den ersten drei Tagen der Woche intensiv trainiert werden. Vergleichsweise geringe Umfänge bei mittleren bis hohen Intensitäten, aber technisch einwandfreier Ausführung sind Maxime des Trainings. Im Krafttraining dominieren Wiederholungs- und Schnellkraftmethode, bei den Sprüngen

ähnlich dem Techniktraining kleine Serien in schneller Ausführung. Wenn es die Erholungszeiten erlauben, werden kurze (10-30 m) Sprints absolviert. Darüber hinaus dient das Training in der WP der Regeneration und der Kompensation der Wettkampfbelastungen.

Unmittelbare Wettkampfvorbereitung (UWV)

Insbesondere in der mehrmonatigen Freiluftsaison bei zeitlich weit auseinanderliegenden nationalen und internationalen Höhepunkten (mindestens vier Wochen) bietet sich zur Formauffrischung oder sogar -anhebung eine weitere Trainingsphase, die sogenannte UWV, an. Sie ist durch eine zeitlich befristete deutliche Umfangssteigerung gekennzeichnet. Da die Formanhebung auf die leistungsbestimmenden Faktoren zielt, wird das Training primär auf das Kraft- und bzw. oder das Schnellkraft-/Sprungkrafttraining ausgerichtet. Mit der Umfangsanhebung geht – wie bei jedem Training – ein temporärer Leistungsverlust einher, der im günstigen Fall nachfolgend in einem Formaufschwung und Leistungsanstieg zum Topereignis überführt wird. Um einen Trainingseffekt zu gewährleisten, sollte die Phase der deutlichen Trainings-Umfangserhöhung 10 bis 14 Tage betragen. Steht danach ausreichend Zeit zur Verfügung, kann in einer zusätzlichen Woche ein allmählicher Übergang zum normalen Training der Wettkampfphase geschaffen werden, ansonsten wird auf diese Übergangswoche verzichtet und mit dem intensiven Zwischenwettkampftraining fortgefahren. Mit einem Aufbauwettkampf oder Trainings-tests wird die UWV abgeschlossen.

11.3 Testübungen für den Hochsprung

Der zentrale leistungsbestimmende Faktor im Hochsprung ist die vertikale Abfluggeschwindigkeit bzw. die Steigehöhe. Sie steht in einem engen korrelativen Zusammenhang zur Hochsprungleistung ($r = 0,9$, siehe Kap. 8.3). Die Steigehöhe kann über die dreidimensionale Leistungsdiagnostik (3D-LD) bei Wettkampf- oder Trainingsprüfungen erfasst werden. Wird mit diesem Verfahren zum Ende der spezifischen VP eine Verbesserung der Steigeleistung ermittelt, kann für die Wettkampfleistung mit einer Verbesserung gerechnet werden.

Da die 3D-LD apparativ sehr aufwändig ist und auch zeitlich hohe Anforderungen stellt (vgl. Kap. 5.3.2), bestimmt man ersatzweise die Steigeleistung bei normalen Steigesprüngen mit einfacheren Mitteln, z.B. dem Reichhöhen-Differenz-Verfahren oder der Flugzeitmessung, hier gibt es allerdings messtechnische Ungenauigkeiten und erhebliche Verluste bezüglich der Prognose-Qualität ($r = 0,6$, vgl. Kap. 9.5).

Tab. 11.3: Testübungen für den Hochspringer

Fähigkeit	Testform	Methode
Steigeleistung	Wettkampf- oder Trainingssprung Steigesprung Hochsprungmehrkampf	3-D-Analyse Reichhöhendifferenz, Kontaktmatten, Opto-Jump Addition der Einzelleistungen
Sprungkraft	3er- oder 5er Sprung als Hop Links, Rechts bzw. Wechselsprung Vertikalsprung	Weitenmessung Höhen- oder Flugzeitmessung
Streckkraft der Streckschlinge	Kugelschocken vor- und rückwärts Wurf-Mehrkampf mit Medizinball	Weitenmessung
Sprint	20 m fliegend, 20 oder 30 m Stand	Stoppuhr, Lichtschranken
Beinkraft	Kniebeuge Umsetzen/Reißen Kraftgeräte (Pilotsitz)	Max. Gewicht Max. Widerstand
Überquerungs- geschicklichkeit	Lattenüberhöhung im Techniksprung Hochsprungmehrkampf, Standflop	3-D-Analyse Leistung

Der in der allg. Vorbereitungsperiode betriebene Hochsprungmehrkampf kann ebenfalls als Test der Steigeleistung genutzt werden. Dass zusätzlich die Überquerungsgeschicklichkeit in das Testergebnis eingeht, sollte beachtet werden. Doch muss es nicht als Nachteil verstanden werden, wird damit doch eine zweite, die erste ergänzende leistungsbestimmende Einflussgröße überprüft.

Messtechnisch leicht zu bestimmten sind dagegen Kraftwerte, Sprintzeiten und Sprungweiten. Typische Testübungen für den Hochsprung sind in Tab. 11.3 zusammengestellt²⁶⁷. Üblicher Weise werden die Tests am Ende des ersten und zweiten Teils der allgemeinen und zum Ende der speziellen Vorbereitungsperiode terminiert, wobei nicht zu jedem Testtermin alle Tests durchgeführt werden.

Aufgrund des Dimensionswechsels im Absprung und der komplexen Absprungtechnik ist die Korrelation zwischen Steigeleistung einerseits und den in Tabelle 11.3 abgetragenen Kraft-, Sprint- und Sprungübungen andererseits jedoch gering und entsprechend auch deren Prognosewert für die Hochsprungleistung ($r < 0,3$). Aus den Testergebnissen in diesen Übungen lassen sich daher keine interpersonell gültigen Sollwerte für einzelne Leistungsstufen ableiten, sie sind allenfalls Kriterien des intraindividuellen Leistungsfortschritts. Und auch hier wären die Steigehöhen bei Serien von Sprüngen, wie sie mit

²⁶⁷ U.a. nach Tancic (1985a), Bothmischel & Prause (1989), Dickwach (1991) und Killing (1995a).

dem Optojump-Verfahren²⁶⁸ bestimmt werden können, erheblich aussagekräftiger (s.o. Kap. 9.5). Ohne solche Ergebnisse bleibt die Verknüpfung der durchaus als bewährt geltenden Trainingsinhalte Sprint, Sprungkraft und Kraft, aber auch Beweglichkeit und Gewandtheit mit der Hochsprungleistung unvollkommen.

Die Bedeutung von Verbesserungen in diesen Bereichen bzw. in den entsprechenden Testübungen für die Hochsprungleistung kann mit befriedigender Sicherheit erst festgestellt werden, wenn die Steigehöhe bei den einschlägigen Testübungen bzw. den Techniksprüngen ermittelt wird. Dies erfolgt jeweils am Ende des ersten und des zweiten Teils der allgemeinen Vorbereitungsperiode durch den Hochsprungmehrkampf oder Steigesprungtest, sowie am Ende der speziellen Vorbereitungsperiode und während der Wettkampfphase im Rahmen der komplexen dreidimensionalen Leistungsdiagnostik.

²⁶⁸ Durch Langzeitprotokollierungen von Steigehöhen, Sprungweiten und Kontaktzeiten bei den üblichen Sprungformen (Sprunglauf, Hop, Steigesprungformen) ist mit diesem Verfahren auch eine bessere Verknüpfung von allgemeinen Sprüngen und Steigeleistung zu erwarten (siehe Kap. 9.5). Aufgrund der hohen Kosten gibt es derzeit jedoch keinen entsprechenden Untersuchungen.

12 Literaturverzeichnis

- Adamczewski, H. & Dickwach, H. (1991a). Block Sprung. In H. Hommel (Red.), *Aktuelle Trainingsgrundlagen des Hochleistungstrainings* (S. 51-74). Darmstadt: Deutscher Leichtathletik Verband.
- Allwardt, E. (1935). *Volkssport Leichtathletik*. Leipzig/Berlin: Teubner.
- Augustin, D. (1991). Zur Verwendbarkeit ausgewählter Lerninhalte in Vermittlungsmodellen der Floptechnik. In M. Letzelter & D. Steinmann (Hrsg.), *Trainingswissenschaftliche Studien zur Leichtathletik* (Mainzer Studien zur Sportwissenschaft, Band 14, S. 45-90). Niedernhausen: Schors.
- Ballreich, A. & Ballreich, R. (1996). Perspektiven in der Entwicklung von sportmotorischen Techniken. In R. Ballreich & W. Baumann (Hrsg.), *Grundlagen der Biomechanik des Sports. Probleme, Methoden, Modelle* (S. 103-107). Stuttgart: Enke.
- Ballreich, R. (1979a). Modell zur Bestimmung biomechanischer Einflußgrößen der Hochsprungleistung und zur Schätzung ihrer Einflußhöhe. *Leistungssport*, 19 (4), 278-287.
- Ballreich, R. (1979b). Modell zur Bestimmung biomechanischer Einflußgrößen motorischer Leistungen und zur Schätzung ihrer Einflußhöhe. *Leistungssport*, 19 (1), 36-46.
- Ballreich, R. (1986). Olympiastützpunkte: Anforderungen an den wissenschaftlichen Service. Teil 3: Biomechanik. *Leistungssport*, 26 (5), 11-15.
- Ballreich, R. (1996). Untersuchungsziele des Sports. In R. Ballreich & W. Baumann (Hrsg.), *Grundlagen der Biomechanik des Sports. Probleme, Methoden, Modelle*. (S. 13-53). Stuttgart: Enke.
- Ballreich, R. & Preiss, R. (2000). Kriterienbezogener Vergleich zwischen biomechanisch gestützter und trainingsmethodischer Technikanalyse/-steuerung. *Leistungssport*, 30 (5), 8-14.
- Baumann, W. (1989). Mechanische und biologische Grundlagen. In K. Willimczik (Hrsg.), *Biomechanik der Sportarten.*, Reinbek: rororo.
- Baumann, W. & Preiss, R. (1996). Biomechanische Messverfahren. In R. Ballreich & W. Baumann (Hrsg.), *Grundlagen der Biomechanik des Sports. Probleme, Methoden, Modelle*. (S. 75-103). Stuttgart: Enke.
- Bauersfeld, K.H. & Schröter, G. (1998). *Grundlagen der Leichtathletik* (5. Aufl.). Berlin: Sportverlag.
- Bauersfeld, M. & Voss, G. (1992). *Neue Wege im Schnelligkeitstraining*. Münster: Philippka
- Bäumler, G., Court, J. & Hollmann, W. (Hrsg.) (2002). *Sportmedizin und Sportwissenschaft*. Sankt Augustin: Academia
- Bernhard, G. (1972). Das Erlernen des Fosbury-Flops im Schüler- und Jugendalter. In K.-P. Knebel (Hrsg.), *Fosbury-Flop und Hürdenlauf der Frauen* (S. 20-26). Berlin: Bartels & Wernitz.

- Bernhard, G. (1973). *Das Training des jugendlichen Leichtathleten*. Schorndorf: Hofmann.
- Bernett, H. (1986). *Leichtathletik in historischen Bilddokumenten*. München: Copress.
- Beyer, E. (Red.) (1992). *Wörterbuch der Sportwissenschaft*. Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K., Hänsel, F. & Schott, N. (2000). *Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft*. Hamburg: Czwalina.
- Böttcher, J. & Deutscher, E. (1999). Biomechanische Ergebnisse zur Bewegungstechnik im Reißen. *Leistungssport*, 29 (4), 55-62.
- Bortz, J. (1999). *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin.
- Bothmischel, E. & Prause, D. (1989). *Technikleitbild Hochsprung – Handmaterial für den Trainer*. Leipzig: FKS (unveröffentlicht).
- Brill, D. (1980). Profil. *Track and Field Journal*, February, 15-16.
- Brogger, N. (1990). *The Brogger Jump* (unveröffentl. Manuskript).
- Brosius, F. (1998). *SPSS, Professionelle Statistik unter Windows*. Bonn: MITP.
- Bruckmann, K. (1996). *Die Bedeutung der Schnelligkeit und ihre Trainierbarkeit durch Krafttraining. Eine empirische Zeitreihenanalyse*. Unveröffentl. Examensarbeit. Wuppertal.
- Brüggemann, G.P. & Arampatzis, A. (1997). Men's Highjump. Biomechanical Research Project at the VI. World Championships in Athletics, Athens 1997, Preliminary Report. *New Studies in Athletics*, 2/3, 66-69.
- Brüggemann, G.P. & Loch, M. (1992). The High Jump. *New Studies in Athletics*, 1, 67-72
- Brüggemann, G.P. & Morey-Klapsing, G. (Hrsg.) (2003). *Biologische Systeme Mechanische Eigenschaften und ihre Adaptation bei körperlicher Belastung*. (7. Symposium der dvs-Sektion Biomechanik, 13.-15. März 2003 in Köln). Hamburg: Czwalina.
- Bührle, M. (1985). Zum Grundkonzept des Kraft- und Sprungkrafttrainings. In K. Carl & J. Schiffer (Red.), *Zur Praxis des Sprungkrafttrainings*. Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Bührle, M. (1995). Theorie und Praxis des Krafttrainings. In K. Carl, K. Quade & P. Stehle (Hrsg.), *Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung. Dokumentation eines vom BISP durchgeführten Workshops* (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, S. 177-215). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Burger, R. (2000). *Analyse zeitdiskreter und -kontinuierlicher biomechanischer Merkmale der motorischen Entwicklung am Beispiel des Weitsprungs*. Unveröffentl. Manuskript. Universität Mainz.
- Cachay, K. & Thiel, A. (2000). *Soziologie des Sport*. Weinheim: Juventa.
- Carl, K. (2002). Grußwort des Bundesinstituts für Sportwissenschaft In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 11-12). Köln: Sport und Buch Strauß.

- Conzelmann, A. (1999). Grundlagen der Interferenzstatistik. In B. Strauss, H. Haag, & M. Kolb (Hrsg.), *Datenanalyse in der Sportwissenschaft, Hermeneutische und statistische Verfahren* (S. 213-276). Schorndorf: Hofmann.
- Coppenolle v., H., Boeths, W., Goris, M. & Refelgham v., F. (1983). Der diagnostische und prognostische Wert einzelner sportmotorischer Tests für den Fosbury-Flop. *Lehre der Leichtathletik*, 6, 179-182.
- Czingon, H. (1987). *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Sprung*. O.O.
- Czingon, H. (1991). *Rahmentrainingsplan für das Grundlagentraining*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Czingon, H. (1993). *Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Sprung*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Czingon, H. (2001). *Überlegungen zur Verkürzung des Mikrozyklus auf 3 Tage*. Unveröffentlicht. Manuskript. Mainz.
- Dapena, J. (1980a). Mechanics of translation in the Fosbury Flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12 (1), 37-44.
- Dapena, J. (1980b). Mechanics of rotation in the Fosbury-Flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12 (1), 45-53.
- Dapena, J. (1990). Introduction to the Biomechanics of High Jump. In G.-P. Brüggemann & J.K. Rühl (Hrsg.), *Techniques in Athletics, the 1st international conference, Cologne 7.-9. Juni 1990* (Band 1, S. 309-335). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Dapena, J., Mc Donald, C. & Capparent, J. (1996). A Regression Analysis of Hig Jump Technique. *International Journal of Sport Biomechanics*, 246-261.
- Dapena, J. (o.A.). *Track and Field High Jump (Men and Women)*. 1992 Summer Olympic Games Biomechanics Projects (2 Bände á 250 Seiten). Bloomington (Indiana): Indiana University, Department of Kinesiology.
- Dapena, J. et al. (1982-2003). *High Jump (Men and Women)*. Scientific Service Project (jährliche Veröffentlichung). Bloomington (Indiana): Indiana University, Department of Kinesiology.
- Daug, R. & Igel, Ch. (2000). *Evaluation sportmotorischen Messplatztrainings im Spitzensport*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- De Marées, H. & Brach, M. (1997). Neurophysiologische Aspekte zum Bewegungslernen und zur Bewegungskontrolle. In J. Nitsch, A. Neumaier, H. De Marées, & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (S. 88-108). Schorndorf: Hofmann.
- Deporte, E. & Gheluwe, B. (1990). Force platform data in elite high jumping: competition versus training conditions. In G.-P. Brüggemann & J.K. Rühl (Hrsg.), *Techniques in Athletics, the 1st international conference, Cologne 7.-9. Juni 1990* (Band 2, S. 762-765). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Dick, F.W. (1993). *High Jump*. Birmingham: British Athletic Federation.
- Dickwach, H. (1991). *Leichtathletik Sprung*. Berlin: Sportverlag.

- Dickwach., H. & Scheibe, K. (1993). Weltstandsanalyse 1992 – Tendenzen der Leistungsentwicklung der leichtathletischen Sprung- und Wurfdisziplinen. *Leistungssport*, 23, (4), 33-40
- Dillinger, M.-O. (2002). Konditionelle Belastungen und Zielwurfbewegungen. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 139-148). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Djatschkow, W.M. (1963). Grundsätzlichkeiten beim Trainingssystem für Hochsprung. *Die Lehre der Leichtathletik*, (2).
- Djatschkow, W.M. (1964). Wie die sowjetischen Hochspringer trainieren. In T. Nett (Hrsg.), *Training des Athleten, Hürdenlauf, Sprung, Wurf, Mehrkampf* (Das Übungs- und Trainingsbuch der Leichtathletik, Band 5, S. 271-285). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Drechsler, E. (1987). *Der Achterttest – Eine Trainingsform zur Erhöhung der Leistungen im Hochsprung*. Leipzig: FKS.
- Drechsler, E. (1990). Der Anlauf beim Hochsprung. In G.-P. Brüggemann & J.K. Rühl (Hrsg.), *Techniques in Athletics, the 1st international conference, Cologne 7.-9. Juni 1990* (Band 2, S. 770-778). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Eberspächer, H. (Hrsg.) (1983). *Handlexikon Sportwissenschaft*. Reinbek: rororo.
- Ehlens, H., Grosser, M. & Zimmermann, E. (1983). *Krafttraining*. München: blv-sportwissen.
- Ehrler, W. & Liebscher, Ch. (1984). *Leichtathletik, Anleitung für den Übungsleiter*. Berlin: Sportverlag.
- Farfel, W. (1977). *Bewegungssteuerung im Sport*. Berlin.
- Fetz, F. & Drees, A. (1966). *Schwerpunkthöhe als Eignungsmerkmal*. Frankfurt: Limpert.
- Friedrichs, J. (1980). *Methoden empirischer Sozialforschung*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Frey, G., Kurz, D. & Hildebrand, E. (1984). *Laufen, Springen, Werfen*. Reinbek: rororo
- Geese, R. (2000). Der Doppelarmeinsatz beim Flop ein vernachlässigtes Element der Sprungtechnik. *Leistungssport*, 30 (5), 15-18.
- Göhner, U. (1992). *Einführung in die Bewegungslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Göhner, U. (1996). *Bewegungslehre und Biomechanik des Sports*. Tübingen.
- Göhner, U. (1999). *Einführung in die Bewegungslehre, Teil 2: Bewegungslehre des Sports*. Schorndorf: Hofmann.
- Götze, H. (1965). Vom Sprung über Hindernisse zum Wälzer, eine Darstellung der Entwicklung des Hochsprungs. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 787-799.
- Graff, K.H. & Krahl, G. (1984). Überlastungsschäden im Fußbereich bei Leichtathleten. *Die Lehre der Leichtathletik*, (3), 81-87.
- Grosser, M. (1991). *Schnelligkeitstraining*. München: blv-sportwissen.
- Grosser, M. & Neumaier, A. (1982). *Techniktraining*. München: blv-sportwissen.

- Grosser, M., Hermann, H., Tusker, F. & Zintl, F. (1987). *Die sportliche Bewegung*. München: blv-sportwissen.
- Grosser, M., Starischka, S. & Zimmermann, E. (2001). *Das neue Konditionstraining*. München: blv.
- Grupe, O. & Krüger, M. (1997). *Einführung in die Sportpädagogik*. Schorndorf: Hofmann.
- Güllich, A., Pitsch, W., Papathanassiou, V. & Emrich, E. (2000). Zur Rolle von Trainingsempfehlungen im Nachwuchsleistungssport. *Leistungssport*, 30 (5), 45-52.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (2001). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. In R. Singer (Hrsg.), *Neuere Erkenntnisse zum Konditionstraining*, 15. *Darmstädter Sportforum* (S. 13-36). Darmstadt.
- Gutewort, W. (1968). Zum Entwicklungsstand der Meßtechnik in der biomechanischen und der motorischen Forschung. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 5, 654-665.
- Haberkorn, C. & Plass, R. (1992). *Leichtathletik 2: Sprung – Wurf – Stoss*. Frankfurt: Diesterweg.
- Harre, S. (Hrsg.) (1980). *Trainingslehre*. Berlin: Sportverlag.
- Harsanyi, L. & Martin, M. (1983). Zur Auswahl sportlicher Talente. *Leistungssport*, 13 (2), 21-22.
- Hartmann, U. (2002). Zum Stand der Entwicklung der Trainingsprinzipien aus der Sicht der Ausdauersportarten – Grundlegende Aspekte und Stellenwert der Trainingsprinzipien im Sport. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 49-64). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Hay, J. (1973). Die Haytechnik. *Leistungssport*, 3 (4), 309-315.
- Heilfort, U. (1986). *Zur Entwicklung und zum Einsatz eines mikrorechnergestützten Meß- und Informationssystems zur effektiven Unterstützung des sporttechnischen Trainings*. Unveröffentl. Manuskript, Leipzig.
- Heinz, S. (1971). Der bogenförmige Anlauf beim Fosbury-Flop. *Die Lehre der Leichtathletik*, (6), 233-236; (7), 305-306.
- Heinz, S. (1973). Festlegung des Anlaufs beim Flop. *Die Lehre der Leichtathletik*, (9), 305-308.
- Herter, H. (1972). Mischung aus Flop und Straddle, ein Fortschritt. *Die Lehre der Leichtathletik*, (19), 665.
- Hildebrand, F. & Wagner, K. (1997). Technologische Entwicklungen und ihre Einflüsse auf die Leistungsentwicklung, Trainingssteuerung und Wettkampfleistung. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, (1), 6-25.
- Hildebrand, F. (1997). *Eine biomechanische Analyse der Drehbewegungen des menschlichen Körpers* (Schriftenreihe zur angewandten Trainingswissenschaft, Band 1). Aachen: Meyer & Meyer.
- Hochmuth, G. (1982). *Biomechanik sportlicher Bewegungen*. Berlin: Sportverlag.

- Hohmann, A. (1999). Feldforschung in der Trainingswissenschaft. In A. Hohmann, E. Wichmann & K. Carl (Hrsg.): *Feldforschung in der Trainingswissenschaft*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Hohmann, A. & Lames, M. (2002). Der propositionale Gehalt der Trainingsprinzipien und ihr Beitrag zu modernen Konzepten der Trainingssteuerung. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 29-42). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2002). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. Wiebelsheim: UTB Limpert.
- Hoke, R. (1926). *Die athletischen Sprungübungen*. Oldenburg: Stalling.
- Hoke, R. (1966). Die Entwicklung der Hochsprungtechnik. *Die Lehre der Leichtathletik*, (18/19).
- Hoke, R. & Schmidt, O. (1957). *Grundlagen und Methodik der Leichtathletik*. München: Barth.
- Hollmann, W. & Hettinger, G. (1990). *Sportmedizin*. Stuttgart: Thieme.
- Hollmann, W. & Mader, A. (2000). Grenzen der Leistungsfähigkeit aus physiologischer Sicht. *Leistungssport*, 30 (1), 11-37.
- Holzapfel-Klocke, B. (1990). Hochsprung im Grundlagentraining. *Leichtathletiktraining*, 1 (4), 13-18; 1 (5), 14-17.
- Holzer, E., Pfeiffer, H. & Pimmer, V. (1914). *Lehrbuch der Leichtathletik*. Wien.
- Hommel, H. & Hommel, G. (1973-2001). Diverse Bildreihen in der *Lehre der Leichtathletik*.
- Hopf, H. (1972a). Flop plus Elemente der Straddle-Technik = Technik der Zukunft. *Die Lehre der Leichtathletik*, (19), 667-668.
- Hopf, H. (1972b). Ein Weg zum Fosbury-Flop. In K.-P. Knebel (Hrsg.), *Fosbury-Flop und Hürdenlauf der Frauen* (S. 27-33). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Hopf, H. (1974). Der Hochsprung. In H. Ahsbahs (Hrsg.), *Leichtathletik für Jugend und Schüler* (S. 91-100). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Hopf, H. (1995). Methodik hat vor allem mit Lernen zu tun. *Die Lehre der Leichtathletik*, (33), 201-203.
- Hoster, M. (1979). *Weg-, Zeit- und Kraftparameter als Einflußgrößen beim Sprintstart in der Leichtathletik*. Dissertation, Braunschweig.
- Hotz, A. (1995). „...erwirb es, umes zu besitzen!“. *Leistungssport*, 25 (5), 9-13.
- Hutt, E. (1992). Dreisprung für Praktiker II: Das Training. *Lehre der Leichtathletik*, (21), 15-18; (23), 15-18; (24), 15-16.
- Jacoby, E. & Frawley, B. (1997). *Das große Buch der Sprünge*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Joch, W. & Hasenberg, R. (1999). Das biologische Alter. *Leistungssport*, 29 (1), 5-12.
- Jonath, U. (Hrsg.) (1986). *Lexikon Trainingslehre*. Reinbek: rororo.
- Jonath, U., Haag, E. & Krempel, R. (1977). *Leichtathletik 1 – Laufen und Springen*. Reinbek: rororo.

- Jonath, U., Krempel, R., Haag, E. & Müller, H. (1995). *Leichtathletik 2 – Springen*. Reinbek: rororo.
- Jonath, U. & Spielvogel, G. (1974). Analyse des Sprungverhaltens bei Hochspringern vor und unmittelbar nach Gewichtsbelastung verschiedener Intensität. *Leistungssport*, 24 (5), 378-386
- Kassat, G. (1993). *Biomechanik für Nicht-Biomechaniker. Alltägliche bewegungstechnisch-sportpraktische Aspekte*. Bünde: Fitness-Contur-Verlag.
- Kerkmann, K. (1969). Ein Weg zum Fosbury-Flop für Schüler. *Die Lehre der Leichtathletik*, (28), 983-984.
- Kerssenbrock, K. (1970). Mit fünf Übungen zum Fosbury-Flop. *Die Lehre der Leichtathletik*, (32), 1277 u. 1280.
- Kerssenbrock, K. (1973). Der Anlauf von Dick Fosbury. *Die Lehre der Leichtathletik*, (24), 1099-1100.
- Killing, W. (1981). Hochsprungtraining – So macht man hohe Sprünge. *Deutsche Jugendkraft*, (5-9).
- Killing, W. (1989). Neue Variante in der Floptechnik? *Die Lehre der Leichtathletik*, (36), 1277-1280; (37), 1309-1312; (38), 1344.
- Killing, W. (1990). Die laterale Dimension im Hochsprung. In G.-P. Brüggemann & J.K. Rühl (Hrsg.), *Techniques in Athletics, the 1st international conference, Cologne 7.-9. Juni 1990*, (Band 2, S. 779-789). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Killing, W. (1992a). Technik, Training und Wettkampf des Hochspringers. *Leichtathletiktraining*, 3 (1), 9-18.
- Killing, W. (1992b). Trainingsprotokoll eines jugendlichen Spitzenhochspringers. *Leichtathletiktraining*, (4), 3-12.
- Killing, W. u.a. (1993a). Zum Absprung im Hochsprung. *Die Lehre der Leichtathletik*, (1), 15-18; (2), 13-20; (3), 17-18.
- Killing, W. (1993b). Technique Comparison of Heike Henkel and Inga Babakova. *New Studies in Athletics*, 8, (1), 61-75.
- Killing, W. (1994). Disziplinanalyse des Hochsprungs. *Leistungssport*, 24 (3), 13-20.
- Killing, W. (1995a). *Gekonnt nach oben – Im Hochsprung vom Anfänger zum Spitzenkönner*. Münster: Philippka.
- Killing, W. (1995b). Hochsprung im historischen Wandel – Teil 1: Die Entwicklung der Hochsprungstechnik bis zum Flop. *Die Lehre der Leichtathletik*, (28), 161-168.
- Killing, W. (1996). Hochsprung im geschichtlichen Wandel – Teil 3: Training. *Die Lehre der Leichtathletik*, (1), 1-2, (2), 3-4; (3), 5-6, (4), 7-8.
- Killing, W. (1997a). Ein attraktiver Hochsprungmehrkampf – der 5+1-Test. *Leichtathletiktraining*, (10), 16-18
- Killing, W. (1997a). An Investigation of special jumping training in the high jump. *New Studies in Athletics*, 12 (4), 53-64.

- Killing, W. (1999). Die Hochsprungtechnik und ihre Spielräume. *Leistungssport*, 29 (5), 32-40.
- Killing, W. (2000). Aktiv statt passiv: Zur Gestaltung der Übergangsperiode. *Leichtathletiktraining*, (8), 22-25.
- Killing, W. (2001). Kathryn Holinski über 1,92 Meter. *Leichtathletiktraining*, (12), 20-21.
- Killing, W. (2002). Die Sprünge von München. *Leichtathletiktraining*, (10+11), 30-36; (12), 30-39.
- Killing, W. (2003a). Fundamentalübungen in der Leichtathletik. *Leichtathletiktraining*, (2), 4-6.
- Killing, W. (2003b). Der Steigesprung. *Leichtathletiktraining*, (2/3), 18-22.
- Killing, W. (2003c). Der Frauenhochsprung im Leistungscheck. *Leichtathletiktraining*, (5), 18-23.
- Killing, W. (2003d). Deutschlands junge Hochspringer im Höhenflug. *Leichtathletiktraining*, (11), 16-23.
- Killing, W. (2004a). U20-EM: Europas beste Hochspringerinnen. *Leichtathletiktraining*, (1/2), 57-62.
- Killing, W. (2004b). Zwei Meter sind keine Hexerei. *Leichtathletiktraining*, (5), 10-16.
- Killing, W. & Böttcher, J. (1996). Biomechanische Analysen des Hochsprungs. *Die Lehre der Leichtathletik*, (18), 47-50; (19), 51-54.
- Killing, W. & Fichte, R. (2003). Bestimmung der effektiven Sprunghöhe im Hochsprung. *Leistungssport*, 33 (5), 45-48.
- Killing, W. & Kruber, D. (1995a). Hochsprung im historischen Wandel – Teil 2: Entwicklung der Flopmethodik. *Die Lehre der Leichtathletik*, (29), 169-176; (30), 177-182.
- Killing, W. & Kruber, D. (1995b). Die Flopmethodik: Ein Orientierungsrahmen für Lehrer und Übungsleiter. *Die Lehre der Leichtathletik*, (33), 204-205.
- Killing, W. & Pottel, R. (1997). Das Training von Martin Buß. *Leichtathletiktraining*, (3+4), 16-23.
- Killing, W. & Riepl, A. (1995). Die Leistungssteigerung von Toni Riepl – aus der zweiten Reihe in die Weltspitze. *Leichtathletiktraining*, (12), 7-13.
- Killing, W. & Riepl, A. (1998). Bergaufsprünge. *Leichtathletiktraining*, (1), 16-21.
- Killing, W. & Vladescu, D. (1996). Auf dem Weg nach Atlanta – das Training von Alina Astafei. *Leichtathletiktraining*, (5), 3-9.
- Kirsch, A. (1974). *Jugend-Leichtathletik*. Berlin: Bartels & Wernitz.
- Kismartoni, K. (1972). Zur Methodik des Fosbury-Flop. In K.-P. Knebel (Hrsg.), *Fosbury-Flop und Hürdenlauf der Frauen* (S. 42-43). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Knebel, K.-P. (1969). Zur Technik und Methodik des Fosbury-Flop. *Die Lehre der Leichtathletik*, (42), 1581-1584.

- Knebel, K.-P. (1977). Die leistungsbestimmenden Faktoren beim Hochsprung und ihre trainingsmethodischen Konsequenzen. *Praxis der Leibesübungen*, 18 (1), 216-217.
- Knebel, K.-P. (1983). *Funktionsgymnastik*. Reinbek: rororo.
- Koch, K. (1982). *Methodische Übungsreihen in der Leichtathletik*. Schorndorf: Hofmann.
- Köthe, Th. & Stark, G. (1996). Stellung der sporttechnische Ausbildung im Nachwuchstraining nach Grundsätzen des langfristigen Leistungsaufbaus. *Leistungssport*, 26 (3), 21-27.
- Kohl, K. (1985). Zur Phänomenologie des Hochsprungs. In D. Kurz & U. Schütte (Bearb.), *Leichtathletik. Unterrichtsmaterialien zur Sportlehrerausbildung für den schulischen und außerschulischen Bereich* (Texte zur Theorie der Sportarten, Band 6, S. 111-114). Schorndorf: Hofmann.
- Krahl, H. & Knebel, H.-P. (1978). Medizinische und trainingsmethodische Aspekte der Absprunghase beim Flop. *Leistungssport*, 18 (6), 501-506.
- Krause, D. (1998). *Erstellung zielgruppenorientierter Technikleitbilder in der Leichtathletik*. Unveröffentl. Manuskript, Universität Kassel.
- Kremer, Th. (1988). *Aufwärmverhalten hochqualifizierter Hochspringer unter besonderer Berücksichtigung des Stretchinganteils*. Unveröffentl. Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln.
- Kruber, D. & Fuchs, E. (1979). *Programmiertes Lehren und Lernen im Sportunterricht. Lehrprogramme in der Leichtathletik*. Serie II: Straddle – Flop – Stabhochsprung (2., verb. Auflage). Schorndorf: Hofmann.
- Kruber, D. & Killing, W. (1996). Untersuchungen zur Lernwirksamkeit eines neuen Lehrprogramms „Flop“. *Die Lehre der Leichtathletik*, (10), 21-22; (11), 23-24.
- Krüger, A. (2003). Popper, Dewey und die Theorie des Trainings – oder entscheidend ist auf'm Platz. *Leistungssport*, 33 (1), 11-16.
- Krug, J., Carl, K. & Starischka, St. (2002). *Der Einfluss der Trainingslehre von Harre auf die Trainingswissenschaft* (Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 10). Schorndorf: Hofmann.
- Kuhlow, A. (1971). *Analyse moderner Hochsprungstechniken*. Berlin: Bartels & Wernitz
- Kuhlow, A. (1977). Bewegungsdiagnostische Bestimmung konditioneller und technomotorischer Leistungskomponenten bei Vertretern von Schnellkraftdisziplinen. *Leistungssport*, 7 (5), 405-419.
- Kunz, H. (1983). *Biomechanische Analyse als Mittel der Trainingsplanung*. Frankfurt: Limpert.
- Kurschilgen, B. & Riepl, T. (1998). Jahresplanung beim weiblichen Hochsprungnachwuchs, Teil 1. *Leichtathletiktraining*, 9 (9/10), 10-19; Jahresplanung beim weiblichen Hochsprungnachwuchs, Teil 2. *Leichtathletiktraining*, 9 (11), 10-17; Jahresplanung beim weiblichen Hochsprungnachwuchs, Teil 3. *Leichtathletiktraining*, 9 (12), 30-35.
- Labescat, C. (1969). Zum Fosbury-Flop. *Die Lehre der Leichtathletik*, (41).

- Lames, M. (1996). Aussagen der allgemeinen Wissenschaftstheorie für die Sport- und Trainingswissenschaft. In H.-A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noak (Hrsg.), *Trainingswissenschaft. Theoretische und methodische Fragen in der Diskussion* (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 9, S. 46-50). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Lames, M. (1996). Zeitreihenanalyse: Anwendung in der Sportwissenschaft. In J. Krug (Red.), *Zeitreihenanalyse und „multiple statistische Verfahren“ in der Trainingswissenschaft* (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 4, S. 45-58). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Lames, M., Hohman, A. & Letzelter, M. (2003a). Trainingswissenschaft und Trainingslehre – Popper und die Russen. *Leistungssport*, 33 (1), 5-10.
- Lames, M., Hohman, A. & Letzelter, M. (2003b). Trainingswissenschaft und Trainingslehre – Weltrekorde und der Pragmatismus. *Leistungssport*, 33 (2), 48-49.
- Lames, M. & Letzelter, M. (1987). Mathematische Modellierung des Olympiazzyklus in der Leichtathletik. *Sportwissenschaft*, 17 (1), 37-52.
- Lange, H. (2003). Training, Wissenschaft und Bildung. *Leistungssport*, 33 (2), 49-50.
- Lenk, H. (2000). Zur Zukunftsfähigkeit des Spitzensports. *Leistungssport* 30 (1), 5-10.
- Letzelter, H. (1983). Sprungkrafttests und Hochsprungleistung. *Die Lehre der Leichtathletik*, (8), 406-410.
- Letzelter, H. & Letzelter, M. (1983). *Leistungsdiagnostik Beispiel Eisschnellauf*. Niedernhausen: Schors.
- Letzelter, H. & Letzelter, M. (1986). *Krafttraining*. Reinbek: rororo.
- Letzelter, M. (1978). *Trainingsgrundlagen*. Reinbek: rororo.
- Letzelter, M. (1979). *Zur Theorie des 400-Meter-Laufs*. Hochheim: Schors.
- Letzelter, M. (1996). Trainingswissenschaft als Disziplin der Sportwissenschaft. In H.-A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noak (Hrsg.), *Trainingswissenschaft. Theoretische und methodische Fragen in der Diskussion* (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 9, S. 27-45). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Letzelter, M. (1997). Sprungkraft – Mechanische Größe oder motorische Fähigkeit? Zum Vortrag von Ulmer, H.-V. und O. Gabriel in Magdeburg 1997, veröffentlicht im Internet unter <http://www.uni-mainz.de/MANFRED.LETZELTER>
- Letzelter, M. (2000). Die Fabelweltrekorde des Jahrhunderts. *Leichtathletik Konkret*, (1), 1-4.
- Letzelter, M., Letzelter, H. & Steinmann, W. (1990). Messfehler in der Kraftdiagnostik. *Leistungssport*, 20 (2), 46-62.
- Letzelter, M. & Siebertz, U. (1991). Maximalkraft als Trainingsziel der Sprinter: Zur Aussagekraft empirischer Ergebnisse und theoretischer Begründungen. In M. Letzelter & D. Steinmann (Hrsg.), *Trainingswissenschaftliche Studien zur Leichtathletik* (Mainzer Studien zur Sportwissenschaft, Band 14, S. 45-90). Niedernhausen: Schors.
- Lienert, G. & Ratz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz.

- Lienert, G. & Limbourg, M. (1977). Beurteilung der Wirkung von Behandlungsinterventionen in Zeitreihenuntersuchungsplänen. *Zeitschrift für Psychologie und Psychotherapie*, (25), 21-28.
- Lohmann, W. (ca. 1984). *Teilprogrammiertes Material für die technische Ausbildung im Aufbaustraining – Disziplin Hochsprung*. Leipzig: DHFK.
- Lohmann, W. & Klimmer, H. (1985). Der technische Ausbildungsstand der Kinder und Jugendlichen im Flop und methodische Folgerungen für das Techniktraining. *Leichtathlet*, (15), 7-9; (17), 7-9.
- Lohmann, W., Hempel, K.-J. & Schröter, G. (1992). *Leichtathletik Trainingsprogramme Sprung – Der Weg zur exzellenten Technik*. Berlin: Sportverlag.
- Lonskij, W.A. & Gombaradse, K.G. (1975). Grundsätze des mehrjährigen Trainings von jungen Hochspringern. *Die Lehre der Leichtathletik*, (29), 1061-1064.
- Loosch, E. (1999). *Allgemeine Bewegungslehre*. Wiebelsheim: Limpert.
- Loosch, E. & Tamme, M. (1998). Struktur des Anlaufs und Treffgenauigkeit des Absprungbalkens im Weitsprung. In D. Teipel, R. Kemper & D. Heinemann (Hrsg.), *Sportpsychologische Diagnostik, Prognostik, Intervention* (Bericht über die Tagung der asp vom 8.-10. Mai 1997 in Jena, S. 281-285). Köln: bps-Verlag
- Maiwald, U., Nissinen, M. & Nixdorf, E. (1995). *Biomechanische Leistungsdiagnostik Hochsprung Frauen am 1.5.1995 in Frankfurt-Kalbach*. Unveröffentl. Manuskript.
- Martin, D. (1970). Zur Lehrweise des Fosbury-Flop. *Die Lehre der Leichtathletik*, (16), 558-560.
- Martin, D. (1979). *Grundlagen der Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D., Stones, D., Joy, G. & Wszola, J. (1982). *The Highjump Book*. Los Altos: Tafnew Press.
- Matveev, L. (2000). Die projektive Modellierung des Trainingsverlaufes im Makrozyklus. *Leistungssport*, 30, (6), 50-53.
- Matthes, J. & Schütze, F. (1980). Alltagswissen, Interaktion und gesellschaftliche Wirklichkeit. In Arbeitsgruppe Bielefelder Soziologen (Hrsg.), *Alltagswissen, Interaktion und gesellschaftliche Wirklichkeit* (S. 11-53). Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Mechling, H. (1999). Fähigkeit – Fertigkeit: Generalität versus Spezifität im Techniktraining. In J. Wiemeyer (Hrsg.), *Techniktraining im Sport, 13. Darmstädter Sportforum* (Schriftenreihe des Instituts für Sportwissenschaft der TU Darmstadt, S. 31-46). Darmstadt: Techn.-Universität.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1998). *Bewegungslehre – Sportmotorik* (9. Aufl.). Berlin: Volkseigener Verlag.
- Metzinger, Th. (1998). Der Begriff des Begreifens. *Die Zeit*, (21), 40.
- Meyfarth, U. (1986). *Auf die Plätze! Fertig! Los!* München: Copress.
- Mocker, K. (1988). Bildreihe C. Thränhardt, 2.37 m. *Die Lehre der Leichtathletik*, 387-390.

- Möser, G. (1990). Biomechanical Analysis of Criteria and Qualitative Levels of the Technique in the Long Jump. In G.-P. Brüggemann & J.K. Rühl (Hrsg.), *Techniques in Athletics, the 1st international conference, Cologne 7.-9. Juni 1990* (Band 2, S. 705-713). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Müller, A.F. (1986). Biomechanik des Hochsprungs. In R. Ballreich & A. Kuhlow (Hrsg.), *Biomechanik der Sportarten* (S. 48-60). Stuttgart: Enke.
- Müller, K.J. und Kibele, A. (1995). Der Einfluß von ein- und beidbeinigen Krafttrainingsmethoden auf das bilaterale Defizit von Maximal- und Schnellkraftfähigkeiten. In K. Carl, K. Quade & P. Stehle (Hrsg.), *Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung. Dokumentation eines vom BISP durchgeführten Workshops* (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, S. 196-199). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Nett, E. und T. (1960-1972). Diverse Bildreihen. *Die Lehre der Leichtathletik*
- Nett, T. (1961). *Die Technik bei Hürdenlauf und Sprung* (Das Übungs- und Trainingsbuch der Leichtathletik, Band 2). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Nett, T. (1964). *Training des Athleten, Hürdenlauf, Sprung, Wurf, Mehrkampf* (Das Übungs- und Trainingsbuch der Leichtathletik, Band 5). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Neumaier, A. (1997). Trainingswissenschaftlicher Ansatz zum Techniktraining. In J. Nitsch, A. Neumaier, H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (S. 173-225). Schorndorf: Hofmann.
- Neumaier, A., De Marées, H. & Sailer, R. (1997). Stand und Probleme des Techniktrainings – Trainerbefragung und Literaturanalyse. In J. Nitsch, A. Neumaier, H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (S. 13-36). Schorndorf: Hofmann.
- Nigg, B. (1977). *Biomechanik*. Zürich: Jusu.
- Nitsch, J. & Neumaier, A. (1997). Interdisziplinäres Grundverständnis vom „Training“ und Techniktraining“. In J. Nitsch, A. Neumaier, H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining. Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (S. 37-49). Schorndorf: Hofmann.
- Nixdorf, E. (1995). Biomechanische Leistungsdiagnostik – Hochsprung Frauen. Frankfurt: Olympiastützpunkt (unveröffentl. Arbeitspapier).
- Oberste, W. & Bradtke, M (1974). Die Bedeutung der Reaktionsschnelligkeit im Sprint. *Leistungssport*, 4 (6), 420-430.
- Olivier, N. (2001). Eine Beanspruchungstheorie sportlichen Trainings und Wettkampfs. *Sportwissenschaft*, 31 (4), 437-453.
- Pampus, B. (1995). *Schnellkrafttraining – Theorien – Methoden – Praxis*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Pawlov, I.P. (1953/54). *Sämtliche Werke*, Berlin: Akademie-Verlag.
- Platonov, V. (1999). *Belastung – Ermüdung – Leistung* (Trainerbibliothek, Band 34). Münster: Philippka.

- Popow, G. & Ljach, W.: Weit- und Dreisprungtraining auf pneumatischen Anlaufbelägen. *Leistungssport*, 31 (6), 13-17.
- Popper, K.R. (1996). *Alles Leben ist Problemlösen*. München: Piper.
- Prause, K.D. (1991) *Zur Bewegungsstruktur des Absprungs in Hoch-, Weit- und Dreisprung sowie zur Bewegungsstruktur und zur Wirkungsrichtung von Trainingsübungen des speziellen und des Schnellkrafttrainings*. Dissertation B, Leipzig.
- Preisinger, M. (1990). *Sprungwettbewerbe in der Leichtathletik, Mittelalter bis 1896*. Frankfurt: Lang.
- Preiss, R. (1987). *Computersimulation zur Entwicklung sportmotorischer Techniken*. Ahrensburg: Czwalina.
- Quade, K. & Sahre, E. (1989). Sprünge. In K. Willimczik (Hrsg.), *Biomechanik der Sportarten* (S. 166-196). Reinbek: rororo.
- Riedel, P. (1970). Er hatte solche komischen Stil. *Der Leichtathlet*, (14).
- Ritzdorf, W. (1987). Aspekte der Trainingssteuerung im Mikrozyklus. In H.J. Appell & J. Mester (Hrsg.), *Trainingsoptimierung* (Brennpunkte der Sportwissenschaft, S. 208-217). Sankt Augustin: Richarz.
- Ritzdorf, W. & Conrad, A. (1987). *Biomechanical Analysis of the High Jump, Scientific Report of the II World Championships*. Rom: IAAF.
- Roth, K.-D. (1987). Motorisches Lernen. In H. Eberspächer (Hrsg.), *Handlexikon Sportwissenschaft* (S. 252-259). Reinbek: rororo.
- Roth, K.D. (1990). Ein „neues“ ABC für das Techniktraining im Sport. *Sportwissenschaft*, 20 (1), 9-26.
- Roth, K. & Willimczik, K. (1999). *Bewegungswissenschaft*. Hamburg: rororo.
- Ryan, F. (1969). *High Jump*. New York: Viking Press.
- Sachs, M. (1997). *Angewandte Statistik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Sass, H. (1993). Methodische Reihe. In G. Schnabel & G. Thieß (Hrsg.), *Lexikon Sportwissenschaft* (Band 2, S. 664). Berlin: Sportverlag.
- Saziorski, V. (1972). *Die körperlichen Eigenschaften der Sportler*. Berlin: Barthels & Wernitz.
- Saziorski, V. (1984). *Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparates*. Berlin: Sportverlag.
- Schiebl, F. (2000). *Fuzzy-Bewegungsanalyse*. Schorndorf: Hofmann.
- Schlumberger, A. & Schmidtbleicher, D. (2001). Zeitlich verzögerte Effekte beim Krafttraining. In R. Singer (Hrsg.), *Neuere Erkenntnisse zum Konditionstraining*, (15. Darmstädter Sportforum, S. 41-64). Darmstadt.
- Schlicht, W. (1988). *Einzelfallanalysen im Hochleistungssport*. Schorndorf: Hofmann.
- Schmalz, Thomas (1994). *Biomechanische Modellierung menschlicher Bewegung*. Schorndorf: Hofmann.

- Schmidtbleicher, D. (1985). Neurophysiologische Aspekte des Sprungkrafttrainings. In K. Carl & J. Schiffer (Red.), *Zur Praxis des Sprungkrafttrainings* (S. 56-71). Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Schmidtbleicher, D. (1994). Training in Schnellkraftsportarten. In P. Komi (Hrsg), *Kraft und Schnellkraft im Sport* (Enzyklopädie der Sportmedizin, Band 3, S. 374-387) Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Schmolinsky, G. (Hrsg.) (1977). *Leichtathletik*. Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (Hrsg.) (1994). *Trainingswissenschaft*. Berlin: Sportverlag.
- Schöllhorn, W. (1999). Individualität – ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 29 (2), 5-12.
- Schöllhorn, W. (2002). *Differenzielles Lernen – Eine Sprint- und Laufschule für alle Sportarten*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Schubert, B. (1989a). *Rahmentrainingsplan für das Trainings- und Wettkampffahr 1989/90 der Disziplingruppe Sprung/Mehrkampf*. Unveröffentl. Manuskript.
- Schubert, B. (1989b). *Vierjahreskonzeption für das Aufbautraining im DVfL der DDR*. Unveröffentl. Manuskript.
- Schubert, B. (Ltg.) (1999). *Aktuelle Trainingsgrundlagen des Hochleistungstrainings*. Darmstadt: DLV.
- Schubert, B. (Ltg.) (1993). *Vom Anfänger zum Top-Leichtathleten*. Darmstadt: DLV.
- Schütze, H. (1991). Systematisierung der Trainingsformen zur Entwicklung der Sprungkraft. *Die Lehre der Leichtathletik*, (35), 15-17.
- Semmler, R. (2001). Variabilität sportlicher Bewegungen. Eine Studie am Beispiel des Wasserspringens. *Sportwissenschaft*, 31 (1), 61-71.
- Shan, G. (1998). *Ein biomechanisches Modell auf Basis von individuellen anthropometrischen Daten für das Bewegungslernen von Flugphasen bei sportlichen Bewegungsabläufen*. Münster: Lit.
- Singler, A. & Treutlein, G. (2001). *Doping im Spitzensport*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Steiner, H. (1970). Zur Methodik des Fosbury-Flops. *Die Lehre der Leichtathletik*, (29), 1061-1064.
- Steiner, H., Ebenhöf, W. & Knebel, K.-P. (1970). Floptechnik und Fliehkraft. *Die Lehre der Leichtathletik*, (27), 953-955.
- Stiehler, G. (1976). *Methodik des Sportunterrichts*. Berlin: Volk und Wissen.
- Tancic, D. (1978). Moderne Techniken des Hochsprungs. *Die Lehre der Leichtathletik*, (23-27).
- Tancic, D. (1981). Zur Trainingsplanung von Tophochspringern. In D. Augustin & N. Müller (Hrsg.), *Leichtathletiktraining im Spannungsfeld von Wissenschaft und Praxis* (S. 163-171). Niedernhausen: Schors.

- Tancic, D. (1985). Das Krafttraining der Hochspringerinnen. In N. Müller, D. Augustin & B. Hunger (Red.), *Frauenleichtathletik* (Offizieller Kongreßbericht, S. 298-302). Darmstadt: DLV,
- Thieß, G. & Beilschmidt, R. (2000). Erfahrungen in der Wettkampfvorbereitung im Hochsprung. *Leistungssport*, 30 (3), 11-13.
- Thomas, M. (1999). Einblicke in die Geschichte sportlicher Wettkämpfe und deren Entwicklung. In G. Thieß & P. Tschiene (Hrsg.), *Handbuch zur Wettkampflehre* (S. 55-100). Aachen: Meyer & Meyer.
- Thorhauer, H.-A. (1996). Zur inhaltlichen Strukturierung der Trainingswissenschaft. In H.-A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noak (Hrsg.), *Trainingswissenschaft. Theoretische und methodische Fragen in der Diskussion* (Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 9, S. 51-63). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Thorhauer, H.A. & Kampe, M. (1993). Sporttechnische Leitbilder im Trainingsprozess. *Sportwissenschaft*, 23 (2), 158-174.
- Tidow, G. (1994). Modelle für das leichtathletische Techniktraining – Hochsprung. *Die Lehre der Leichtathletik*, (1), 15-18; (2), 15-18.
- Tidow, G. (1995). Muscular adaptations induced by training and de-training – a review of biopsis studies. *New Studies in Athletics*, (2), 47-56.
- Tihanyi, J. (1983). Zusammenhang zwischen ausgewählten Absprungsmerkmalen und der Faserzusammensetzung der Oberschenkel- und Wadenmuskulatur. *Leistungssport*, 13 (4), 49-53.
- Tscherer, J. (2001). Mehr Kraft gewinnen – aber richtig. *Leichtathletiktraining*, (2/3), 62-69; (4), 12-15.
- Veldmann, B. (1989). Ein Technik-Hochsprungmodell. *Die Lehre der Leichtathletik*, (15), 493-500.
- Verchoshanskij, J. (1995). *Ein neues Trainingssystem für azyklische Sportarten* (Trainerbibliothek, Band 32). Münster: Philippka
- Verchoshanskij, J. (1998). Das Ende der „Periodisierung“ des sportlichen Trainings im Spitzensport. *Leistungssport*, 28 (5), 14-19.
- Viitasalo, J.T., Aura, O. & Lehtanen, P. (1982). Biomechanische und anthropometrische Aspekte des Hochsprungs. *Leistungssport*, 12 (2), 146-151.
- Vittori., C. (1971). Für wen Flop-, für wen Wälztechnik. *Die Lehre der Leichtathletik*, (30).
- Volger, B. (1990). *Lehren von Bewegungen*. Ahrensburg: Czwalina.
- Waser, J. & Nigg, B. (1974). Hochsprungfilmanalyse eines Weltrekordsprungs. *Leistungssport*, 4 (4), 259-267.
- Weigelt, S. (1997). *Die sportliche Bewegungsschnelligkeit*. Köln: Sport und Buch Strauss.
- Weineck, J. (1996). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen: Perimed.

- Weinkötz, H. (1952). *Der Hochsprung*. Berlin.
- Wiemann, K. (1986). Die Muskelaktivität beim Laufen. *Leistungssport*, 26 (4), 27-31.
- Wiemeyer, J. (). Beweglichkeitstraining im Sport. In R. Singer (Hrsg.), *Neuere Erkenntnisse zum Konditionstraining* (15. Darmstädter Sportforum, S. 121-156) Darmstadt.
- Wilhelm, A. (1999). Zeitreihenanalyse. In B. Strauss, H. Haag & M. Kolb (Hrsg.), *Datenanalyse in der Sportwissenschaft, Hermeneutische und statistische Verfahren* (S. 481-502). Schorndorf: Hofmann.
- Willimczik, K. (1968). *Wissenschaftstheoretische Aspekte einer Sportwissenschaft*. Frankfurt.
- Willimczik, K. (1989). *Biomechanik der Sportarten*. Reinbek: rororo.
- Willimczik, K. (1993). *Statistik im Sport*. Hamburg: Czwalina.
- Willimczik, K. & Roth, K. (1983). *Bewegungslehre*. Reinbeck: rororo.
- Winter, R. (2001). Zum besten motorischen Lernalter. *Sportwissenschaft*, 31 (4), 454-457.
- Wischmann, B. (1960). *Methodik der Leichtathletik*. Frankfurt: Limpert.
- Wischmann, B. (1987). *Der Weg zum Erfolg in der Leichtathletik*. Wiesbaden: Limpert.
- Wünsche, W. (1971). *Athleten, Duelle, Rekorde*. München.
- Zacharias, Th. (1978). *Hochsprung lehren – Mittel und Wege* (4. Auflage). Mainz: Eigenverlag.
- Zacharias, Th. (1995). Der Dreh mit dem Flop. *Leichtathletiktraining*, (5), 17-20.
- Zacharias, Th. & Killing, W. (1994). Der Straddle bleibt die Technik der Zukunft – Pro und Contra. *Die Lehre der Leichtathletik*, (16-17).
- Zanon, S. (2000). Ist die Unterscheidung von technischen und konditionellen Übungen im Training noch haltbar? *Leistungssport*, 30 (2), 27-29.



Bundesinstitut für Sportwissenschaft

Graurheindorfer Straße 198, 53117 Bonn
Telefon 0 18 88 640-0, Telefax 0 18 88 640 90 07
E-Mail: info@bisp.de - <http://www.bisp.de>

ISBN 3-89001-400-3