12

SCHRIFTENREIHE
FÜR ANGEWANDTE
TRAININGSWISSENSCHAFT

IAT®

Sascha Kreibich

Präzisierung der Technikorientierung für die V-Skihaltung im Skispringen auf der Basis von Windkanaluntersuchungen

MEYER
& MEYER
VERLAG

Präzisierung der Technikorientierung für die V-Skihaltung im Skispringen auf der Basis von Windkanaluntersuchungen

Die Reihe

In der *Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft* möchte das Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) zeitnah und themenorientiert wichtige Veranstaltungen des IAT dokumentieren, aktuelle Forschungsergebnisse aus der angewandten Trainingswissenschaft präsentieren sowie wissenschaftliche Qualifizierungsarbeiten veröffentlichen, die unter dem Dach des IAT entstanden sind. Die Schriftenreihe folgt der bisherigen Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, die von 1996-2014 vom Institut für Angewandte Trainingswissenschaft ebenfalls gemeinsam mit dem Meyer & Meyer Verlag Aachen herausgegeben wurde.

Band 1: Ulf Tippelt & Jürgen Wick (Hrsg.) – Angewandte Trainingswissenschaft im Forschungs- und Serviceverbund Leistungssport
Band 2: Ronny Lüdemann – Belastungsinduzierte Veränderung der Kraft
Band 3: Thomas Moeller – Leistung und Training im Triathlon
Band 4: Ina Fichtner (Hrsg.) – Technologien im Leistungssport
Band 5: Dirk Büsch, Hans-Dieter Heinisch & Ronny Lüdemann (Hrsg.) – Leistungsfaktoren in den Spiel- und Zweikampfsportarten
Band 6: Ina Fichtner (Hrsg.) – Technologien im Leistungssport 2
Band 7: Jürgen Wick, Ilka Seidel & Dirk Büsch (Hrsg.) – Olympiaanalyse Rio 2016 – Olympiazyklusanalysen und Auswertungen der Olympischen Spiele 2016
Band 8: Jürgen Wick (Hrsg.) – Wettkampf, Training und Leistungsdiagnostik in den Ausdauersportarten
Band 9: Ingo Sandau – Untersuchungen zur Bewegungsstruktur der Wettkampfübung Reißen und der Trainingsübung Zug breit im Gewichtheben
Band 10: Antje Hoffmann/Juliane Wulff (Hrsg.) – Die Spitze im Blick. Tagungsband zum gleichnamigen Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 8.-10. Mai 2017 in Leipzig
Band 11: Thomas Lehmann – Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Absprungkräfte auf dem Sprungbrett

Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft
Band 12

Sascha Kreibich

Präzisierung der Technikorientierung für die V-Skihaltung im Skispringen auf der Basis von Windkanaluntersuchungen

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor philosophiae
(Dr. phil.)

Genehmigt durch die
Fakultät für Humanwissenschaften
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Von Diplom-Sportlehrer Sascha Kreibich
geb. am 19.11.1977 in Karl-Marx-Stadt (heute Chemnitz)

Gutachterinen: Prof. Dr. Kerstin Witte
PD Dr. Karin Knoll

Eingereicht am 24.08.2016
Verteidigung der Dissertation am: 14.06.2017

Meyer & Meyer Verlag

Herausgeber der Schriftenreihe für Angewandte Trainingswissenschaft:
Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig

Redaktionskollegium: Dr. U. Tippelt, Dr. H. Sandner, B. Franz, K. Henschel
Assistenz des Redaktionskollegiums: B. Kühn

Anschrift:
Marschnerstraße 29
D-04109 Leipzig
Tel.: 0341-4945-100
Fax: 0341-4945-400
iat@iat.uni-leipzig.de
www.sport-iat.de

Präzisierung der Technikorientierung für die V-Skihaltung im Skispringen auf der Basis von Windkanaluntersuchungen

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

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie das Recht der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren – ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, gespeichert, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2018 by Meyer & Meyer Verlag, Aachen
Auckland, Beirut, Dubai, Hägendorf, Hongkong, Indianapolis, Kairo, Kapstadt, Manila, Maidenhead, Neu-Delhi, Singapur, Sydney, Teheran, Wien

Member of the World Sport Publishers' Association (WSPA)

Titelfoto: picture alliance/Sven Simon
E-Mail: verlag@m-m-sports.com
www.dersportverlag.de

Inhaltsverzeichnis

0 Einleitung ... 7
1 Problemstellung ... 9
2 Wissenschaftlicher Erkenntnisstand ... 15
2.1 Technikleitbild ... 15
2.2 Technikleitbild Skispringen ... 17
2.2.1 Komplexe Leistungsgrößen ... 17
2.2.2 Positionen zur zweckmäßigen Fluggestaltung ... 19
2.2.3 Technikleitbild Flug ... 23
2.2.4 Erkenntnisstand zur V-Skihaltung ... 27
2.3 Bewegungsmechanismen des oberen und unteren Sprunggelenks ... 33
2.4 Position zur Leistungswirksamkeit der Technikorientierung für die V-Skihaltung ... 36
3 Zielstellung ... 40
4 Fragestellungen und Aufgabenkomplexe ... 41
4.1 Aufgabenkomplex 1: Prüfung der bestehenden Technikorientierung für die V-Skihaltung auf Realisierbarkeit ... 41
4.2 Aufgabenkomplex 2: Präzisierung der Technikorientierung für die V-Skihaltung ... 42
4.3 Aufgabenkomplex 3: Erfassung des K-Winkels unter Feldbedingungen ... 42
5 Untersuchungskonzept ... 44
5.1 3-D-Videobildanalyse im Windkanal ... 45
5.1.1 Untersuchungsverfahren ... 45
5.1.2 Stichprobe ... 46
5.1.3 Auswertungsverfahren ... 46
5.2 Bestimmung der aktiven Dorsalflexion im OSG ... 47
5.2.1 Untersuchungsverfahren ... 47
5.2.2 Stichprobe ... 48
5.2.3 Auswertverfahren ... 48
5.3 Konzeption und Fertigung der neuen Springerpuppe ... 48
5.4 Matrix zur Parameterbestimmung am SMF4 ... 53
5.5 Aerodynamische Untersuchungen im Windkanal mit dem SMF4 ... 57
5.6 Computersimulation ... 58
5.7 Pilotstudie zur Erfassung des K-Winkels unter Feldbedingungen ... 60
5.7.1 Inertial-Sensorsystem Motion Tracker MTx Xsens Technologies ... 60

5.7.2 Referenzsystem 3-D-Videobildanalyse ... 65
5.8 Fehlerabschätzung ... 67
5.9 Statistische Verfahren ... 69
6 Ergebnisdarstellung und Interpretation ... 71
6.1 Ergebnisse zum Aufgabenkomplex 1 ... 71
6.1.1 Parametergrößen der V-Skihaltung im Windkanal ... 71
6.1.2 Realisierbare Größenordnungen für die Supination im USG ... 73
6.1.3 Zusammenhänge zwischen den Parametern der V-Skihaltung in Abhängigkeit der jeweils ermittelten Gelenkstellungen ... 75
6.1.4 Realisierbarkeit der bisherigen Technikorientierung ... 80
6.1.5 Bewegungsumfang der aktiven Dorsalflexion im OSG ... 81
6.2 Ergebnisse zum Aufgabenkomplex 2 ... 82
6.2.1 Auftriebsbeiwerte in Abhängigkeit der Supinationsgrößen im USG ... 82
6.2.2 Gültigkeit der Technikorientierung für den V-Öffnungswinkel ... 85
6.2.3 Orientierungsgrößen für die Parameter der V-Skihaltung ... 88
6.2.4 Bestlösungen in Abhängigkeit der Supinationsgrößen im USG ... 93
6.3 Ergebnisse zum Aufgabenkomplex 3 ... 98
6.3.1 Ergebnisse der berechneten Eulerwinkel ... 98
6.3.2 Vergleich der berechneten Eulerwinkel und 3-D-Videodaten ... 101
6.3.3 Einbeziehung der Gyroskopdaten in die Ergebnisbetrachtung ... 104
6.3.4 Fehlerbetrachtung ... 110
7 Diskussion der Ergebnisse ... 113
7.1 Hauptergebnisse der Arbeit ... 113
7.2 Präzisierung der Technikorientierung für die V-Skihaltung ... 116
8 Ausblick ... 119
8.1 Ableitungen für die Trainingspraxis ... 119
8.2 Ableitungen für weitere Forschungsaufgaben ... 120
Literatur ... 122
Abkürzungsverzeichnis ... 126
Abbildungsverzeichnis ... 127
Tabellenverzeichnis ... 132
Anhang ... 135
Thesen ... 145

0 Einleitung

In der sportwissenschaftlichen Forschung im Skispringen werden immer wieder Fragestellungen bezüglich aerodynamisch zweckmäßiger Körper- und Skihaltungen im Flug erhoben. Diese sind auf einen weiteren Erkenntnisgewinn zur Leistungssteigerung und zur individuellen Optimierung ausgerichtet, um eine möglichst große Sprungweite zu erzielen.
Bereits 1926 beschäftigte sich der Schweizer Flugzeugingenieur und selbst ehemaliger Skispringer Straumann mit aerodynamischen Gesetzmäßigkeiten im Flug beim Skispringen und erkannte den Einfluss der Luft als tragendes Element auf die Sprungweite. Er führte erste Untersuchungen mit Springerpuppen im Windkanal der Universität Göttingen durch und veröffentlichte 1926/27 seine Theorie über die aerodynamisch günstigste Körperhaltung im Flug mit nahezu gestreckter Hüfte und am Körper anliegenden Armen (Straumann, 1926; 1927).
Ein Überblick von Schwameder (2009) zu biomechanischen Untersuchungen im Skispringen zeigt die Bedeutung aerodynamischer Untersuchungen zu Körper- und Skihaltungen im Flug innerhalb der Skisprungforschung. In nahezu einem Viertel der ausgewiesenen Publikationen werden aerodynamische Untersuchungsmethoden angewendet. Der heute existierende Erkenntnisstand zur zweckmäßigen sportlichen Technik in den einzelnen Bewegungsabschnitten des Flugs basiert neben kinematischen Analysen bei Schanzensprüngen vorrangig auf Messungen im Windkanal in Verbindung mit Computersimulationen bzw. Flugbahnberechnungen.
Eine entscheidende Veränderung der sportlichen Technik im Skispringen mit maßgeblichen Auswirkungen auf die Aerodynamik im Flug gab es Ende der 1980er-Jahre durch die Einführung des sogenannten V-Stils. Mit dieser neuen Variante der Skiführung, bei der die Ski nach dem Absprung in eine V-ähnliche Stellung gebracht werden, konnten deutlich größere Sprungweiten als mit dem herkömmlichen Parallelstil erzielt werden. Die Zulassung der V-Skihaltung durch den Internationalen Skiverband (FIS) im Jahr 1991 führte dazu, dass alle führenden Skisprungnationen Anfang der 1990er-Jahre vom Parallelstil auf die V-Skihaltung umstellten.
In der sportwissenschaftlichen Forschung wurde der Vorteil der V-Skihaltung gegenüber dem Parallelstil in den 1990er-Jahren durch zahlreiche aerodynamische Untersuchungen im Windkanal, mit Computersimulationen und durch experimentelle Feldstudien belegt (Mroß & Mahnke, 1995; Arndt, Brüggemann, Virmavirta & Komi, 1995; Schwameder & Müller, 1995; Jin, Shimizu, Watanuki, Kubota & Kobayashi, 1995; Müller, Platzer & Schmölzer,1996). Es konnte nachgewiesen werden, dass sich durch die V-Skihaltung die Umströmungsbedingungen[1] des Systems Athlet[2]/Ski verändern und die Anströmfläche des Systems vergrößert wird. Dadurch werden im Ver-

1 Die theoretische Betrachtungsweise der Umströmungsbedingungen im Skispringen sowie die Beschreibung der Wirkung der Luftkräfte Auftrieb und Widerstand erfolgt im Abschnitt 2.2.2.
2 Anmerkung zum Sprachgebrauch: Im Folgenden wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit in der Regel nur noch die männliche Form verwendet, die jedoch die weibliche mit einschließt.

gleich zu den Flughaltungen mit paralleler Skihaltung die Luftkräfte Auftrieb und Widerstand erhöht, wobei sich das Verhältnis von Auftrieb zu Widerstand zugunsten des Auftriebs verschiebt. Damit ist die V-Skihaltung bezogen auf die Sprungweite wirkungsvoller, d. h., es können gegenüber dem Parallelstil größere Sprungweiten erreicht werden.

Für die Trainingspraxis konnten aus den genannten wissenschaftlichen Untersuchungen erste allgemeine Technikorientierungen für eine zweckmäßige V-Skihaltung im Flug abgeleitet werden. Diese beziehen sich fast ausschließlich auf die anzustrebende Größe des Öffnungswinkels zwischen den beiden Ski (V-Öffnungswinkel). Der Einfluss weiterer Parameter der V-Skihaltung auf die Sprungweite in Verbindung mit der Frage der Realisierbarkeit der allgemeinen Technikorientierungen durch Athleten wurde bisher in den wissenschaftlichen Publikationen nicht oder nur ungenügend berücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Projekts „Optimierung der Absprunggestaltung und Präzisierung der Anforderungen an eine zweckmäßige Fluggestaltung unter Berücksichtigung der V-Skihaltung im Skispringen“ am Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) Leipzig zur prozessbegleitenden Trainings- und Wettkampfforschung in Kooperation mit dem Deutschen Skiverband (DSV).

1 Problemstellung

Mit der Umstellung von der parallelen Skiführung auf die V-Skihaltung im Skispringen Ende der 1980er-Jahre mussten die Technikorientierungen für eine aerodynamisch zweckmäßige Flughaltung durch neue Parameter ergänzt werden. Für die Beurteilung der Flughaltung reichte der bis dahin gewonnene Erkenntnisstand für das zweckmäßige Anstellen der Ski (SK-Winkel) sowie des Ober- und Unterkörpers (OK-Winkel, UK-Winkel) zur Flugbahn nicht mehr aus.
Die Beschreibung der V-Skihaltung[3] erfolgte zunächst anhand des Öffnungswinkels (Abb. 1) zwischen den beiden Ski (V-Öffnungswinkel).

Abb. 1. V-Öffnungswinkel bei der V-Skihaltung als eingeschlossener Winkel zwischen den beiden Skilängsachsen

Eine erste Technikorientierung zur optimalen Größe des V-Öffnungswinkels leiteten Mroß und Mahnke (1994) auf der Grundlage von Windkanaluntersuchungen mit Athleten und anschließenden Flugbahnberechnungen ab. Sie belegten die Abhängigkeit der berechneten Sprungweite von der Größe des V-Öffnungswinkels. Mit größerem V-Öffnungswinkel vergrößern sich die wirkenden Luftkräfte Auftrieb und Widerstand und damit erhöht sich auch die zu erreichende Sprungweite. Auf der Basis ihrer Untersuchungen identifizierten Mroß und Mahnke (1994) sowie in späteren Windkanaluntersuchungen mit einer Springerpuppe Ito, Seo und Asai (2008) eine aerodynamisch zweckmäßige V-Skihaltung mit einem V-Öffnungswinkel von 35°.
Aus empirischen Untersuchungen zur V-Skihaltung bei Weltmeisterschaften und Weltcupveranstaltungen im Skispringen lassen sich jedoch interindividuelle Unterschiede in der Größe des V-Öffnungswinkels sowie Abweichungen zur Technikori-

3 Eine genaue Betrachtung der Parameter der V-Skihaltung erfolgt im Abschnitt 2.2.4.

entierung feststellen. Die Ergebnisse eigener 3-D-Videobildanalysen (Müller & Kreibich, 2011; Müller, Kreibich, Mahnke & Mroß, 2006; Müller, Mroß, Kreibich & Mahnke, 2005) zur Größe des V-Öffnungswinkels der Weltspitze im Skispringen als Mittelwert (MW) der Leistungsgruppe 1.-10. Platz im mittleren Flugabschnitt[4] belegen diese Unterschiede (Tab. 1).

Tab. 1. *Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) im V-Öffnungswinkel der Weltspitze im Skispringen (1.-10. Platz) an ausgewählten Messstellen im mittleren Flugabschnitt auf Großschanzen zwischen 2005 und 2011 zur Weltmeisterschaft (WM), zur 4-Schanzentournee (4-ST) sowie zur Team-Tour*

Ereignis	**Messstelle im Flug [m]**	**MW ± SD 1.-10. Platz im V-Öffnungswinkel [°]**
WM 02-2005 Oberstdorf	41	27,3 ± 4,7
4-ST 12-2005 Oberstdorf	41	26,9 ± 4,8
	68	26,4 ± 3,6
4-ST 01-2006 Bischofshofen	43	26,2 ± 4,6
	61	26,9 ± 5,4
4-ST 12-2010 Oberstdorf	41	30,4 ± 4,9
Team-Tour 02-2011 Klingenthal	43	29,8 ± 4,2
	61	28,3 ± 3,7

Die Ergebnisse zeigen, dass die mittleren V-Öffnungswinkel der Weltspitzenathleten mit 26-30° kleiner sind, als es die Technikorientierung von Mroß und Mahnke (1994) sowie Ito et al. (2008) ausweist. Im interindividuellen Vergleich belegen die Analyseergebnisse Unterschiede bis zu 20° in der Größe des V-Öffnungswinkels, was nach den Erkenntnissen zum Einfluss der Größe des V-Öffnungswinkels auf die Effektivität der V-Skihaltung als deutlicher aerodynamischer Unterschied herauszustellen ist.

Der bisherige wissenschaftliche Erkenntnisstand zum Einfluss des V-Öffnungswinkels auf die Sprungweite reicht jedoch nicht aus, die in der Sportpraxis auftretenden V-Skihaltungen in ihrer Zweckmäßigkeit umfassend einzuschätzen. Neben dem V-Öffnungswinkel wird die Qualität der aerodynamischen Flughaltung durch weitere Parameter der V-Skihaltung beeinflusst. Mroß und Mahnke (1994) verweisen in ihren Ergebnissen zusätzlich auf den Verkantungswinkel (K-Winkel) der Ski (Abb. 2). Bei der Einnahme des V-Öffnungswinkels ergibt sich durch das Spreizen und die Außenrotation der Beine im Hüftgelenk anatomisch bedingt eine Verkantung der Ski. Der rechte Ski erfährt in Bezug auf seine Längsachse eine Linksdrehung, der linke Ski entsprechend eine Drehung nach rechts.

4 Flugabschnitt nach ca. 25 m Flug auf einer Großschanze bis zum Landeanflug

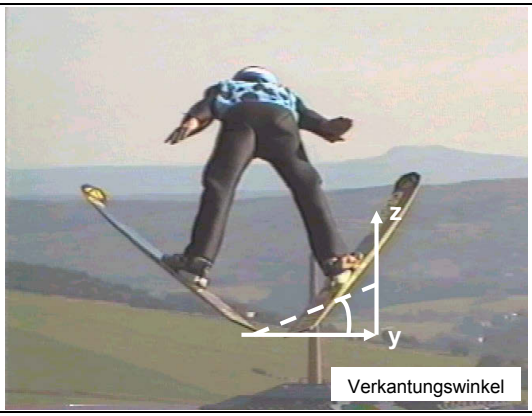

Abb. 2. Verkantungswinkel des rechten Skis bei der V-Skihaltung als Winkel zwischen der Skiebene und der Achse quer zur Anströmung (globale y-Achse)

Mroß und Mahnke (1994) belegen mit ihren Ergebnissen, dass eine größere Skiverkantung die Anströmfläche verkleinert und die wirkenden Luftkräfte Auftrieb und Widerstand verringert. Ein größerer K-Winkel wirkt sich demnach negativ auf die Sprungweite aus. Zwischen den beiden Einflussgrößen V-Öffnungswinkel und K-Winkel existiert folglich eine konträre Abhängigkeit in der Form, dass mit Vergrößerung des V-Öffnungswinkels (positive Wirkung auf die Sprungweite) die Verkantung der Ski ebenfalls vergrößert wird (negative Wirkung auf die Sprungweite). Der obere Grenzwert für eine zweckmäßige Kombination aus großem V-Öffnungswinkel (35°) und der daraus resultierenden Skiverkantung liegt bei einem K-Winkel von 25-30° (Mroß & Mahnke, 1994).

Die Technikorientierung auf einen V-Öffnungswinkel von 35° resultiert jedoch vor allem aus den Erkenntnissen zum isolierten Einfluss des V-Öffnungswinkels auf die Sprungweite. Der konkrete Einfluss der Skiverkantung blieb in bisherigen Untersuchungen weitgehend unbeachtet, da empirische Daten zur Größe des K-Winkels in Abhängigkeit des V-Öffnungswinkels fehlen. Im Gegensatz zum V-Öffnungswinkel und zum SK-Winkel ist die Erfassung des K-Winkels unter Feldbedingungen mit standardmäßig eingesetzten 2-D- und 3-D-Videobildanalyseverfahren nicht möglich.

In den Untersuchungen von Mroß und Mahnke (1994) wurden die Ski getrennt vom Athleten im Windkanal befestigt und folglich die Parametergrößen für den V-Öffnungswinkel, den K-Winkel und den SK-Winkel unabhängig vom Athleten und dessen anatomischen Voraussetzungen definiert (Tab. 2). Aufgrund des Fehlens empirischer Daten zur realisierbaren Größe der Skiverkantung in Abhängigkeit des V-Öffnungswinkels wurde von Mroß und Mahnke (1994) der K-Winkel der Ski in seiner Größe für die untersuchten V-Öffnungswinkel und SK-Winkel lediglich angenommen.

Tab. 2. *Größendefinierung der Parameter V-Öffnungswinkel, Verkantungswinkel (K-Winkel) und Ski-anstellwinkel (SK-Winkel) bei den Windkanaluntersuchungen von Mroß und Mahnke (1994)*

V-Öffnungswinkel [°]	K-Winkel [°]	SK-Winkel [°]
15	0	30
25	0/20	30
35	20	30/34/39
45	20/30/40	30/34
55	20/30	34

Mit der systematischen Variation der einzelnen Parameter der V-Skihaltung ermittelten Mroß und Mahnke (1994) sowie in späteren eigenen Untersuchungen Kreibich, Mahnke & Müller (2004, 2006) deren isolierten Einfluss auf die Luftkräfte und damit auf die Sprungweite. Für die V-Skihaltung sind auf der Grundlage dieser Ergebnisse folgende Aussagen unter dem Aspekt einer isolierten Parametervariation allgemeingültig:

- Die Vergrößerung des V-Öffnungswinkels bis zu einer Größe von 55° bewirkt eine Vergrößerung der Sprungweite unter der Bedingung, dass
  - der K-Winkel um nicht mehr als 20° vergrößert wird,
  - der SK-Winkel 35-40° beträgt und
  - der Fußabstand als Abstand zwischen den Fersen so groß ist, dass die Skienden nahezu geschlossen sind.
- Die Vergrößerung des SK-Winkels bis 40° bewirkt eine Vergrößerung der Sprungweite unter der Bedingung, dass die weiteren Parameter in ihrer Größe unverändert bleiben.
- Die Vergrößerung des K-Winkels bewirkt eine Verringerung der Sprungweite unter der Bedingung, dass die weiteren Parameter in ihrer Größe unverändert bleiben.
- Die Vergrößerung des Abstands der Skienden auf 30 cm durch die Realisierung eines größeren Fußabstands bewirkt eine Verringerung der Sprungweite unter der Bedingung, dass die weiteren Parameter in ihrer Größe unverändert bleiben.

Abgeleitet aus den Ergebnissen ist die allgemeine Technikorientierung für die V-Skihaltung nach Mroß und Mahnke (1994) im mittleren Flugabschnitt wie folgt definiert:

- V-Öffnungswinkel 35°;
- K-Winkel ≤ 25°;
- SK-Winkel 35-40°;
- Fußabstand in Anhängigkeit nahezu geschlossener Skienden.

Vergleichbare Ergebnisse generierten Seo, Murakami und Yoshida (2004) sowie Ito et al. (2008) aus Windkanaluntersuchungen mit Springerpuppen. Die Erkenntnisse basieren ebenso auf dem isolierten Einfluss der Parameter SK-Winkel und V-Öffnungswinkel auf die Sprungweite. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Mroß und Mahnke (1994) sowie Kreibich et al. (2004, 2006) wird in diesen Untersuchungen kein Bezug auf den K-Winkel genommen.

Der bisherige Erkenntnisstand zur Technikorientierung für eine zweckmäßige V-Skihaltung umfasst somit in erster Linie isolierte Anforderungen an die einzelnen Parametergrößen. Die Veränderung einer einzelnen Parametergröße ist jedoch unter Berücksichtigung der anatomischen Realbedingungen bezüglich der Gelenkeigenschaften im Hüft- und Sprunggelenk dahingehend nicht möglich, dass sich die weiteren Parameter in ihren Größenordnungen nicht verändern. Mit der Veränderung einer einzelnen Parametergröße werden aufgrund der anatomisch bedingten Abhängigkeiten alle weiteren Parametergrößen mit z. T. entgegengesetzten Auswirkungen auf die Sprungweite gleichzeitig mit verändert (Tab. 3).

Tab. 3. *Auswirkungen einer einzelnen Parameterveränderung auf weitere Parameter bei der V-Skihaltung unter Berücksichtigung der anatomischen Realbedingungen. In umgekehrter Richtung der Parameter- bzw. Gelenkveränderung ändern sich die Auswirkungen auf die weiteren Parameter entsprechend.*

Parameterveränderung (Gelenkveränderung)	**Auswirkungen auf weitere Parameter**
V-Öffnungswinkel ↑ (Hüftgelenk)	Verkantungswinkel ↑ Skianstellwinkel ↑ Abstand Skienden ↓
Skianstellwinkel ↑ (oberes Sprunggelenk)	V-Öffnungswinkel ↓ Verkantungswinkel ↑ Abstand Skienden ↑
Verkantungswinkel ↓ (unteres Sprunggelenk)	V-Öffnungswinkel ↓ Skianstellwinkel ↓ Abstand Skienden ↑
Fußabstand ↑ (Hüftgelenk)	Skianstellwinkel ↑ Verkantungswinkel ↑ Abstand Skienden ↑

Demzufolge ist das Optimum für die V-Skihaltung von den konkreten Zusammenhängen zwischen den Parametern der V-Skihaltung abhängig und kann nicht aus der isolierten Optimierung einzelner Einflussgrößen abgeleitet werden. Diese individuellen und von den anatomischen Realbedingungen abhängigen Zusammenhänge wurden bisher in der allgemeingültigen Technikorientierung für die V-Skihaltung nicht beachtet.

Die Zweckmäßigkeit der V-Skihaltung unterliegt folglich einem Optimierungsprozess, der mit den bisherigen Erkenntnissen nicht ausreichend beurteilt werden kann. Es fehlen Untersuchungsergebnisse auf der Basis empirisch gewonnener Daten bei Athleten, aus denen die Zusammenhänge in ihrer Gesamtheit abgeleitet werden können. Folgerichtig liegen ebenso keine Ergebnisse zur Optimierung der V-Skihaltung durch systematische Windkanaluntersuchungen mit einer Springerpuppe vor, in denen die konkreten Zusammenhänge zwischen den einzelnen Parametern der V-Skihaltung Berücksichtigung finden.

Aufgrund dieser Problemsituation bestehen in der Sportpraxis bei Trainern und Athleten sowie bei Trainingswissenschaftlern als enger Praxispartner Zweifel an der allgemeinen Technikorientierung für die V-Skihaltung.

Es ist nicht nachgewiesen, inwieweit die Orientierungsgrößen für die einzelnen Parameter in der Gesamtheit durch Athleten realisierbar sind. Aus diesem Grund kann die Frage, warum und mit welcher Effizienz die V-Öffnungswinkel der Weltspitze von der Technikorientierung abweichen, derzeit nicht beantwortet werden.