

Stefan Panzer, Thomas Mühlbauer, Nicole Grützmacher & Falk Naundorf

Positionsmuster beim Kurvendurchlauf auf der Sprintdistanz im Eisschnelllauf

POSITION PATTERNS IN SPEED SKATING THE CURVE DURING SPRINT RACES

Zusammenfassung

In der trainingswissenschaftlichen Literatur zum Eisschnelllauf findet sich die kolportierte trainingspraktische Handlungsempfehlung, auf der Sprintstrecke die Kurve von außen anzulaufen, zur Kurvenmitte nach innen zu ziehen und dann wieder nach außen zu laufen, um somit einen großen Radius zu realisieren. Es wurde unter einem exploratorischen Herangehen geprüft, ob Eisschnellläuferinnen im Wettkampf diese Anweisung befolgen. Von 16 Spitzenathletinnen wurde während eines offiziellen Wettkampfes je ein Kurvendurchlauf pro Sportlerin für die 1.000-m-Sprintdistanz analysiert und es wurden Positionsmuster erstellt. Die Prüfung einer Abhängigkeit zwischen Umsetzung der Empfehlung und dem Erreichen vorderer Platzierungen erfolgte mittels Berechnung des Kontingenzkoeffizienten. Im Ergebnis zeigte sich, dass nur wenige (2 Sprinterinnen und 3 Mehrkämpferinnen), dafür aber vorrangig erfolgreiche, Athletinnen (1 x 1. Platz, 1 x 2. Platz, 2 x 3. Platz) der Anweisung folgen, was sich in einer graduellen Abhängigkeit zwischen der Befolgung der Handlungsanweisung und dem erzielten Podiumsplatz ausdrückt ($c = 0,29$). Dieser Befund verweist auf eine gewisse Leistungsrelevanz eines großen Kurvendurchlaufs für die erfolgreiche Absolvierung der Sprintdistanz im Eisschnelllauf, sodass eine weitere Steigerung der Laufleistung durch eine Optimierung des Kurvendurchlaufs erfolgen könnte.

Schlagworte: Wettkampfanalyse – Kurvenlauf – Spitzensportlerinnen

Abstract

Ice speed skating handbooks recommend the following pattern for skating the curve: enter the curve with a large radius, minimise the radius in the middle part, and increase the radius before exiting the curve. In this study systematic explorative analyses were applied to evaluate curve skating patterns during official competition investigating the position patterns during skating the curve (i.e., one curve per athlete) of 16 elite female athletes in 1,000-m sprint races. In order to determine the correlation between the use of the proposed recommendation and the achieved rank coefficients of contingency were calculated. Results indicated that only few (2 sprinters and 3 all-rounders) but particularly successful skaters (1 x 1st place, 1 x 2nd place, 2 x 3rd place) applied the recommended strategy, which could be demonstrated through a gradual dependence between the proposed recommendation and the achieved rank ($c = 0.29$). This finding suggests a certain performance relevance of skating the curve with a large radius in order to successfully complete the 1,000-m sprint distance in ice speed skating. This indicates that further performance enhancements may be achieved by optimising the strategy in skating the curves.

Key words: competition analysis – speed skating the curve – top-level athlete

1 Einleitung

Die Sportart Eisschnelllauf repräsentiert die schnellste Form der menschlichen Fortbewegung in der Ebene ohne eine zusätzliche maschinelle Unterstützung (Vickers, 2006). Dabei werden durch die Sportler, in Abhängigkeit von der Wettkampfstrecke, mittlere Laufgeschwindigkeiten von über 45 Kilometern pro Stunde erzielt (vgl. hierzu auch Muehlbauer, Panzer & Schindler, 2010). Insbesondere für den Kurvendurchlauf bedeutet dies, dass die Athleten erheblichen Zentrifugalkräften ausgesetzt sind, durch die sie in Richtung äußerer Kurvenrand getragen werden. Das Resultat sind größere Kurvenradien, längere Wegstrecken und damit verbunden langsamere Laufzeiten. Vor dem Hintergrund, dass oftmals nur wenige Hundertstel Sekunden den Unterschied zwischen Sieg und Niederlage im Eisschnelllauf ausmachen (Blair, Culligan & Walfisch, 2006; Panzer, Mühlbauer, Naundorf, Täubrecht, Bonke & Krug, 2007), wird das Potenzial und damit die Bedeutsamkeit einer Optimierung des Kurvendurchlaufs zur Verbesserung der Laufleistung deutlich (Schumacher, 1983; de Boer & Nilsen, 1989; Nestegard, 1999; van Ingen Schenau, de Boer & de Groot, 1989; Panzer, Naundorf, Mühlbauer, Bonke & Krug, 2006).

Als ein Optimierungskriterium für den Kurvendurchlauf wird in Lehrbüchern zum Eisschnelllauf eine günstige Relation zwischen Laufgeschwindigkeit und Kurvenradius berichtet (Holum, 1984; Publow, 1999; van Ingen Schenau & de Koning, 1999; de Koning & Gemser, 2000). Während zur Laufgeschwindigkeit eher pauschalisierte Empfehlungen gegeben werden, lassen sich in Bezug auf die Gestaltung des Kurvenradius, differenziert nach Sprint- und Langstrecken, dezidierte Handlungsanweisungen finden. Fokussiert auf die Sprintstrecken, d. h. in Läufen mit relativ hohen Geschwindigkeiten über Distanzen von 500 m und 1.000 m, soll die Kurve von außen angelaufen werden. Unter Betrachtung des physikalischen Zusammenhangs, dass die Zentrifugalkraft bei gleichbleibendem Kurvenradius und konstanten Masseverhältnissen der Athleten während eines Rennens mit steigender Geschwindigkeit ansteigt, können die Athleten die entstehenden Zentrifugalkräfte durch die Veränderung des Kurvenradius kontrollieren. Die Kontrolle bedeutet bei hohen Geschwindigkeiten die Vergrößerung des Radius (vgl. Abbildung 1 sowie Holum, 1984).

Die empirische Evidenz der Empfehlung, in Sprintwettbewerben durch das Anlaufen von außen einen großen Kurvenradius zu realisieren, beruht jedoch bislang auf kolportierten selbstberichteten Trainingserfahrungen von Spitzentrainern basierend auf ausgewählten Einzelfällen (vgl. hierzu Holum, 1984). Erste systematisch durchgeführte Einzelfallanalysen mittels Videometrie zeigen, dass die analysierte Spitzenathletin entgegen der Handlungsanweisung auf der 1.000-m-Sprintdistanz einen kleinen Kurvenradius realisiert (Panzer et al., 2007). Auch wenn dieser Einzelbefund nur vorläufigen Charakter besitzt, so bleibt offen, ob er tatsächlich zutreffend oder aber der betrachteten Wettkampfsituation, dem Mehrkampf, geschuldet ist. So zeichnen sich Mehrkämpfe gegenüber Sprintwettkämpfen dadurch aus, dass die Athleten sowohl über die Sprint- als auch über die Mittel- und Langdistanz starten. Somit könnten beispielsweise intraindividuelle Variationen der Laufleistung (Kurvenradien einer Athletin über mehrere Distanzen) oder aber die Tatsache der Mehrfachstarts

über unterschiedlich lange Distanzen innerhalb kurzer Zeiträume (der Abstand zwischen den Läufen betrug z. T. wenige Stunden) die Ergebnisse konfundiert haben.

Eine wichtige Frage im Leistungssport ist, wie groß eine Leistungsverbesserung, operationalisiert über die interindividuelle Laufzeitdifferenz sein muss, damit sie einen Unterschied zwischen Sieg und Niederlage ausmacht. Daher gilt es, im Sinne der empirisch-quantitativen Exploration (Bortz & Döring, 2006), so viele Informationen wie möglich zu sammeln und zu fragen, ob beispielsweise die Befolgung oder die Negierung der Handlungsempfehlung zur Gestaltung des Kurvenradius auf den Sprintdistanzen einen Unterschied in der Platzierung bei Spitzenathleten zur Folge hat oder nicht. Hierzu ist es notwendig, die Variation der Leistung zwischen den Athleten in der Wettkampfsituation zu untersuchen (Hopkins, Hawley & Burke, 1999). In einem ersten Schritt zur Bearbeitung der Problemstellung bietet sich die Bestimmung einzelner Positionen, welche die Athleten beim Durchlaufen der Kurve einnehmen, als geeignet an. Hiermit gelingt eine qualitative Beschreibung einzelner Positionsmuster beim Kurvendurchlauf. Die Positionsmuster beschreiben, wie die Athleten die Kurve durchlaufen haben, und reflektieren damit als globales Maß, inwiefern sie die mit der Aufgabe verbundenen Anforderungen unter ihrem aktuellen technischen sowie konditionellen Voraussetzungs niveau in der Wettkampfsituation lösen.

Das Ziel der vorliegenden exploratorischen Studie besteht in der Identifizierung und Beschreibung von Positionsmustern beim Kurvendurchlauf, welche von Spitzenathletinnen während eines offiziellen Eisschnelllaufwettbewerbes über die 1.000-m-Sprintdistanz erbracht wurden. Wenn die Handlungsempfehlung, auf der Sprintstrecke die Kurve mit einem großen Kurvenradius zu durchlaufen, zutrifft, dann sollte sie von den Sportlerinnen angewandt werden und ihre Umsetzung mit vorderen Platzierungen verbunden sein.

2 Methode

2.1 Athletinnen

An der Untersuchung nahmen $N = 18$ Eisschnellläuferinnen im Alter von 20 bis 33 Jahren ($M = 23,5$, $SD \pm 3,6$ Jahre) teil. In die vollständige Auswertung gelangten 16 Athletinnen (7 Sprinterinnen, 9 Mehrkämpferinnen), da eine Sportlerin verletzungsbedingt am zweiten Tag nicht mehr antreten konnte und eine weitere während des analysierten Rennens stürzte. Alle Läuferinnen lassen sich als Spitzenathletinnen klassifizieren, da sie dem A- und B-Kader der Deutschen Eisschnelllaufgemeinschaft (DESG) angehören. Die Studie wurde vom 6. bis 7. Januar 2006 im Rahmen der Deutschen Meisterschaft im Mehrkampf in Erfurt (Deutschland) realisiert. Der Wettkampf fand in einer Eissporthalle (400-m-Oval) statt, sodass eine Beeinflussung der erzielten Laufzeiten durch wechselnde Wettereinflüsse, wie unterschiedliche Windverhältnisse, ausgeschlossen werden kann. Der analysierte Wettkampf diente als Qualifikation für die Europameisterschaft im Sprint und im Mehrkampf sowie für die Olympischen Spiele in Turin 2006, sodass von einem hohen Motivationsniveau bei

den Athletinnen ausgegangen werden kann. Zur Vergrößerung der Stichprobe wurden sowohl Sprinterinnen (absolvierte Strecken: 2 x 500 m, 2 x 1.000 m) als auch Mehrkämpferinnen (absolvierte Strecken: 500 m, 1.000 m, 1.500 m und 3.000 m) in die Analyse einbezogen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurde für die Sportlerinnen beider Gruppen nur die am zweiten Wettkampftag absolvierte 1.000-m-Sprintdistanz analysiert, da die Mehrkämpferinnen nur am zweiten Tag die 1.000-m-Distanz absolvieren.

2.2 Datenaufnahme

Die Erfassung des Kurvendurchlaufs erfolgte mit Hilfe einer Videokamera (DV Camcorder Panasonic vom Typ NV-DX 100). Die Aufnahme Frequenz betrug 25 Bilder/s bei einer Shuttereinstellung von 1/180 s. Es wurde mit einer manuellen Brennweiteinstellung gearbeitet. Die Kamera war auf einem schwenkbaren Stativ (Kamerahöhe: 140 cm) montiert und jeweils kurvenmittig im Scheitelpunkt von Kurveneingang und -ausgang im Kurveninnenraum positioniert. Der Abstand der Kamera zur Bahn war somit immer gleich. Die Erfassung des Kurvendurchlaufs erfolgte mittels Schwenkung der Kamera vom Kurveneingang zum -ausgang. Die Athletinnen befanden sich in der Mitte des Bildes, was mit Hilfe eines externen Monitors kontrolliert wurde. Die Läuferinnen wurden aus sagittaler Perspektive aufgezeichnet. Zur Minimierung von Ermüdungseffekten, welche als Quelle zusätzlicher Variabilitäten angesehen werden können, wurde je Athletin nur ein Kurvendurchlauf zu Beginn des 1.000-m-Laufes (erste oder zweite Kurve jeweils am Ende der Zielgeraden) betrachtet. Damit können zwischen 33,3 % (bei Innenbahnstart) und 50 % (bei Außenbahnstart) der zu absolvierenden Innenkurvendurchläufe erfasst werden. Obwohl Eisschnelllaufwettkämpfe paarweise absolviert werden, wurde nur die Athletin auf der Innenbahn erfasst, da hier ein Verdecken durch die andere Sportlerin nicht möglich war.

2.3 Datenauswertung

Mit der beschriebenen Gerätekonstellation konnte eine zweidimensionale Auswertung vorgenommen werden. Ausgewertet wurden Videohalbbilder, d. h. 50 Halbbilder pro Sekunde (Genauigkeit: $\pm 0,02$ s). Als Auswertesoftware diente das Programm FairPlay-Lite 3.0.14 der Firma CCC-Campus-Computer-Center (Leipzig/Deutschland). Für die Auswertung der benötigten Kurvenzeit wurde die Kurve in vier gleich große Sektoren eingeteilt. Hierzu wurden jeweils Fixpunkte in der Halle ermittelt und als Markierungsgrenzen im Videobild festgelegt. Die Grenzen der Einteilung bildeten der Kurveneingang (0 Grad), das Ende des ersten Kurvenviertels (45 Grad), die Kurvenmitte (90 Grad), das Ende des dritten Kurvenviertels (135 Grad) und der Kurvenausgang (180 Grad). Für die Kurvendurchläufe wurde je Athletin die benötigte Zeit von Sektorengrenze zu Sektorengrenze ermittelt und als abhängige Variable in Sekunden (s) definiert. Beim Durchlaufen der Sektorengrenzen mit dem Hüftpunkt wurde jeweils die Zeit erfasst und die entsprechenden Differenzen wurden gebildet. Die aufsummierten Differenzwerte bilden die durchlaufene Kurvenzeit je Athletin.

Um Hinweise über den Radius beim Kurvendurchlauf zu erhalten, erfolgte eine Beurteilung auf der Basis eines dreistufigen Kategoriensystems. Grundlage dieses Systems bildeten die Markierungspunkte zur Abgrenzung der Innenbahn. Im Graphikprogramm Corel 8.0 wurde die Pixelanzahl zwischen dem jeweils gegenüberstehenden äußeren und inneren Markierungspunkt für den Kurvenanfang, die Kurvenmitte und den Kurvenausgang ermittelt. Aus dem resultierenden Abstand konnten dann in Laufrichtung drei gleich große Abschnitte gebildet werden (vgl. Abbildung 1).

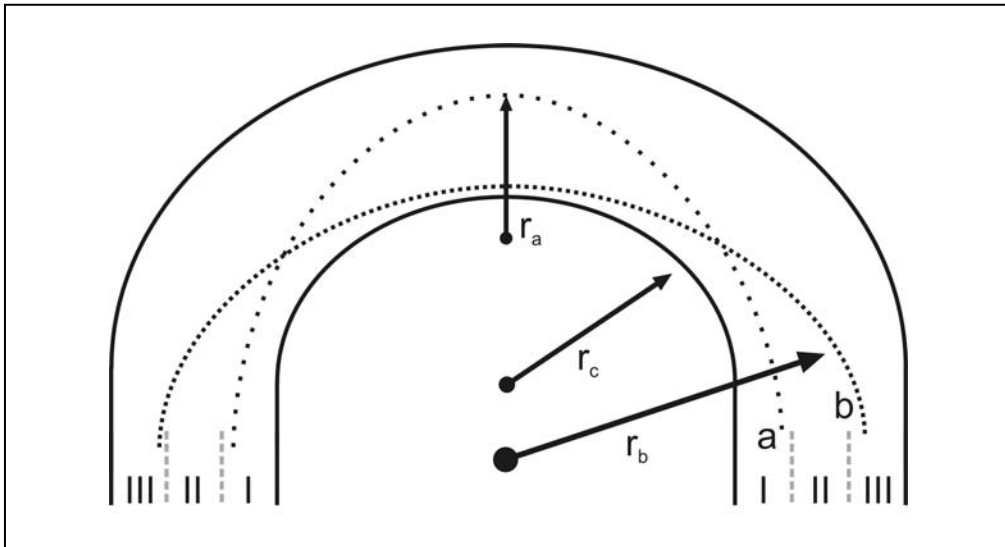


Abb. 1: Schematisierte Darstellung unterschiedlicher Varianten für den Kurvendurchlauf (mod. n. van Ingen Schenau und de Koning, 1999). Anmerkung: Der Radius r_a beschreibt einen kleinen, r_b einen großen Kurvendurchlauf und r_c zeigt die Begrenzung der Innenkurve. Die römischen Ziffern definieren drei mögliche Positionsbereiche.

Der Abschnitt I kennzeichnet den Bereich zwischen dem inneren Markierungspunkt und dem ersten Drittel, der Abschnitt II den Bereich zwischen dem ersten und dem zweiten Drittel und der Abschnitt III den Bereich zwischen dem zweiten Drittel und dem äußeren Markierungspunkt. Abschnitt I repräsentiert dabei einen kleinen, Abschnitt II einen mittleren und Abschnitt III einen großen Kurvenradius. Mit dieser Methode erfolgte dann die Bestimmung der Positionsmuster der Athletinnen beim Kurvendurchlauf (vgl. Panzer et al., 2006, 2007), wobei das Muster III-I-III (beim Kurveneingang im Abschnitt III, in der Kurvenmitte im Abschnitt I und beim Kurvenausgang im Abschnitt III) mit der Handlungsanweisung, im Sprint einen großen Kurvenradius zu realisieren, korrespondiert. Die Auswertung der Positionsmuster fand durch eine vorher geschulte Person statt. Der berechnete Test-Retest-Reliabilitätskoeffizient aus den beiden Schulungsdurchgängen betrug $r = .92$, was gemäß

Bös (1987) auf eine ausgezeichnete Übereinstimmung hinweist. Unterschiede zwischen Sprinterinnen und Mehrkämpferinnen wurden mit Hilfe des *U*-Tests von Mann-Whitney berechnet.

Zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen der Befolgung der Handlungsempfehlung und der erzielten Platzierung wurde der Kontingenzkoeffizient „C“ berechnet. Im Ergebnis können für „C“ Werte zwischen 0 und 1 eintreten, wobei „0“ keine Abhängigkeit und „1“ eine maximale Abhängigkeit kennzeichnet (Bortz, Lienert & Boehnke, 2000). Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Programmpaket SPSS (Version 15.0).

3 Ergebnisse

Die mittlere Laufgeschwindigkeit für die 1.000-m-Sprintdistanz beträgt für die untersuchten Sportlerinnen $45,82 \pm 2,67$ km/h. Sprinterinnen und Mehrkämpferinnen unterscheiden sich nicht in der Zeit für die durchlaufenen und analysierten Kurven, $z = -0,85, p > .05$. In der Abbildung 2 wird die Verteilung der absoluten Häufigkeiten der realisierten Positionsmuster dargestellt. Insgesamt wählen die Athletinnen fünf verschiedene Positionsmuster. Das Muster II-I-II wird 6-mal angewandt. Wohingegen das mit der Handlungsempfehlung korrespondierende Positionsmuster III-I-III von fünf Eisschnellläuferinnen umgesetzt wird. Die restlichen vier Athletinnen verteilen sich annähernd gleich auf die verbleibenden drei Positionsmuster.

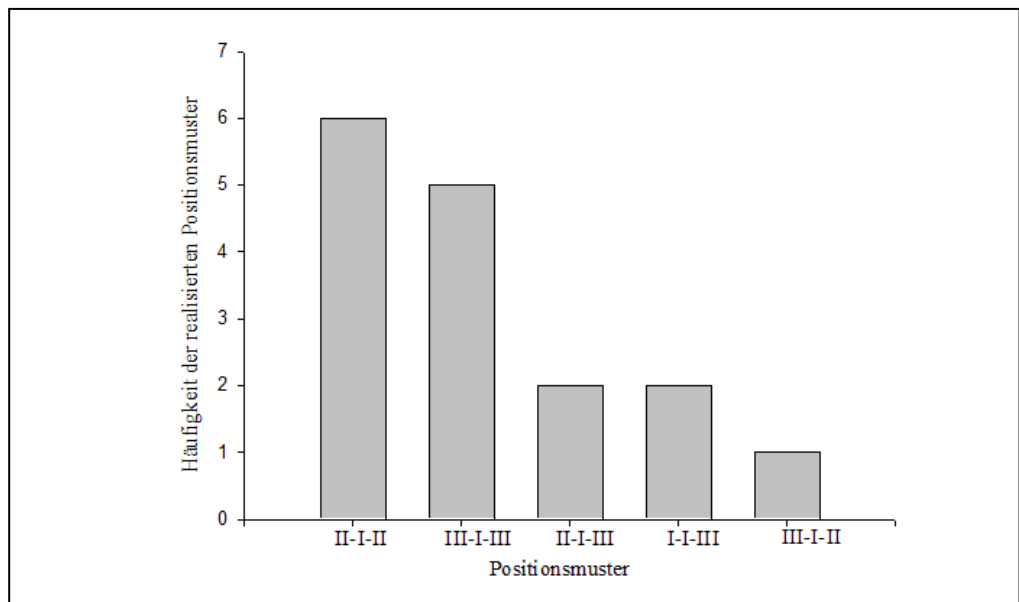


Abb. 2: Verteilung der absoluten Häufigkeiten der realisierten Positionsmuster für die 1.000-m-Sprintdistanz

Zur Identifizierung, ob es einen Zusammenhang zwischen der Befolgung der Handlungsempfehlung und dem Wettkampferfolg gibt, wurde eine weitere detaillierte Betrachtung vorgenommen. Im Ergebnis zeigt die Tabelle 1, dass vier der fünf Sprinter- bzw. Mehrkämpferinnen, welche das Positionsmuster III-I-III aufweisen und damit einen großen Kurvenradius basierend auf der Handlungsempfehlung laufen, die Plätze 1 bis 3 erreichten. Eine Betrachtung der Kurvendurchlaufzeit zeigt, dass die großen Kurvenradien mit geringen Zeiten für den Durchlauf korrespondieren, was auf eine hohe mittlere Geschwindigkeit hinweist. Ob die Befolgung der Handlungsanweisung mit dem Wettkampferfolg korrespondiert, wurde über die Bestimmung des Kontingenzkoeffizienten analysiert. Der ermittelte statistische Parameter, der C-Wert von 0,29, verweist zunächst auf eine geringe Abhängigkeit zwischen angewandter Handlungsanweisung und erzielttem Wettkampferfolg (Bortz et al., 2000). Mit Blick auf die ersten drei Plätze zeigt sich, dass bei zwei Wettbewerben (Sprint und Mehrkampf), in denen sechs Podiumsplätze zu vergeben sind, vier dieser Plätze von Läuferinnen erreicht wurden, die ein III-I-III Positionsmuster aufweisen.

Tab. 1: Positionsmuster der Eisschnellläuferinnen sowie Kurvenzeit und erzielte Platzierung in den Wettkampfkategorien Sprint und Mehrkampf. Anmerkung: Die fett markierten Athletinnen befolgen die Handlungsempfehlung.

Wettkampf	Platz	Kurveneingang	Kurvenmitte	Kurvenausgang	Kurvenzeit (s)
Sprint	1	III	I	III	5,65
	2	III	I	II	5,68
	3	III	I	III	5,78
	4	I	I	III	6,12
	5	II	I	II	6,14
	6	II	I	II	6,72
	7	II	I	III	6,54
Mehrkampf	1	I	I	III	5,82
	2	III	I	III	6,16
	3	III	I	III	6,04
	4	II	I	II	6,06
	5	III	I	III	6,12
	6	II	I	II	6,22
	7	II	I	III	6,46
	8	II	I	II	6,44
	9	II	I	III	6,96

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde die Realisierung des Kurvendurchlaufs sowie seine Relation zum Wettkampferfolg bei Eisschnellläuferinnen der Spitzenklasse unter Wettkampfbedingungen für die 1.000-m-Sprintdistanz untersucht. Hierzu wurden Positionsmuster analysiert. Entgegen der propagierten Handlungsanweisung, bei Sprintwettbewerben die Kurven von außen anzulaufen und damit einen großen Kurvenradius zu realisieren, offenbarten die Ergebnisse aus den Positionsmustern, dass 11 der untersuchten 16 Sportlerinnen die empfohlene Strategie nicht umsetzten. Lediglich fünf Athletinnen folgten der Anweisung, das Positionsmuster III-I-III zu laufen, wobei vier von ihnen in der Wettkampfkategorie Sprint bzw. Mehrkampf auf den Plätzen eins bis drei rangieren. Damit wird deutlich, dass nur wenige, dafür aber erfolgreiche, Eisschnellläuferinnen in der Lage sind, vorhandenes Handlungswissen erfolgreich anzuwenden. Zu diskutieren ist das III-I-III Positionsmuster auch hinsichtlich der Bedingung Wechselgeraden. Vor allem am Kurvenausgang ist das äußere Drittel der Innenbahn günstig für den Wechsel auf die Außenbahn, da hier der kürzeste Weg zu der Wechselmarke von den Athletinnen zurückzulegen ist. Als heuristischer Ansatzpunkt ist der Umstand zu deuten, dass sich 10 von 16 Sportlerinnen am Kurvenausgang in Sektor III befinden.

Einen weiteren ebenfalls interessanten Aspekt bildet die Beobachtung, dass ausnahmslos alle Athletinnen in der Kurvenmitte in den Abschnitt I laufen, während beim Kurveneintritt und beim Kurvenaustritt die gesamte Spannweite von Abschnitt I über Abschnitt II bis hin zu Abschnitt III genutzt wird. In Anbetracht dieser disparaten Ergebnislage erscheint es angebracht, über mögliche Gründe nachzudenken. Eine Ursache könnten die Wettkampfspezifika sowie das Reglement der Sportart Eisschnelllauf darstellen. Da Wettkämpfe im Eisschnelllauf auf einem Oval bestehend aus zwei Bahnen (Innen- und Außenbahn) ausgetragen werden, lassen sich hier Unterschiede in den Kurvenradien von bis zu vier Metern ausmachen (vgl. Schumacher, 1983). Unterstellt man nun eine gleich bleibende Laufgeschwindigkeit über eine Wettkampfdistanz von 1.000 m, so bedeutet dies, dass die Zentrifugalkraft auf der Innenbahn eine größere Wirkung hat als auf der Außenbahn. Da die Zentrifugalkraft stets wirkt, können die Athletinnen deren Wirkung auf zwei Weisen beeinflussen, ohne die Zielgröße „Minimierung der Laufzeit“ zu vernachlässigen. Erstens durch die Umsetzung der gegebenen Handlungsempfehlung, bei hohen Laufgeschwindigkeiten einen großen Kurvenradius zu realisieren. Zweitens durch die Reduzierung der Laufgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Verkleinerung des Kurvenradius. Welche der beiden diskutierten Möglichkeiten von den Athletinnen angestrebt wird, ließe sich beispielsweise durch die Untersuchung von *Pacing*, also einer Analyse der Verteilung der Laufgeschwindigkeit in einzelnen Rennabschnitten, aufklären (vgl. Foster, Snyder, Thompson, Green, Foley & Schrager, 1993; Mühlbauer, Schindler & Panzer, 2010). Folgt man allerdings den Überlegungen von Kuhlow (1976), dass eine geringe Variabilität der Laufgeschwindigkeit über eine Distanz ein Indikator für eine hohe Laufökonomie sei, scheint die zuerst genannte Möglichkeit für eine Leistungsverbesserung zu sprechen.

Dass im Gegensatz zur postulierten Handlungsempfehlung auch individuelle Strategien im Eisschnelllauf Erfolg versprechend sind, zeigt unter anderem die Betrachtung des Positionsmusters der erstplatzierten Sportlerin im Mehrkampf. Beim Kurveneingang und in der Kurvenmitte befindet sich diese Athletin im Abschnitt I, während sie im Kurvenausgang im Abschnitt III läuft. Dies bedeutet, sie wechselt von der Kurvenmitte zum Kurvenausgang aus dem Abschnitt I in den Abschnitt III. Mit anderen Worten, sie ändert ihren Kurvenradius von klein (r_a) zu groß (r_b), wodurch der zurückzulegende Weg zunimmt (vgl. Abbildung 1). Obwohl der Kurvenradius rechnerisch ungünstig ist, war die selbst gewählte Kurvenlinie in der Wettkampfsituation für diese Athletin mit der viertbesten Kurvenzeit von 5,82 s verbunden sowie, gemessen an ihrer Platzierung, sehr erfolgreich.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass die unter anderem durch Holum (1984) formulierte Handlungsempfehlung, bei hohen Geschwindigkeiten einen großen Kurvenradius zu realisieren, zumindest in ihrer Häufigkeit mit einer guten Platzierung korrespondiert, wobei die graduelle Abhängigkeit im Sinne einer Realisierung der Handlungsempfehlung und das Erreichen eines vorderen Podiumsplatzes mit 67 % als hoch einzustufen ist. Weiter zeigt sich, dass eine pauschalisierte Handlungsempfehlung für alle Kurvendurchläufe kritisch zu betrachten ist. In zukünftigen Untersuchungen sollten Innen- und Außenkurven sowie die Kurven zur Wechselgeraden und zur nicht-Wechselgeraden genauer analysiert werden, um die Handlungsempfehlungen weiter zu differenzieren sowie zusätzliche Leistungsressourcen zu nutzen. Des Weiteren sollte in zukünftigen Projekten zur Optimierung von Kurvendurchläufen ein interdisziplinärer Ansatz gewählt werden. Vor allem die Sportmedizin – für energetische Betrachtungen – und die Mathematik/Physik (vgl. hierzu auch Yuda, Yuki, Aoyanagi, Fujii & Ae, 2007) – für Modellierungen – könnten einen erheblichen Beitrag zur Optimierung des Kurvendurchlaufs im Eisschnelllauf leisten (Malz, 2007: persönlicher Austausch im Februar 2007; Myburgh, 2003).

Trainingspraktische Hinweise

Insgesamt lässt sich auf der Basis der gewonnenen Befunde für die deutschen Spitzenathletinnen konstatieren, dass weitere Leistungsressourcen in der Optimierung des Kurvendurchlaufs liegen, wobei die aufgezeigten interindividuellen Unterschiede in den Kurvendurchläufen als Chance für die leistungssportliche Trainingssituation gesehen werden können. Im Einzelnen lassen sich – vorbehaltlich weiterer Studien – folgende Hinweise für eine Optimierung der sportlichen Leistung im Eisschnelllauf geben:

- Bereitstellung von Instruktionen zur Gestaltung des Kurvendurchlaufs, da bei einem ausreichenden sporttechnischen Niveau ein sofortiger Beitrag zur Leistungssteigerung geliefert werden könnte (Allinger & van den Bogert, 1997).

Berücksichtigt man die Überlegungen einiger Eisschnelllauftrainer/innen, das Training ihrer Athleten und Athletinnen gemeinsam mit denen der Sportart Short-Track durchzuführen, scheint dies eine gute Alternative zu sein, Kurvendurchläufe zu trainieren. Aufgrund der geringeren Bahn-/Kurvenabmessungen (111,12 m) sind die

Eisschnellläufer/innen nicht nur gezwungen, engere Kurvenradien zu realisieren, sondern sie erhöhen gleichzeitig die Anzahl der Kurvendurchläufe bei einer gleich bleibenden Laufdistanz von beispielsweise 3.000 m.

- Eisschnellläufer/innen sollten daher Kurvendurchläufe zusammen mit Athleten und Athletinnen der Sportart Short-Track trainieren.

Danksagung

Dieses Projekt (IIA1-071630/06-08) wurde durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft finanziell unterstützt.

Literatur

- Allinger, T., & van den Bogert, A. (1997). Skating technique for the straights based on the optimization of a simulation model. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(2), 279-286.
- Blair, K. B., Culligan, K. F., & Walfisch, D. (2006). Analysis of fulcrum skate performance. In E. F. Moritz, & S. Haake (Eds.), *The engineering of sport 6, Volume 3, Developments for innovation* (pp. 301-306). New York: Springer.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bortz, J., Lienert, G. & Boehnke, K. (2000). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik* (2. Aufl.). Heidelberg: Springer.
- Bös, K. (1987). *Handbuch sportmotorischer Tests*. Göttingen: Hogrefe.
- De Boer, R. W., & Nilsen, K. L. (1989). Work per stroke and stroke frequency regulation in olympic speed skating. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5, 135-150.
- De Koning, J. J. & Gemser, H. (2000). *Technik und Biomechanik des Eisschnelllaufens: Der Klappschlittschuh* [Video] (Recorded by ISU).
- Foster, C., Snyder, A. C., Thompson, N. N., Green, M. A., Foley, M., & Schragger, M. (1993). Effect of pacing strategy on cycle time trial performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(3), 383-388.
- Holum, D. (1984). *The complete handbook of speed skating*. Hillside, NJ: Enslow Publishers.
- Hopkins, W. G., Hawley, J. A., & Burke, L. M. (1999). Design and analysis of research on sport performance enhancement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(3), 472-485.
- Kuhlow, A. (1976). Running economy in long-distance speed skating. In P. V. Komi (Ed.), *Biomechanics V-B* (pp. 291-298). Baltimore: University Park Press.
- Muehlbauer, T., Panzer, S., & Schindler, C. (2010). Pacing pattern and speed skating performance in competitive long-distance events. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 114-119.
- Muehlbauer, T., Schindler, C., & Panzer, S. (2010). Pacing and performance in competitive middle-distance speed skating. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(1), 1-6.
- Myburgh, K. H. (2003). What makes an endurance athlete world-class? Not simply a physiological conundrum. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 136(1), 171-190.

- Nestegard, A. (1999). Effective speedskating in the turns. *Speedskating World*, 1, 18-20.
- Panzer, S., Naundorf, F., Mühlbauer, T., Bonke, G. & Krug, J. (2006). Wo liegen potenzielle Leistungsressourcen im Eisschnelllauf? Untersuchung von Kurvendurchläufen im Wettkampf. *Leistungssport*, 36(1), 58-61.
- Panzer, S., Mühlbauer, T., Naundorf, F., Täubrecht, P., Bonke, G. & Krug, J. (2007). Leistungsreserven im Eisschnelllauf: Zum Einfluss des Kurvendurchlaufs auf die Laufzeit. *Leistungssport*, 37(1), 22-27.
- Publow, B. (1999). *Speed on skates: A complete technique, training, and racing guide for in-line and ice skaters*. Champaign, Ill: Human Kinetics.
- Schumacher, G. (1983). *Bewegungsanalyse des Kurvendurchlaufs im Eisschnelllauf unter Berücksichtigung bewegungsstruktureller und funktionell-anatomischer Grundsätze*. Abschlussarbeit, Trainerakademie Köln.
- Van Ingen Schenau, G. J., de Boer, R. W., & de Groot, G. (1989). Biomechanics of speed skating. In C. L. Vaughan (Ed.), *Biomechanics of sport* (pp. 121-167). Boca Raton: CRC Press.
- Van Ingen Schenau, G. J., & de Koning, J. J. (1999). Biomechanics of speed skating. In H. Gemser, J.J. de Koning, & G. van Ingen Schenau (Eds.), *Handbook of competitive speed skating* (pp. 41-74). Leuwaarden: Eisma Publishers.
- Vickers, J. N. (2006). Gaze of Olympic speedskaters skating at full speed on a regulation oval: Perception-action coupling in a dynamic performance environment. *Cognitive Processing*, 7(1), 102-105.
- Yuda, J., Yuki, M., Aoyanagi, T., Fujii, N., & Ae, M. (2007). Kinematic analysis of the technique for elite male long-distance speed skaters in curving. *Journal of Applied Biomechanics*, 23(2), 128-138.