

## Topographie Kurvendurchläufe

Stefan Panzer (Projektleiter) & Thomas Mühlbauer

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät

### Problem

Spitzenleistungen im Eisschnelllauf sind von der Höhe der Geschwindigkeit abhängig, die Läufer bzw. eine Läuferinnen in der Lage sind über eine bestimmte Distanz aufrechtzuerhalten. In den Sportarten Laufen, Schwimmen oder Radfahren ist der Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit ( $v$ ) und der Zeit ( $t$ ) durch eine Hyperbelfunktion gekennzeichnet. Die kritische Geschwindigkeit ( $CV$ ) ist dabei definiert als diejenige Geschwindigkeit, die theoretisch über eine Zeitspanne aufrechterhalten werden kann, ohne dass der Sportler ermüdet.  $D'$  ist als Konstante der Hyperbelfunktion ( $(v - CV)t = D'$ ) definiert und charakterisiert die Distanz, die ein Athlet oberhalb der kritischen Geschwindigkeit zurücklegen kann. Die höchste Durchschnittsgeschwindigkeit, die ein Athlet theoretisch über eine bestimmte Distanz halten kann, ist durch den Schnittpunkt des individuellen Geschwindigkeits-Zeit-Verlaufs mit der Weg-Zeit-Kurve gekennzeichnet. Geschwindigkeiten oberhalb des Schnittpunktes verursachen Leistungsminderungen aufgrund der begrenzten metabolischen Ressourcen eines Athleten. Niedrigere Geschwindigkeiten hingegen schöpfen das Potenzial nicht vollständig aus und führen deshalb zu einem suboptimalen Ergebnis. Der individuelle Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf ebenso wie die Renndistanz sind zu Beginn des Rennens festgelegt, lediglich der tatsächliche Weg-Zeit-Verlauf ist variabel: Er hängt von der Länge der Strecke ab, die ein Athlet zurücklegt. Auf Grundlage dieser Daten kann die Endzeit für den Fall geschätzt werden, dass die zurückgelegte Distanz der Renndistanz entspricht. In einer Studie mit Mittelstreckenläufern wurde bereits gezeigt, dass erfolgreiche Athleten nicht diejenigen mit der höchsten Durchschnittsgeschwindigkeit waren. Vielmehr waren die Sieger in der Lage, die Abweichung von der Renndistanz möglichst gering zu halten. Jones und Whipp (2002) schlussfolgern, dass erfolgreiche Läufer ihre metabolischen Ressourcen optimal ausgeschöpft haben. Resultierend stellten sie die Hypothese auf, dass eine Minimierung der zurückzulegenden Distanz eine Ressource zur Leistungsoptimierung darstellt. Bislang gibt es allerdings nur eine Untersuchung in einer Wettkampfsituation in der Leichtathletik. Untersuchungen in anderen Sportarten, in denen Wettkämpfe auf einer 400-m-Bahn und mit höheren Geschwindigkeiten absolviert werden, fehlen. Generalisierende Aussagen sind daher kritisch zu bewerten. Wettkämpfe im Eisschnelllauf finden auf einer 400-m-Bahn statt. Im Gegensatz zu den Mittelstreckenläufern der Leichtathletik treten Eisschnellläufer auf zwei getrennten Bahnen an, einer inneren und einer äußeren Bahn. Nach jeder Runde müssen die Athleten die Bahn wechseln, sodass sie die Kurven mit zwei verschiedenen Radien laufen. Besonders beim ersten inneren Kurvendurchgang wirkt die Zentrifugal-Kraft aufgrund der hohen Geschwindigkeit derart, dass die Eisschnellläufer größere Radien realisieren, und dadurch die tatsächlich zurückgelegte

Distanz erhöht wird. Ziel der vorliegenden Studie ist es, mittels der Topographie von Kurvendurchläufen zu bestimmen, ob eine Verminderung der tatsächlich zurückgelegten Distanz nahe an die Renndistanz die Wettkampfleistung im Eisschnelllauf verbessert.

## Methoden

An einem Beispiel soll das Vorgehen verdeutlicht werden: An der exemplarischen Studie, die während der Deutschen Meisterschaft durchgeführt wurde, nahmen Spitzenathletinnen teil, die alle Mitglieder der Deutschen Eisschnelllauf-Mannschaft sind (Sprinter und Mehrkämpfer). Alle Rennen wurden in einer Eissporthalle mit 400-m-Bahn durchgeführt. Analysiert wurde die erste innere Kurve einer jeden Läuferin, da Studien gezeigt haben, dass Eisschnellläufer hier ihre Maximalgeschwindigkeit erreichen. Mittels Videometrie (Aufnahmefrequenz 25 Vollbilder, ausgewertet wurden 50 Halbbilder/Sekunde) wurde der Weg der Läuferinnen in der ersten inneren Kurve der 1000-m-Strecke aufgezeichnet und verfolgt. Die tatsächlich zurückgelegte Distanz während des Rennens wurde wie folgt berechnet: Zur Distanz von 1000 m wurde die beobachtete Abweichung vom kürzesten Weg in der ersten Kurve addiert. Zusätzlich wurde die offizielle Zeit herangezogen, um für jede Läuferin die durchschnittliche Geschwindigkeit für die tatsächlich zurückgelegte Distanz zu berechnen. Die Zeit für 1000 m berechnet sich aus dem Verhältnis zwischen der minimalen Distanz und der berechneten Durchschnittsgeschwindigkeit für die tatsächlich zurückgelegte Distanz.

## Ergebnisse

Die Daten in Tab. 1 zeigen, dass alle Athletinnen der vorliegenden Studie über die 1000-m-Distanz zu den besten 10 % der Welt gehören.

Tab. 1: *Persönliche Bestzeit über 1000 m sowie deren prozentuale Angabe im Vergleich zum Weltrekord, vor dem Wettkampftermin.*

	Persönliche Bestzeit	% des Weltrekords
Siegerin (Sprint)	1:15.91	96.17
2 platzierte (Sprint)	1:15.87	96.22
Siegerin (Mehrkampf)	1:16.00	96.04
2 platzierte (Mehrkampf)	1:20.44	89.97

Beispiele für die von den Läuferinnen zurückgelegten Strecken und der berechneten Zeit für die minimale Strecke sind in Abb. 1A und 1B dargestellt. Die erstplatzierte Sprinterin gewann die 1000-m-Distanz in 1:18.77 min, während die Zweitplatzierte eine Zeit von 1:18.87 min benötigte. Die Siegerin der Mehrkämpferinnen benötigte 1:18.38 min und die zweite 1:20.71 min. Die Durchschnittsgeschwindigkeit der erstplatzierten Sprinterin über 1003 m sowie für die Zweite über 1005 m betrug 12.73 m/s. Ausgehend von dieser durchschnittlichen Geschwindigkeit berechnet sich für die reine Renndistanz von 1000 m für beide Läuferinnen eine Zeit von 1:18.55 min. Die Siegerin der Mehrkämpferinnen hat-

te eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 12.78 m/s (über 1001 m), die Zweite erreichte 12.45 m/s (über 1005 m). Die errechnete Endzeit für 1000 m beträgt 1:18.24 min für die Erstplatzierte und 1:20.32 min für die Zweitplatzierte.

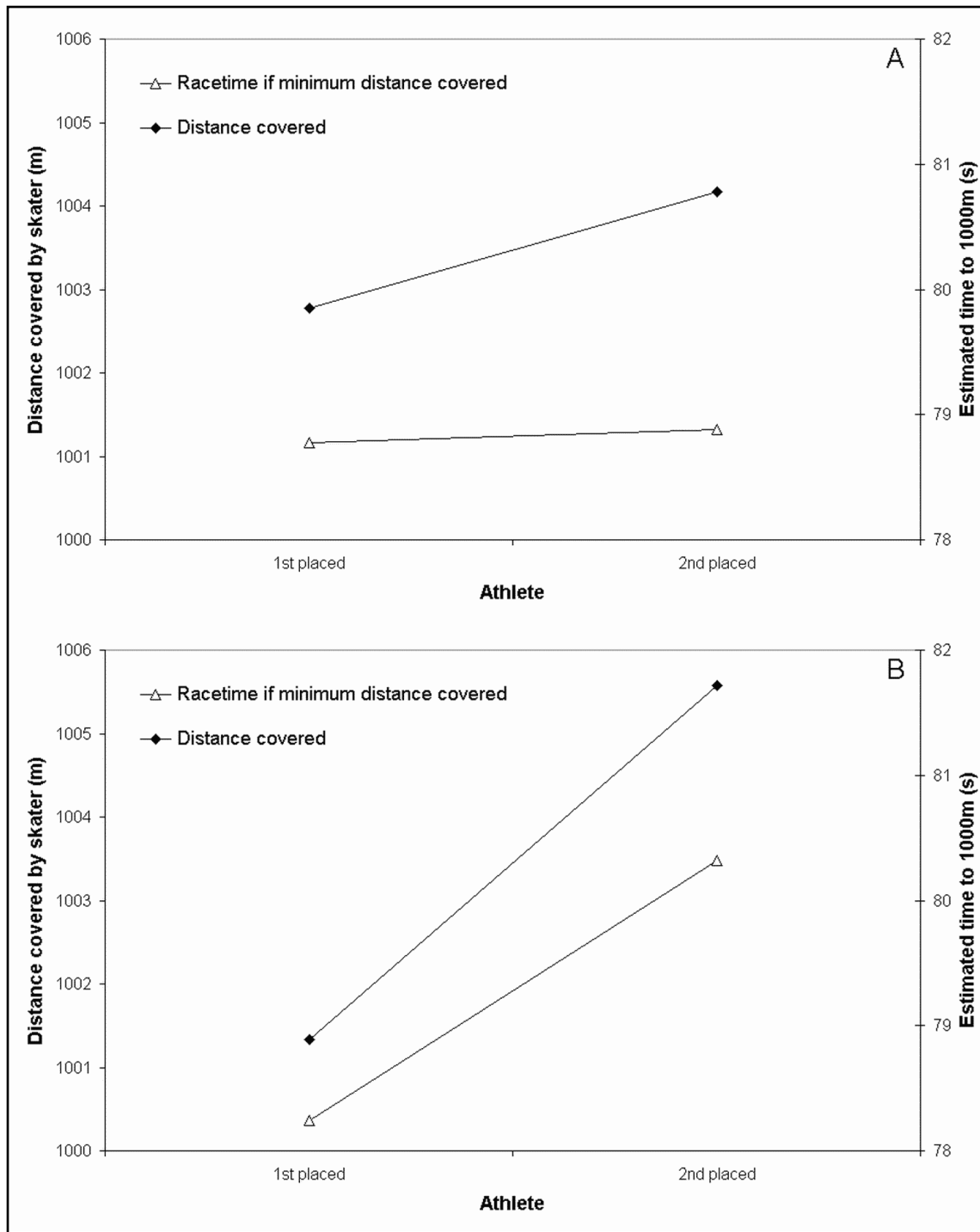


Abb. 1: Abgebildet ist die realisierte Renndistanz und die geschätzte Zeit bei einer minimierten Renndistanz auf 1000 m für die beiden bestplatzierten Sprinterinnen (A) und Mehrkämpferinnen (B).

## Diskussion und sportpraktische Implikationen

Ziel der vorliegenden Studie war es, mittels der Topographie von Kurvendurchläufen den Zusammenhang zwischen Durchschnittsgeschwindigkeit und tatsächlich zurückgelegter Strecke von Weltklasse-Eisschnellläuferinnen in einer Wettkampfsituation exemplarisch zu bestimmen. Besonders interessant ist das Ergebnis, dass die Siegerinnen über die 1000-m-Distanz eine kürzere tatsächlich zurückgelegte Distanz realisieren konnten, die sehr nah an der Renndistanz lag. Die zweitplatzierte Athletin wäre, wenn sie tatsächlich 1000 m gelaufen wäre, persönliche Bestzeit gelaufen. Dieser Befund steht im Einklang mit vorherigen Ergebnissen aus dem Mittelstreckenlauf aus der Leichtathletik. Ferner erzielte die erstplatzierte Mehrkämpferin die höchste Geschwindigkeit von allen und legte gleichzeitig den kürzesten Weg von allen zurück. Unter Verwendung der Geschwindigkeiten der 500-m- bis 3000-m-Rennen sowie den Protokollen von Abe und Kollegen (2006) wurde der individuelle Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf berechnet. Dessen Schnittpunkt mit dem Weg-Zeit-Verlauf liegt für diese Sportlerin bei 12.83 m/s. Die berechnete Durchschnittsgeschwindigkeit von 12.78 m/s ist sehr nahe am Schnittpunkt; die Athletin ist lediglich einen Bruchteil von ihrer höchsten mittleren Geschwindigkeit entfernt. Im Einklang mit den bereits vorliegenden Befunden aus früheren Studien zeigt sich, dass sie ihre metabolischen Ressourcen effizient einsetzt um die Leistung im Eisschnelllauf zu optimieren. Eine Leistungssteigerung ist bei dieser Athletin eher im Bereich der Verbesserung der konditionellen Fähigkeiten zu sehen. Die Ergebnisse unserer Studie sind eine Erweiterung derer von Jones und Whipp (2002) und erfasst Eisschnelllauf, wo höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten erreicht werden und stete Wechsel zwischen Innen- und Außenbahn stattfinden. In Anbetracht der erwähnten physikalischen Grenzen liefern unsere Forschungsergebnisse zusätzlichen empirischen Halt für die gestellte Hypothese „Minimierung des zurückgelegten Weges zur Leistungsoptimierung“ im Bereich des Eisschnelllaufes. Die Idee, die Durchschnittsgeschwindigkeit und die tatsächlich zurückgelegte Distanz zu berechnen, hat theoretischen wie praktischen Nutzen: Der theoretische Nutzen besteht in der Bestimmung physiologischer Ressourcen in einer Wettkampfsituation, in der sonst eine Messung von Stoffwechselreaktionen unmöglich ist. In der Praxis erhält der Trainer hiermit ein Modell, um die individuelle Bestzeit eines Athleten zu bestimmen.

## Literatur

- Abe, D., Tokumaru, H., Niihata, S., Muraki, S., Fukuoka, Y., Usui S., & Yoshida, T. (2006). Assessment of short-distance breaststroke swimming performance with critical velocity. *Journal of sports science & medicine*, 5, 340-348.
- Jones, A.M. & Whipp, B.J. (2002). Bioenergetic constraints on tactical decision making in middle distance running. *British journal of sportsmedicine*, 36, 102-104.