

Veränderung von Sequencing und Timing der 1-1-Skating-/Doppelstockschubtechnik in Endspurtsituationen – Ableitung für die Individualisierung der Technik und die Entwicklung von Leistungsvoraussetzungen

(AZ 071504/16-17)

Hans-Peter Köhler¹, Alexandra Eberhardt¹, Julia Schmidt², Felix Quaas², Hans-Jürgen Dobner² & Maren Witt¹ (Projektleitung)

¹Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Abteilung Biomechanik

²Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Fakultät Informatik, Mathematik und Naturwissenschaft

1 Problemstellung

Die Wettkampfstruktur in den nordischen Skidisziplinen ist durch eine kontinuierliche Verdichtung gekennzeichnet. Damit einher geht eine kontinuierliche Entwicklung der Laufgeschwindigkeiten (Wick, 2013). Für die Maximierung der Geschwindigkeit, sowohl im Mittel als auch in Phasen von Zwischen- oder Endspurts, bekommen die Ökonomisierung der Technik und die effektive Ausnutzung der bestehenden konditionellen Ressourcen eine immer stärkere Bedeutung (Ettema et al., 2013).

Die Veränderung der Technik unter sich verändernden Bedingungen von Geschwindigkeitserhöhung und unter ermüdeten Bedingungen waren nur selten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Daher ist es von vorrangiger Bedeutung, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem diese Veränderungen erfasst und die zugrundeliegenden Regulationsmechanismen verstanden werden können.

2 Untersuchungsmethode

Insgesamt wurden drei Untersuchungen sowie eine Evaluierungsuntersuchung zur Überprüfung des Messsystems durchgeführt. Es kam ein Inertialmessanzug der Fa. Xsens (Enschede, Niederlande) bestehend aus 17 Inertialsensoren ($\pm 50 \text{ ms}^{-2}$, $\pm 1200 \text{ }^\circ/\text{s}$) zum Einsatz. Die Überprü-

fung der Messtechnik ergab gute bis sehr gute Übereinstimmungen bei einem Vergleich zu einem opto-elektronischen System (ICC: .65 - .97, CMC: .82-.98).

An den Untersuchungen nahmen 13 Sportlerinnen und Sportler (6 w, 7 m) der Lehrgangsguppe IIa des Deutschen Skiverbandes teil. Die Probanden waren im Mittel $18,1 \pm 0,6$ Jahre alt bei einer Körpergröße von $1,75 \pm 0,08$ m. Sie absolvierten eine 100-m-Strecke in der 1-1 Skatingtechnik unter unterschiedlichen Frequenzbedingungen (50 min^{-1} , 60 min^{-1} , 70 min^{-1} , v_{max}). Der Inertialmessanzug wurde nach den Angaben des Herstellers angelegt und kalibriert. Dieser erfasste und speicherte die gemessenen Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitssignale und berechnete zusätzlich aus den vorhandenen Informationen über die Positionierung, Segmentparameter und die Messdaten die Gelenkwinkel für die großen Gelenke. Die weitere Verarbeitung dieser Daten erfolgte in R-Statistics 3.3.1 und R-Studio 1.0.136. In Kooperation mit der HTWK-Leipzig wurde hier eine Auswertoutine entwickelt, die nach den Ergebnissen von Polenz (2013) und in Übereinstimmung mit Lindinger (2006) folgende Ereignisse aus den Signalen extrahierte:

- Stock ein (auf r)/ Stock ein (auf l)
- Stock aus (auf r)/ Stock aus (auf l)
- Beginn Gleitbeinextension (GBE)
- Beginn Beinabstoßflexion (BAF, entspricht dem Zeitpunkt Ende GBE)
- Beginn Beinabstoßextension (BAE, entspricht dem Zeitpunkt Ende BAF)
- Ende Beinabstoßextension.

Auf Basis dieser Daten und Zeitpunkte konnten die Phasenlängen der folgenden Phasen ermittelt werden:

- Doppelstockschieb (DSS = Zeitpunkt Stock aus - Zeitpunkt Stock ein)
- Gleitbeinextension (GBE = Zeitpunkt Ende GBE - Zeitpunkt Beginn GBE)
- Beinabstoßflexion (BAF = Zeitpunkt Ende BAF - Zeitpunkt Beginn BAF)
- Beinabstoßextension (BAE = Zeitpunkt Ende BAE - Zeitpunkt Beginn BAE)

Es erfolgte eine statistische Überprüfung der Daten im Hinblick auf den Einfluss der Geschwindigkeit in den unterschiedlichen Stufen (ANOVA mit Messwiederholung), sowie die Unterschiedsprüfung unter den Bedingungen der Ermüdung (t-Test) mit Bonferroni-Korrektur.

3 Ergebnisse

Die Geschwindigkeit der Sportler nahm über die unterschiedlichen Frequenzstufen kontinuierlich zu (50 min^{-1} : $4,29 \pm 0,42 \text{ ms}^{-1}$, 60 min^{-1} : $5,08 \pm 0,45 \text{ ms}^{-1}$, 70 min^{-1} : $5,6 \pm 0,57 \text{ ms}^{-1}$, v_{max} : $7,63 \pm 0,62 \text{ ms}^{-1}$). In den Untersuchungen zeigte sich ein hoher, signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der Zyklusfrequenz und der Vortriebsgeschwindigkeit (Abb. 1, $r = .872$, $p < .001$).

Es zeigt sich mit einer Veränderung der Frequenz und der damit einhergehenden Erhöhung der Geschwindigkeit, dass sich auch die Anteiligkeiten der unterschiedlichen Phasen verändern (Abb. 2). Während für die Phase des Doppelstockschiebes nur geringfügige Veränderungen mit zunehmender Geschwindigkeit zu verzeichnen sind, zeigt sich vor allem für die Arbeit der Beine eine deutliche Veränderung. Während sich die Gleitbeinextension (GBE) auf beiden Seiten mit zunehmender Geschwindigkeit deutlich verkürzt, kommt es zu einer Verlän-

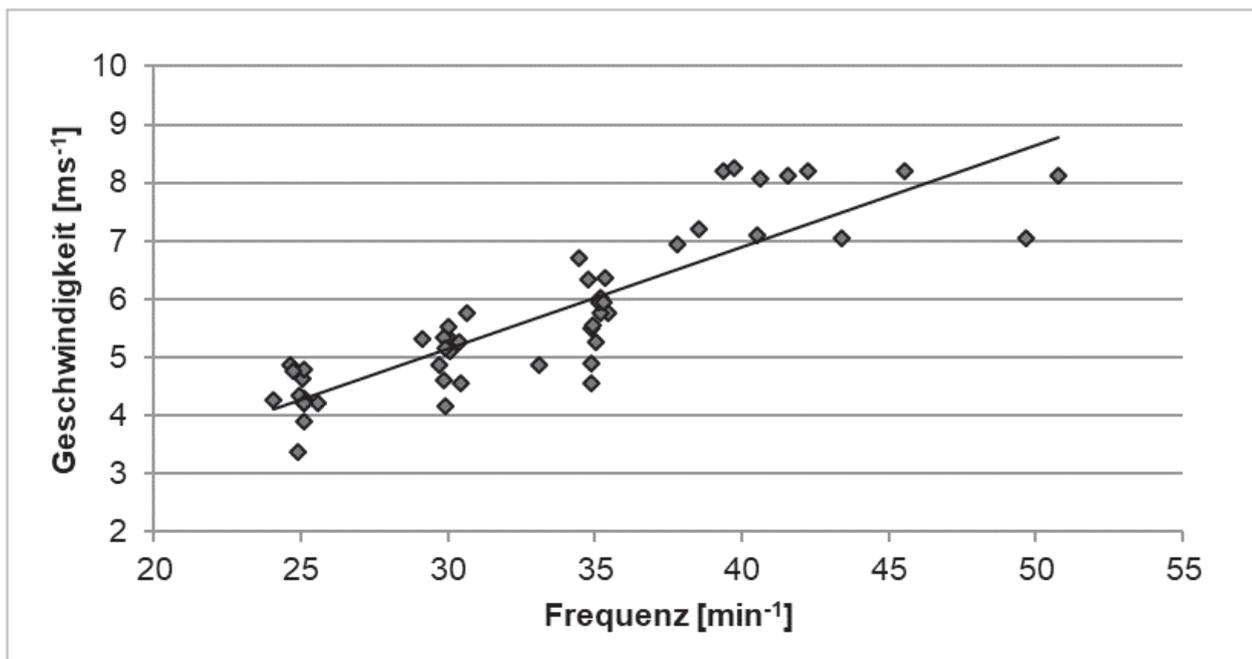


Abb. 1: Darstellung des Zusammenhangs von Frequenz und Geschwindigkeit ($r = .872$; $p < .001$).

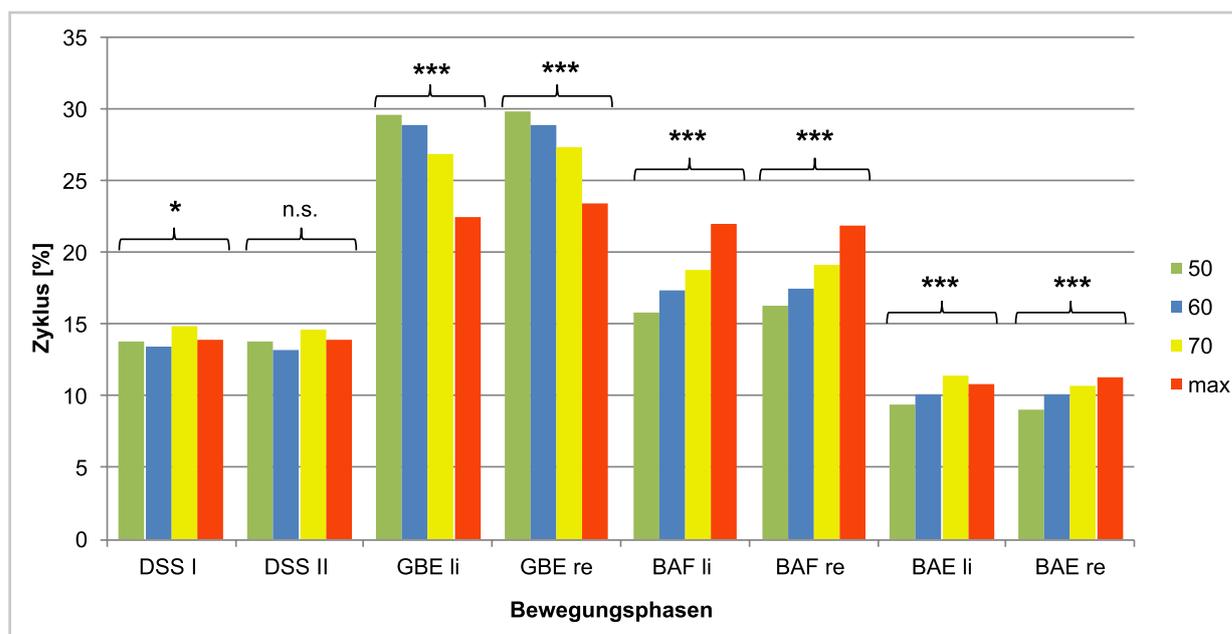


Abb. 2: Veränderung des Timings der unterschiedlichen Bewegungsphasen relativ zur Zykluslänge über die Entwicklung der verschiedenen Frequenzen. Über den jeweiligen Balken der unterschiedlichen Phasen ist das Ergebnis der ANOVA angegeben mit: n.s. = nicht signifikant; * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

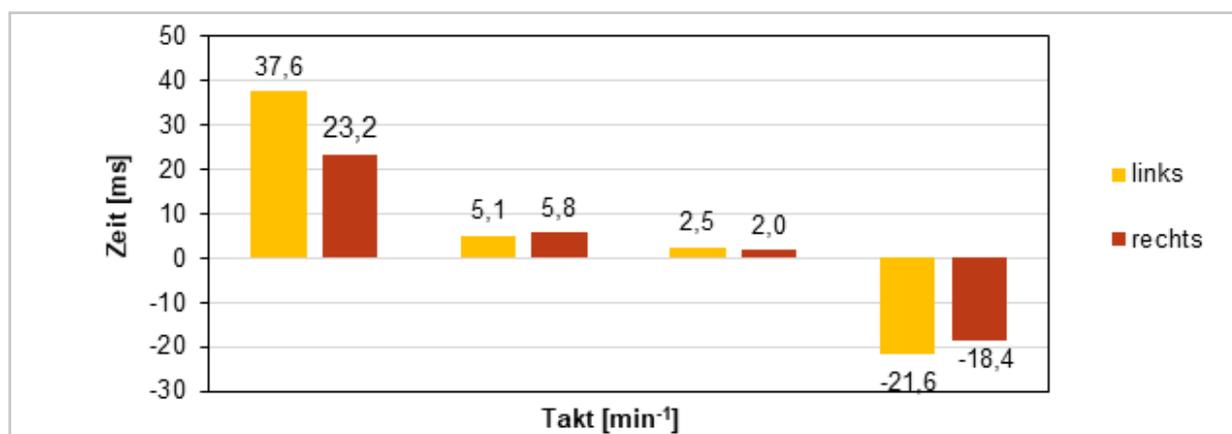


Abb. 3: Stellung der Hauptantriebsphasen von Armen und Beinen (DSS & BAE) zueinander. Positive Werte bedeuten eine zeitliche Überlappung während negative Werte auf eine Pause zwischen den beiden Antriebsphasen hindeuten.

gerung der unmittelbaren Vorbereitungsphase (BAF) und der Hauptantriebsphase der Beine (BAE). Weiterhin verändert sich die Lage der Hauptantriebsphasen von Beinen und Armen zueinander (Abb. 3). Während in der niedrigsten Stufe noch eine Überlappung der Antriebsphasen vorherrscht, wird diese mit steigender Frequenz bzw. Geschwindigkeit abgebaut, bis in der höchsten Geschwindigkeitsstufe eine kleine Pause zwischen beiden Antriebsphasen sichtbar wird.

4 Diskussion

Der Zusammenhang von Frequenz und Geschwindigkeit entspricht den Erwartungen und den Erkenntnissen aus bereits vorangegangenen Untersuchungen (Leirdal, Sandbakk, & Ettema, 2013) und stimmt auch mit den Feststellungen anderer zyklischer Sportarten überein (Witt, 2008). Unter dem Aspekt der Frequenz- und Geschwindigkeitssteigerung ergeben sich in der technischen Ausführung

Veränderungen, die zu einer Optimierung der Antriebssituation führen. Durch die Verlängerung der Beinabstoßflexion und Beinabstoßextension und einer damit verbundenen Verkürzung der Gleitbeinextension kommt es zu einer relativen Verlängerung der vortriebswirksamen Phase bzw. der dazu nötigen Vorbereitungsphase. Die relative Länge der Antriebsphase der Arme bleibt dabei relativ gleich. Zusätzlich dazu verändert sich das Zusammenspiel der beiden Antriebsphasen mit der Folge einer Änderung im Sequencing. Die Verlängerung der Antriebsphasen, verbunden mit dem veränderten Zusammenspiel dieser stellt aus unserer Sicht eine Effektivierung der Antriebsgestaltung dar und wurde so auch bereits in der verwandten 1-2 Technik beobachtet (Hermann & Clauß, 1997). Es kommt insgesamt somit zu einer Maximierung der vortriebswirksamen Zeit innerhalb des Einzelzyklus, wodurch innerzyklische Geschwindigkeitsschwankungen minimiert werden können. Diese Veränderungen der innerzyklischen Antriebsgestaltung führen auch aus Sicht der konditionellen Voraussetzungen zu veränderten Anforderungen. Durch die Verlängerung der Antriebszeit verbunden mit der Verkürzung der innerzyklischen Pause für die untere Extremität wird ist mit dem Anstieg der Geschwindigkeit eine Verkürzung der Erholungsphase zu beobachten. Dadurch steigt nicht nur die Beanspruchung in der Vortriebsgestaltung, da der Vortrieb in kürzerer Zeit realisiert werden muss (absolut gesehen), sondern es steigen insgesamt die Anforderungen an die Kraftausdauerleistung, da die Sportlerinnen und Sportler auch mit verkürzten Erholungszeiten diese Kraftanforderungen über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten müssen.

5 Literatur

- Ettema, G., Grasaas, C. Å., Grasaas, E., Sandbakk, Ø. (2013). Changes in technique after high-intensity exercise during roller ski skating [elektronische Version]. In *Abstract Book of the 6th International Congress on Science and Skiing*. December 14-19, 2013 (S.85). St. Christoph am Arlberg/Austria.
- Hermann, H., & Clauß, M. (1997). *Biomechanische Untersuchungen zum Realisierungsstand des Zweitakters mit Führungssarm (Skating 1-2) am Anstieg durch Weltspitzenathleten/-innen im Biathlon*. Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge, Heft 2.
- Lindinger, S. (2006). *Biomechanische Analysen von Skatingtechniken im Skilanglauf*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Leirdal, S., Sandbakk, O., & Ettema, G. (2013). Effects of frequency on gross efficiency and performance in roller ski skating. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 23 (3), 295-302. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01379.x>
- Polenz, C. (2013). *Eine explorative Untersuchung zur Bestimmung des Potentials von Inertialsensoren für eine qualitative Bewegungsanalyse im Skilanglauf – Grundlage für eine sensorbasierte Messplatzentwicklung*. Masterarbeit: Universität Leipzig.
- Wick, J. (2013). Aktuelle Entwicklungstendenzen in den Ausdauersportarten im Olympiazyklus 2008 bis 2012. *Leistungssport*, 43 (1), 36-39.
- Witt, M. (2008). *Antriebsgestaltung bei zyklischen Bewegungen: Unter besonderer Beachtung der oberen Extremitäten*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.