

Biomechanische Leistungsdiagnostik und Feedbacktraining zur Optimierung der Trettechnik im Elitebahnradsport

Janine Strunz & Roland Wolff (Projektleiter)

Humboldt-Universität zu Berlin
Institut für Sportwissenschaft Abteilung Sportmedizin

Problem

Die 4000-m-Mannschaftsverfolgung und die 4000-m-Einzelverfolgung sind seit Jahren die tragenden olympischen Disziplinen im Ausdauerbereich des Bahnradsports. Leistungsbestimmende Faktoren dieser beiden Disziplinen sind physiologische Kenngrößen, aber auch in besonderem Maße Technik und Taktik.

Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass insbesondere bei jungen Athleten Defizite in der Trettechnik bestehen. Zudem zeigte die Wettkampfpraxis, dass sie die Leistung über die 4000 m nicht gleichmäßig dosieren können.

Eine homogene und über die Strecke weitestgehend gleich bleibende Leistung der gesamten Mannschaft charakterisiert die Läufe mit hervorragenden Zeiten (Schumacher & Mueller, 2001). Bei der 4000-m-Mannschaftsverfolgung sind somit optimale Weg-Zeit-Verläufe und homogene Leistungen auf der Wettkampfstrecke anzustreben. Um diese Ziele zu erreichen erscheint es notwendig, gerade bei den einzugliedernden jungen Athleten die Trettechnik und die zeitlich-taktische Gestaltung des Rennverlaufes zu verbessern.

Durch die Optimierung der Trettechnik wird der Tretzyklus in Bezug auf die Vortriebswirksamkeit verbessert (Hildebrand & Dittrich, 1985; Kautz & Hull, 1993). Anzustreben ist die Bewältigung einer hohen Übersetzung bei gleichzeitig hoher Trittfrequenz, was vom Athleten mit einer möglichst hohen vortriebswirksamen Kraft umgesetzt werden sollte.

Bei eigenen Untersuchungen wurde gezeigt, dass bei erfahrenen leistungsstarken Athleten ein spezieller Verlauf der Tangentialkraftkurve und ein höheres Kraftimpulsverhältnis (Verhältnis zwischen dem Integral unter der vortriebswirksamen und über dem vortriebsmindernden Kraftkurvenbereich) in einer hohen Vortriebswirksamkeit resultieren. Die Ergebnisse aus einer eigenen Pilotstudie zeigten, dass ein Feedbacktraining mit dem Rad auf dem Laufband für eine Verbesserung des Tretmusters und des Kraftimpulsverhältnisses wirksam war.

Methode

Im Rahmen des Projektes wurden biomechanische Untersuchungen auf der Radrennbahn bei zehn Kaderathleten sowie ein Feedbacktraining mit dem Rad auf dem Laufband bei vier Kaderathleten durchgeführt.

Biomechanische Untersuchungen auf der Radrennbahn: Die Diagnostik der Radleistung und der Trettechnik wurde mit dem Wettkampfrad des jeweiligen Athleten auf der Radrennbahn durchgeführt. Im Training erfolgten die Messungen mit

dem mobilen Pedalkraft-Analyse-System (PKA-System) des Institutes für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES). Das PKA-System bestand im Wesentlichen aus drei Komponenten: Messkurbel, Datenspeicher und Analysesoftware. Für die Messungen im Training wurden an den Verfolgerrädern der FES (spezielle Zeitfahrräder für die Disziplinen „Einer-“ und „Vierermannschaftsverfolgung“ im Bahnradsport) jeweils zwei Messkurbeln (linke und rechte Kurbel) mit Pedal und Geschwindigkeitssensor montiert. Die Messkurbeln waren äußerlich wie ein gängiges Pedalsystem aufgebaut, so dass der Athlet beim Fahren mit dem System keine ungewohnte Situation und keine Nachteile hatte. Dies war besonders für den Einsatz in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung von Bedeutung. Im Wettkampf wurde die FES-Messkurbel-Wettkampf (MKW) eingesetzt. Die MKW kann als vereinfachte Version des PKA-Systems betrachtet werden. Im Wettkampf war die hohe Auflösung des gesamten Tretzyklus' in seine Einzelkräfte nicht notwendig. Vielmehr sollte der Wettkampf bezüglich des Leistungs- und Geschwindigkeitsverlaufes möglichst einfach und praktikabel nachvollzogen werden. Das gesamte System (MKW) bestand aus einer Messkurbel mit Elektronik (links) und der Analysesoftware. Im Bahntraining sowie im Wettkampf konnten Daten in verschiedenen Belastungsbereichen gewonnen, ausgewertet und anschließend in der Trainings- und Wettkampfpraxis genutzt werden.

Feedbacktraining: Das Feedbacktraining führte jeder Athlet mit seinem eigenen Wettkampfrad und FES-Pedalkraftanalyse-Feedbacksystem (PKA-F) auf dem Laufband durch. Die Messdaten wurden vom Fahrrad telemetrisch zum PC übertragen. Die Auswertung und Darstellung erfolgte in Echtzeit. Dem Athleten wurden mit dem PKA-F die Pedalkraftverläufe auf einem Bildschirm am Laufband visualisiert. Außerdem wurden die für das Training relevanten Messgrößen (jeweils links/rechts/gesamt: mechanische Leistung, Trittfrequenz und Tangentialkraft; Geschwindigkeit; Herzfrequenz) auf dem Bildschirm angezeigt. Der Athlet wurde aufgefordert, sein Tretmuster zu beeinflussen. Er sollte versuchen, seinen Kraftkurvenverlauf zu optimieren. Als visuelle Hilfe diente hierbei der Tangentialkraftkurvenverlauf sowie zwei Balken, mit denen das Kraftimpulsverhältnis der linken und rechten Kurbel dargestellt wurde. Der Athlet sollte den Balken und somit das Kraftimpulsverhältnis möglichst hoch halten. Die vortriebswirksamen Kräfte wurden damit verstärkt und die vortriebsmindernden Kräfte reduziert.

Ergebnisse

Biomechanische Untersuchungen auf der Radrennbahn: Insbesondere bei den jüngeren Athleten verbesserte sich die Trettechnik. Zur Bewertung wurden hauptsächlich das Kraftmaximum und das Kraftimpulsverhältnis betrachtet. Diese beiden Parameter konnten bei den untersuchten Athleten durch das Feedbacktraining verbessert werden (siehe Abb. 1: im linken Diagramm geringeres Kraftmaximum, größerer Unterschied Kurvenverlauf links vs. rechts und geringeres Kraftimpulsverhältnis als im rechten Diagramm).

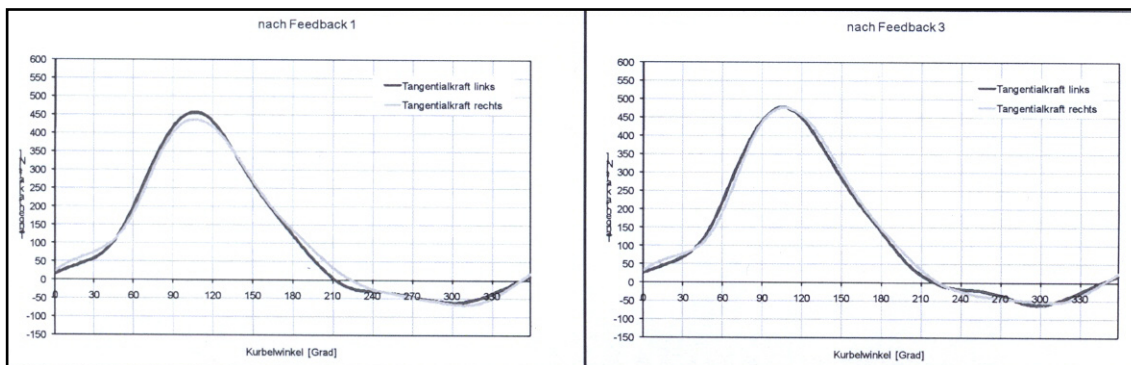


Abb. 1: Tangentalkraft links und rechts in Bezug zum Kurbelwinkel über die gesamte Strecke der 4000-m-Einzelverfolgung auf der Bahn gemittelt - links einer der jungen Athleten nach dem ersten Feedbacktraining und rechts nach dem dritten Feedbacktraining

Das Hauptziel, die gleichmäßige Geschwindigkeit möglichst schnell zu erreichen und diese bis zum Laufende zu halten oder besser noch zum Ende etwas zu steigern, konnte im Training verbessert werden. Hier gelang es den Sportlern gut bis sehr gut, ihren Lauf nach der visualisierten Kritik zu optimieren. Auf die hohen Geschwindigkeiten im Wettkampf konnte dies jedoch nicht immer übertragen werden. Die Athleten wiesen klare Defizite im Bereich der Kraftausdauer auf (siehe Abb. 2: Abfall der Geschwindigkeit im letzten Drittel des Rennens).

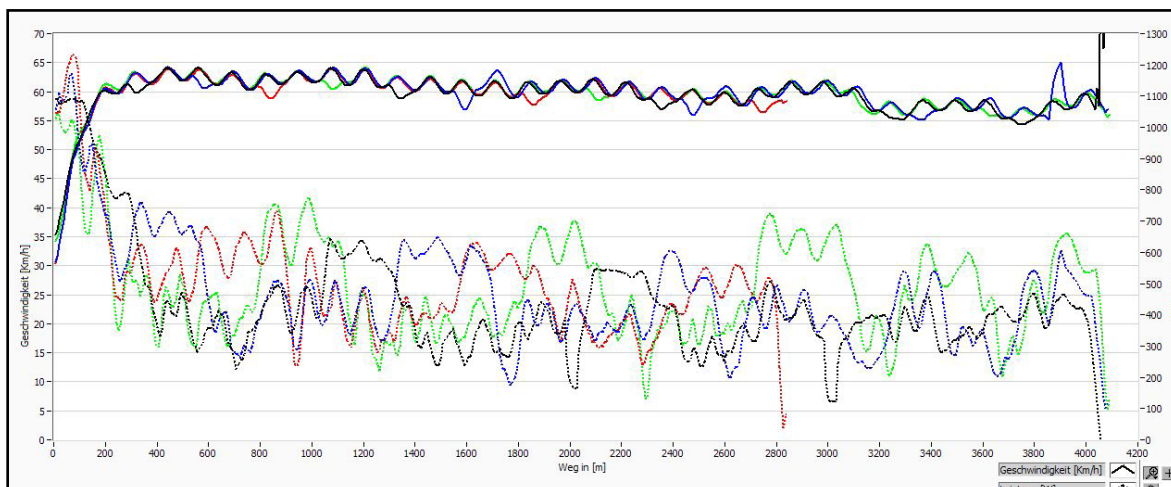


Abb. 2: Verlauf der Geschwindigkeit und der mechanischen Leistung von vier Athleten in einem Wettkampflauf in der 4000-m-Mannschaftsverfolgung

Daher reichte die Kraft im letzten Drittel des Laufes in der Wettkampfsituation meist nicht aus, um eine saubere Trettechnik zu realisieren. Die Messungen in der Weltcupseason zeigten, dass lediglich ein Fahrer die leistungsphysiologischen Voraussetzungen besaß, um einen guten Vierer zu fahren. Bei allen anderen Fahrern zeigten sich - in unterschiedlicher Ausprägung - Defizite, eine hohe Kraft und eine saubere Trettechnik über einen längeren Zeitraum zu halten.

Feedbacktraining: Tendenziell konnte bereits im Jahr 2006 für zwei junge Kaderathleten gezeigt werden, dass die Trettechnik durch das Feedbacktraining beeinflusst

werden kann. Auch in diesem Jahr zeigte sich, dass insbesondere von den jüngeren Kaderathleten gute Fortschritte innerhalb des Feedbacktrainingskomplexes und von Feedbacktraining zu Feedbacktraining erzielt werden konnten. 2007 konnte zusätzlich nachgewiesen werden, dass die vier untersuchten Athleten durch das Feedbacktraining auch auf der Bahn ihre Trettechnik verbessern konnten. Dennoch waren die Veränderungen während des Feedbacktrainings deutlich höher. Dies war aber zu erwarten, weil die visuelle Hilfe auf der Bahn fehlte.

Diskussion

Die Diagnostik der Radleistung erfolgte auf der Bahn bei Bahnlehrgängen, Sichtungsrennen und Wettkämpfen mit zehn Kaderathleten. Hierfür wurden das FES-Pedalkraftanalyse-System (PKA) und die FES-Messkurbel-Wettkampf (MKW) eingesetzt. Im Rahmen des Techniktrainings wurde ein Feedbacktraining auf dem Laufband mit dem FES-Pedalkraftanalyse-Feedbacksystem (PKA-F) bei vier Kaderathleten durchgeführt.

Die vorgegebenen Ziele waren die Verbesserung der Trettechnik, der Radleistung und der Konstanz im Weg-Zeit-Verlauf sowie die Optimierung der Mannschaftszusammensetzung im Vierer.

Die Trettechnik, die Radleistung und die Konstanz im Weg-Zeit-Verlauf konnten bei den Athleten verbessert werden. Die Mannschaftszusammensetzung und die Positionierung der einzelnen Fahrer in der Vierer-Mannschaft wurden mit der Diagnostik der Radleistung optimiert. Es zeigte sich bei einzelnen Athleten eine Verbesserung der Trettechnik auf der Bahn durch das Feedbacktraining auf dem Laufband.

Der Einfluss der erreichten Trettechnikoptimierung auf die Endzeiten im Wettkampf muss durch weitere Untersuchungen belegt werden.

Literatur

- Hildebrand, F., & Dittrich, A. (1985). *Ergebnisbericht zur Frage der biomechanischen Kriterien einer optimierten Trettechnik im Radsport*. Unveröffentlichter Forschungsbericht FKG Leipzig.
- Kautz, S.A., & Hull, M.L. (1993). A theoretical basis for interpreting the force applied to the pedal in cycling. *Journal of biomechanics*, 26 (Feb), 155-165.
- Macintosh, B.R., Neptune, R.R. & Horton, J. (2000). Cadence, power and muscle activation in cycle ergometry. *Medicine and science in sports and exercise*, 32 (7), 1281-1287.
- Schumacher, Y.O. & Mueller, P. (2001). Der Weltrekord in der 4000 m-Mannschaftsverfolgung. Theoretische und praktische Aspekte. *Leistungssport*, 1 (1), 43-47.