

---

## **Biomechanische Leistungsdiagnostik und Feedbacktraining zur Optimierung der Trettechnik im Elitebahnradsport**

Roland Wolff (Projektleiter) & Janine Strunz

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Sportwissenschaft,  
Abteilung Sportmedizin

### **Problem**

Die 4000-m-Mannschaftsverfolgung (MV) und die 4000-m-Einzelverfolgung (EV) waren viele Jahre die tragenden olympischen Disziplinen im Ausdauerbereich des Bahnradsports. Leistungsbestimmende Faktoren dieser beiden Disziplinen sind physiologische Kenngrößen, aber auch in besonderem Maße die Technik und Taktik.

Eigene biomechanische Messungen haben gezeigt, dass vor allem bei jungen Athleten Defizite in der Technik bestehen (BISp-Abschlussberichte zu diesem Projekt aus den Jahren 2006 und 2007). Zudem machte die Wettkampfpraxis deutlich, dass die Athleten die Leistung über die 4000 m nicht optimal dosieren können.

In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die Eingliederung junger Athleten in die Weltspitze bei der deutschen Mannschaft (4000-m-MV und EV) nicht zufriedenstellend gelang.

Eine Ursache für die vergleichsweise schlechte Platzierung in den Jahren 1996 und 2004 ist die Neuformierung der Vierer-Mannschaft unter Einbeziehung junger Athleten. Für die Olympischen Spiele 2008 sollte frühzeitig eine Formierung der Vierer-Mannschaft erfolgen. Dies gelang jedoch nicht. Die deutsche Mannschaft qualifizierte sich weder für die MV, noch für die EV. Eigene Untersuchungen (BISp-Abschlussbericht zu diesem Projekt 2007) zeigten, dass eine mögliche Ursache die Defizite im Kraftausdauerbereich waren. Eine homogene und über die Strecke weitestgehend gleich bleibende Leistung der gesamten Mannschaft charakterisiert die Läufe mit hervorragenden Zeiten (Schumacher & Mueller, 2001). Diese gleichbleibende Leistung konnte, auch auf Grund der unzureichenden Kraftausdauer, im letzten Drittel der MV und EV in den vergangenen vier Jahren nicht realisiert werden.

Im Hinblick auf die Olympischen Spiele 2012 müssen deutliche Leistungsverbesserungen bei den Verfolgern erzielt werden. Dazu gehört eine ausreichende Kraftausdauer. Bei der 4000-m-Mannschafts- und Einzelverfolgung sind auf der Bahn optimale Weg-Zeit-Verläufe und homogene Leistungen im Vierer auf der Wettkampfstrecke anzustreben, da sie für den Erfolg mit entscheidend sind (Hettingaet al., 2006). Durch eine Trainings- und Wettkampfanalyse über einen langen Zeitraum können Defizite erkannt und durch entsprechendes Training behoben werden.

## Methode

Im Rahmen des Projektes wurden biomechanische Untersuchungen auf der Radrennbahn bei zehn Kaderathleten im Training und im Wettkampf durchgeführt.

Ein Feedbacktraining mit dem Rad auf dem Laufband erfolgte bei einem Kaderathleten.

*Biomechanische Untersuchungen auf der Radrennbahn:* Die Diagnostik der Radleistung und der Technik wurde mit dem Wettkampfrad des jeweiligen Athleten auf der Radrennbahn durchgeführt. Im Training und im Wettkampf erfolgten die Messungen mit der mobilen Messkurbel-Wettkampf (MKW) des Institutes für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES). Für die Messungen wurden an den Verfolgerädern der FES (spezielle Zeitfahrräder für die Disziplinen Einer- und Vierermannschaftsverfolgung im Bahnradsport) eine Messkurbel mit Pedal und Geschwindigkeitssensor montiert. Das gesamte System (MKW) bestand aus einer Messkurbel mit Elektronik (links) und der Analysesoftware. Die Messkurbel war äußerlich wie ein gängiges Pedalsystem aufgebaut, so dass der Athlet beim Fahren mit dem System keine ungewohnte Situation und keine Nachteile hatte. Im Bahntraining sowie im Wettkampf konnten Daten in verschiedenen Belastungsbereichen gewonnen, ausgewertet und anschließend in der Trainings- und Wettkampfpraxis genutzt werden. Die Diagnostik der Radleistung erfolgte auf der Bahn bei sechs Bahnlehrgängen, bei einem Sichtungsrennen und bei acht Wettkämpfen

*Feedbacktraining:* Das Feedbacktraining führte der Athlet mit seinem eigenen Wettkampfrad und FES-Pedalkraftanalyse-Feedbacksystem (PKA-F) auf dem Laufband durch. Die Messdaten wurden vom Bahnrad 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. Auf Grund der Nichtnominierung zu den Olympischen Spielen und interner Umstrukturierungen beim Verband konnte das Feedbacktraining nur sehr eingeschränkt durchgeführt werden.

## Ergebnisse

*Biomechanische Untersuchungen auf der Radrennbahn:* Das Hauptproblem in der 4000-m-EV war 2007 die ungenügende physiologische Leistungsbereitschaft. Es mangelte bei vielen Athleten vorrangig am Kraftausdauervermögen. Im Projektjahr 2008 zeigte sich diesbezüglich in der EV ein ähnliches Bild: 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 meist nur im Training erreicht werden. Auf die hohen Geschwindigkeiten im Wettkampf konnte dies in der Einzelverfolgung jedoch selten übertragen werden. Abb. 1 zeigt, dass es im Training gelang, den Lauf nach der visualisierten Kritik zu optimieren. Beim Unterdistanztraining (3000 m) konnte ein gleichmäßiger Lauf mit einer Steigerung

der Geschwindigkeit auf den letzten 1000 m realisiert werden. Im Wettkampf hingegen zeigten sich zwar keine starken Geschwindigkeitsschwankungen, aber ein gleichmäßiger und gravierender Geschwindigkeitsabfall.

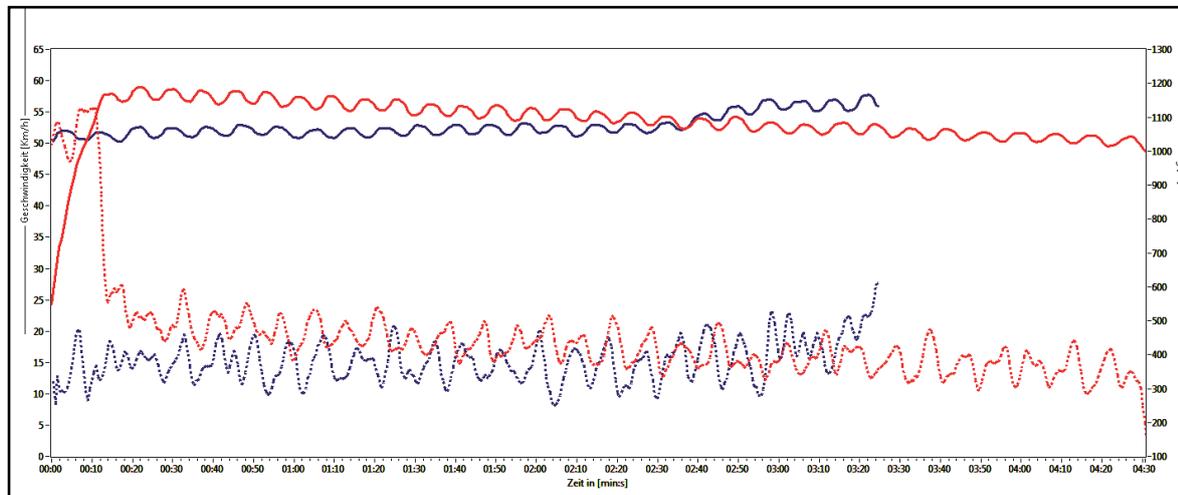


Abb. 1: Verlauf der Geschwindigkeit (obere Graphen) und der mechanischen Leistung (untere Graphen) bei einem Trainingslauf mit Unterdistanz von 3000 m einen Tag vor dem Wettkampf (blau) und beim Wettkampflauf (rot) in der EV bei einem Weltcup

In der MV konnten die Rennzeiten im Wettkampf geringfügig verbessert werden. In der Abb. 2 ist zu sehen, dass der Viererlauf insgesamt deutliche Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Geschwindigkeit aufwies.

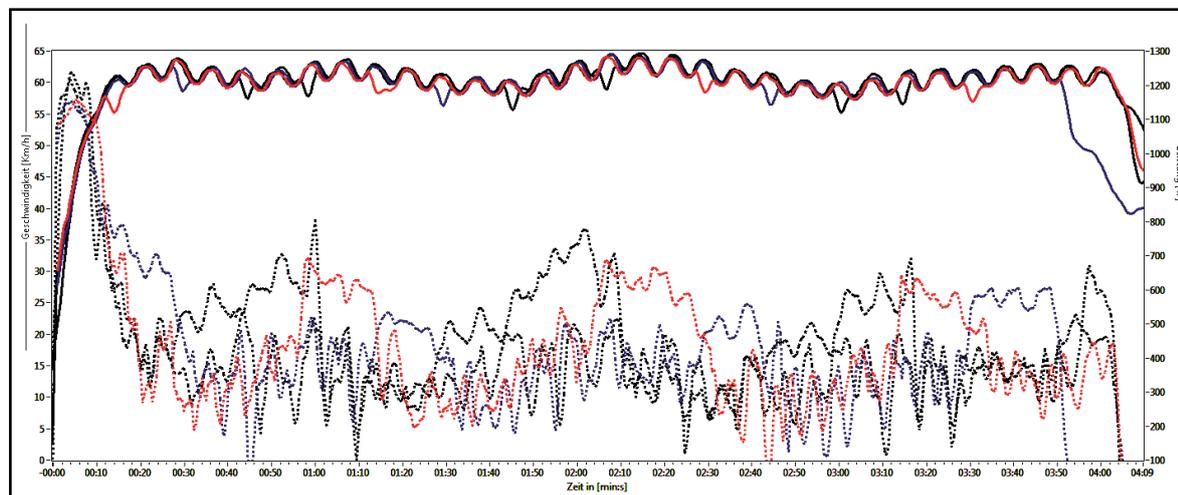


Abb. 2: Verlauf der Geschwindigkeit und der mechanischen Leistung von vier Athleten in einem Wettkampflauf in der 4000-m-MV

Dies lag vorrangig an der inhomogenen Leistung des Vierers (Tab. 1). Das Grundproblem der letzten Saison – im letzten Drittel des Laufes die Kraft bzw. die Geschwindigkeit nicht halten zu können – liegt in diesem Lauf nicht vor. Zumindest in Bezug auf das letzte Drittel des Laufes zeichnete sich somit eine positive Tendenz für den

deutschen Vierer ab. Dennoch verdeutlichten die erreichten Wettkampfzeiten, dass der deutsche Vierer noch nicht mit der Weltspitze mithalten konnte. Für eine Zeit von 04:00.000 für 4000 m müsste im Vierer theoretisch jeder Athlet eine mittlere mechanische Leistung von ca. 520 Watt erbringen (Schumacher & Mueller, 2001). Auch wenn die mechanische Leistung der einzelnen Athleten individuell betrachtet werden muss, so zeigt die Diskrepanz zwischen den theoretisch erforderlichen und den tatsächlich erreichten Werten der mechanischen Leistung in der Tab. 1, dass der deutsche Vierer derzeit noch weit vom Weltrekord (3:53.314) entfernt ist.

Tab. 1: *Erbrachte mechanische Leistung der Fahrer für den Wettkampflauf des Vierers beim Weltcup in Manchester in der 4000-m-Mannschaftsverfolgung.*

|                             | Position 1 | Position 2 | Position 3 | Position 4 |
|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Ø p in gesamten Lauf [Watt] | 439        | 436        | 413        | 453        |
| Ø p der Führungen [Watt]    | 607        | 564        | 485        | 614        |

*Feedbacktraining:* Der Athlet konnte durch das Feedbacktraining, bei parallel ablaufendem gezieltem Krafttraining, die Vortriebswirksamkeit auf dem Laufband verbessern. Dies resultierte vorrangig aus der Reduzierung des rechts-links-Unterschiedes beim Krafteinsatz.

## Diskussion

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

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

Die Radleistung und die Konstanz im Weg-Zeit-Verlauf konnte bei den Athleten verbessert werden. Die Mannschaftszusammensetzung und die Positionierung der einzelnen Fahrer in der Vierer-Mannschaft wurden mit Hilfe der Diagnostik der Radleistung optimiert. Der Einfluss der erreichten Technikoptimierungen auf die Endzeiten im Wettkampf muss durch weitere Untersuchungen belegt werden. Eine kurze aber prägnante Trainings- und Wettkampfanalyse und vor allem eine entsprechende Dokumentation sollten in Zukunft erfolgen.

## Literatur

- Atkinson, G., Peacock, O. & Passfield, L. Variable versus constant power strategies during cycling time-trials: prediction of time savings using an up-to-date mathematical model. *Journal of sports sciences*, 25 (9) (2007), 1001-1009. Erratum in: *Journal of sports sciences*, 26 (10) (2008), 1123.
- Hettinga, F.J., De Koning, J.J., Broersen, F.T., Van Geffen, P. & Foster, C. (2006). Pacing strategy and the occurrence of fatigue in 4000-m cycling time trials. *Medicine and science in sports and exercise*, 38 (8), 1484-1491.
- Schumacher, Y.O. & Mueller, P. (2001). Der Weltrekord in der 4000 m-Mannschaftsverfolgung. Theoretische und praktische Aspekte. *Leistungssport*, 1 (1), 43-47.

