
Wirkung von Feedback-Training im Radsport auf physiologische und biomechanische Parameter

Björn Stapelfeldt, Guillaume Mornieux & Albert Gollhofer (Projektleiter)

Universität Freiburg
Institut für Sport und Sportwissenschaft

1 Problemstellung

Gibt es den so genannten „Runden Tritt“ im Radsport? Diese Frage hinsichtlich der Pedalieretechnik ist diejenige nach der Kraftverteilung im Kurbelkreis. Die höchsten vortriebswirksamen Kräfte finden sich im Bereich um 90° Kurbelposition. Obwohl in Fachkreisen immer wieder postuliert, ziehen selbst hochklassige Radfahrer nicht oder nur in Einzelfällen im Bereich von 270° Kurbelposition am Pedal (Coyle et al., 1991; Hillebrecht et al., 1998).

Es ist ungeklärt, ob durch die Möglichkeit eines Online-Technik-Feedbacks eine Beeinflussung der Pedalieretechnik dahingehend stattfinden kann, dass z. B. im Bereich von 270° Kurbelposition am Pedal gezogen wird. Wenn dies möglich ist, stellt sich die Frage nach den physiologischen Konsequenzen, d. h. den Kosten für dieses geänderte Verhalten und, ob dies trainierbar ist. Konkret formuliert ergeben sich folgende Fragen:

1. Gibt es Unterschiede hinsichtlich der Pedalkräfte, der muskulären Aktivität und der Sauerstoffaufnahme zwischen Radfahrern unterschiedlicher Kompetenz?
2. Welche (physiologische und biomechanische) Konsequenzen hat ein durch Online-Feedback geändertes Pedaliermuster?
3. Ist das Pedaliermuster beim Radfahren durch ein Feedback-Training überdauernd veränderbar und wie wirkt sich dies auf die (physiologische) Leistungsfähigkeit aus?

2 Methoden

Ein am IfSS entwickeltes, neuartiges System zur Erfassung der Pedalkraft (Stapelfeldt et al., 2006) ermöglicht in Kombination mit einer ebenfalls eigens entwickelten Software die Sofortrückmeldung der Pedalkräfte am Computer-Bildschirm. Das System ermöglicht die Verwendung jeglicher Pedalsysteme.

Es wurden eine Querschnitts- und eine Längsschnittsuntersuchung durchgeführt, letztere als Trainings-Treatment. An dieser Stelle wird lediglich die Querschnittsuntersuchung skizziert.

Zwei Probandengruppen unterschiedlichen Niveaus (neun Freizeitfahrer (FZ1), $VO_2\text{peak}$: $54,2 \pm 6,5$ ml/kg/min, neun Elitefahrer (E1), $VO_2\text{peak}$: $71,1 \pm 6,1$ ml/kg/min) wurden bei 150W und 320W hinsichtlich ihres Pedalierverhaltens mit und ohne Anwendung von On-line-Feedback anhand von EMG und Pedalkräften untersucht. Zusätzlich wurden die energetischen Kosten mittels Spirometrie ermittelt.

Die Pedalkräfte wurden für mind. 40 Einzelzyklen je Proband über eine komplette Kurbelumdrehung gemittelt. Anhand dieser sog. Average-Kurven wurden Mittelwerte innerhalb der vier verschiedenen Kurbelsektoren (Stapelfeldt et al., 2006) gebildet. Im Folgenden wird die vortriebswirksame (tangential) Kraft dargestellt, weil sie rückgemeldet wurde und maßgeblich durch das Feedback beeinflusst werden sollte.

Der Unterschied zwischen den Gruppen und zwischen den Bedingungen mit/ohne Feedback wurde mit dem T-Test für ungepaarte und gepaarte Gruppen untersucht.

3 Ergebnisse

Ohne Feedback sind im Sektor 4 (225° – 315°) negative, d. h. der Drehbewegung entgegen gerichtete Kräfte zu finden – die Fahrer stehen auf dem Pedal und ziehen dieses nicht aktiv nach oben. Bei beiden Gruppen und bei beiden Belastungsstufen kann ein deutlicher Unterschied zwischen der Bedingung mit und ohne Feedback in der tangentialen Kraftkurve als Gruppenmittelwert erkannt werden (vgl. Abb. 1).

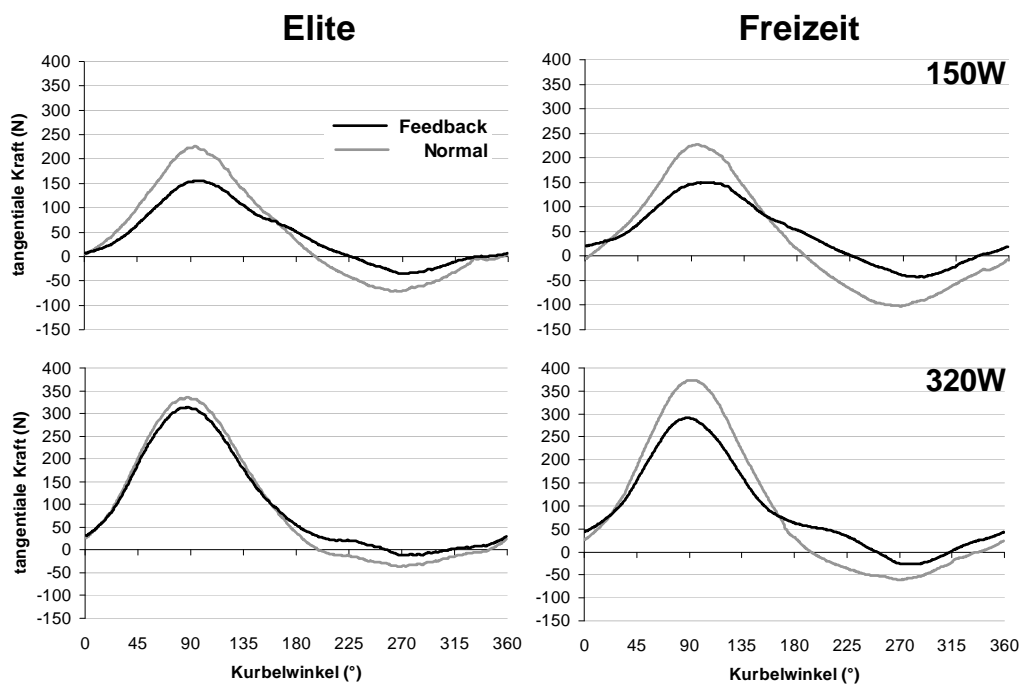


Abb. 1: Kraftverlauf der tangentialen Kraft als Gruppenmittelwert mit und ohne Feedback bei unterschiedlicher Belastung

Beide Gruppen entlasten mit Feedback das Pedal während dessen Aufwärtsbewegung, d. h. im Bereich zwischen 180° und 360° Kurbelwinkel gegenüber der Normalbedingung. Bei den Elitefahrern erreichen drei von neun Fahrern im Sektor vier sogar positive Werte, d. h. sie können durch das „Aufwärtsziehen“ aktiv zum Vortrieb beitragen (vgl. Abb. 2). Im Sektor 2 (45° – 135°) ist eine Reduzierung der Kraft in der Feedback-Bedingung ersichtlich. Dies tritt umso stärker auf, je größer die Veränderung im Sektor vier ist.

Der durch das Feedback erzeugte Unterschied ist bei den Freizeitfahrern größer als bei den Elitefahrern. Die Elitefahrer entlasten bereits ohne Feedback das Pedal stärker als die Freizeitfahrer. Der Unterschied zwischen Freizeit- und Elitefahrern ohne Feedback ist im vierten Sektor für beide Belastungen und im zweiten Sektor für 320 W statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Der Unterschied zwischen der Bedingung mit und ohne Feedback ist in beiden Gruppen und bei beiden Belastungen sowohl im Sektor zwei als auch im Sektor vier hoch-signifikant ($p < 0,01$).

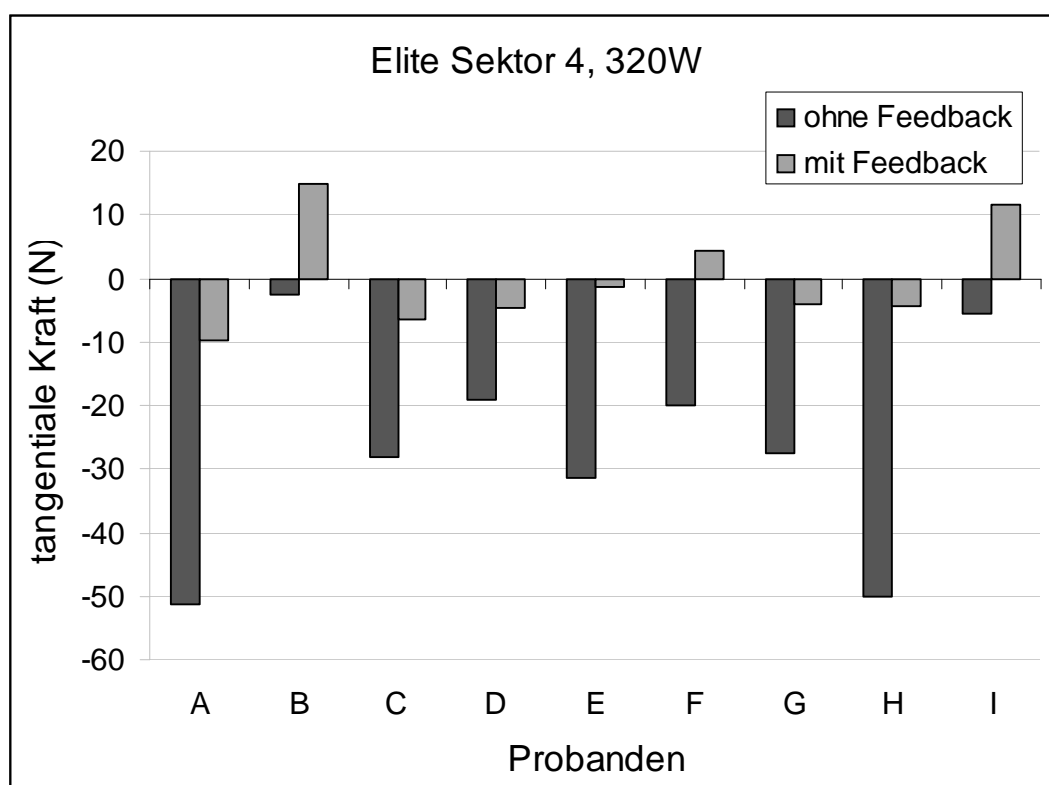


Abb. 2: Individuelle Mittelwerte der tangentialen Kraft im Sektor vier mit und ohne Feedback, Elitefahrer - 320W

4 Diskussion

Dass, wie in der Literatur berichtet (Coyle et al., 1991; Hillebrecht et al., 1998), in der Aufwärtsphase des Pedals bei normaler Tretbewegung keine positiven vortriebswirksamen Kräfte wirken, hat sich in dieser Studie wiederum bestätigt. Elitefahrer belasten das Pedal während des sog. upstroke jedoch weniger als Freizeitfahrer, wenn man gleiche Leistungsvorgaben betrachtet. Dies steht im Gegensatz zu Untersuchungen, bei denen kein Unterschied durch das Fahrerniveau festgestellt wurde (Coyle et al., 1991). Die Erklärung liegt in den unterschiedlichen Belastungen, mit denen z. B. bei Coyle et al. gemessen wurde. Mit steigender Leistung müssen zwangsläufig die Pedalkräfte ansteigen, was im Bereich um 90° Kurbelwinkel – hier treten die größten Kräfte auf - höhere Pedalkräfte notwendig macht. Vergleicht man nun wie Coyle et al. zwei Gruppen mit unterschiedlicher Leistung, ist klar, dass sich die Fahrer in der Kraft beim sog. downstroke unterscheiden. Insofern lässt sich als das erste Fazit dieser Untersuchung festhalten, dass Elitefahrer vermutlich einen aktiven, d. h. entlastenden Anteil im upstroke leisten.

Dass das Pedal während der Aufwärtsbewegung noch stärker entlastet und sogar vortriebswirksame Kräfte erzeugt werden können, belegt der Einsatz von Online-Feedback. Bei gleicher Leistung ist durch die Entlastung weniger Kraft am anderen, 180° verschobenen Pedal notwendig. Vereinfacht gesagt bedeutet das: Wenn mehr „gezogen“ wird, muss weniger „gedrückt“ werden. Folglich müssen die an der Streckbewegung beteiligten Muskeln zu Lasten der Flexoren weniger Arbeit verrichten. Dies könnte den Vorteil haben, dass sich die Gesamtarbeit auf insgesamt gesehen mehr Muskelmasse verteilt, da zusätzliche Muskeln am Vortrieb beteiligt werden. Das wiederum hätte zur Folge, dass der einzelne Muskel – hier vor allem die Extensoren – geringer beansprucht wird und daher metabolisch gesehen in einem ökonomischeren Bereich arbeitet. Als zweites Fazit lässt sich somit formulieren, dass in der Verbesserung der Pedaliertechnik Potential zur Leistungssteigerung bzw. Ökonomisierung steckt. Dies wird vor allem durch die stärkere Beeinflussung der Pedalkräfte durch Feedback in der Gruppe der Freizeitfahrer gestützt.

5 Literatur

- Coyle, E. F., Feltner, M. E., Kautz, S. A., Hamilton M. T., Montain, S. J., Baylor, A. M., Abraham, L. D. & Petrek, G. W. (1991). Physiological and biomechanical factors associated with elite endurance cycling performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23, 93–107.
- Hillebrecht, M., Schwirtz, A., Stapelfeldt, B., Stockhausen, W. & Bührle, M. (1998). Trittechnik im Radsport. Der „runde Tritt“ – Mythos oder Realität? *Leistungssport*, 28 (6), 56–62.

- Stapelfeldt, B. & Guillaume, M. (2005). Biomechanik im Radsport. *Sportorthopädie – Sporttraumatologie*, 21, 107–114.
- Stapelfeldt, B., Mornieux, G., Oberheim, R., Belli, A. & Gollhofer, A. (2006). Development and Evaluation of a New Bicycle Instrument for Measurements of Pedal Forces and Power Output in Cycling. *Int J Sports Med*, 28, 326-332.

