

DAS KONZEPT

Das *Critical Power Concept* ist ein mathematisches Modell über welches eine Leistung bei einer gegebenen Zeit oder eine maximale Belastungszeit (T_{lim}) bei einer gegebenen Leistung oberhalb der Critical Power (CP) prognostiziert werden kann^[1,2,3]. Dabei wird die CP als *kritische* Leistungsschwelle zwischen einer hoch- und höchstintensiven Belastung verstanden, über welcher die physiologische Homöostase nicht mehr hergestellt werden kann^[3,4,5]. Das Modell kann sowohl für Leistungsdaten als auch für Geschwindigkeitsdaten angewandt werden^[1,2].

HINTERGRUND

Bei einer höchst-intensiven Belastung steht die Leistung in einer hyperbolen Beziehung zur Zeit, über die sie aufrechterhalten werden kann^[1,3]. So nähert sich die Leistung bei einer höchst-intensiven Dauerbelastung (~90-95% der maximalen Sauerstoffaufnahme; VO_{2max}) mit zunehmender Belastungszeit asymptotisch einer Minimalleistung an^[1]. Diese hyperbole Beziehung zeigte sich für Belastungszeiten zwischen ~2 min bis ~20 min als valide^[3]. Die Minimalleistung einer höchst-intensiven Belastung wird als Power-Asymptote definiert und stellt die CP dar^[1,2]. Der Arbeitsbetrag über der Power-Asymptote wird als W' beschrieben^[1,3]. Die W' stellt eine feste Arbeitskapazität dar, die für alle Belastungsintensitäten oberhalb der CP gleich groß ist (siehe Abbildung 1.)^[2,3].

Die metrische Einheit hinter der *kritischen* Leistung orientiert sich an der Belastungsform (Watt: CP; Geschwindigkeit: Critical Velocity = CV oder Critical Speed = CS). Dies verhält sich bei der Bezeichnung des Arbeitsbetrages gleich (Energie [kJ]: W' ; Distanz [m]: D')^[3].

CP – EINE PHYSIOLOGISCHE LEISTUNGSSCHWELLE?

Die CP trennt zwei Belastungsbereiche, welche sich in den Verhaltensweisen der Energiebereitstellungssysteme und assoziierter Ermüdungsprozesse unterscheiden^[1,2,3]. An der CP stellt sich ein Steady State der VO_2 ein^[3]. Oberhalb der CP führen Belastungen dagegen zu einem Anstieg der VO_2 bis zum Erreichen der VO_{2max} . Begleitend zeigen sich Veränderungen in intramuskulären metabolischen Prozessen (\downarrow pH-Wert; \downarrow Phosphokreatin, \uparrow Muskellaktatkonzentration) sowie in den neuromuskulären Innervierungsmustern^[4]. Das Limit einer Belastungstoleranz oberhalb der CP geht mit dem Verbrauch der W' einher^[3]. Dabei unterscheiden sich die Umsatzraten muskulärer Energiesubstrate und Metabolite in Abhängigkeit zum positiven Abstand zur CP^[4].

REFERENZEN

- [1] Vanhatalo, A., Jones, A. M., & Burnley, M. (2011). Application of critical power in sport. *International journal of sports physiology and performance*, 6(1), 128-136.
[2] Jones, A. M., & Vanhatalo, A. (2017). The 'critical power' concept: applications to sports performance with a focus on intermittent high-intensity exercise. *Sports Medicine*, 47(1), 65-78.
[3] Jones, A. M., Burnley, M., Black, M. I., Poole, D. C., & Vanhatalo, A. (2019). The maximal metabolic steady state: redefining the 'gold standard'. *Physiological reports*, 7(10), e14098.
[4] Black, M. I., Jones, A. M., Blackwell, J. R., Bailey, S. J., Wylie, L. J., McDonagh, S. T., ... & Bowtell, J. L. (2017). Muscle metabolic and neuromuscular determinants of fatigue during cycling in

different exercise intensity domains. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 446-459.

[5] Vanhatalo, A., Doust, J. H., & Burnley, M. (2008). A 3-min all-out cycling test is sensitive to a change in critical power. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(9), 1693-1699.

[6] Coakley, S. L., & Passfield, L. (2018). Cycling performance is superior for time-to-exhaustion versus time-trial in endurance laboratory tests. *Journal of sports sciences*, 36(11), 1228-1234.
Bildquelle: all-free-download.com

TRADITIONELLE ERMITTLUNG DER CP

Über einen Rampentest wird eine maximale Belastungsintensität bestimmt. Im Anschluss wird über mindestens 3 bis 4 Belastungstests an den folgenden Tagen die T_{lim} für eine gegebene Belastung ermittelt^[1,2,3]. Die Belastungsintensität sollte dabei zwischen 75% und 105% der maximal ermittelten Leistung des Rampentests entsprechen, sodass ein Belastungsabbruch zwischen 2 bis 15 min provoziert wird^[1,3]. Die zeitliche Differenz zwischen der längsten und kürzesten T_{lim} sollte mindestens 5 min betragen^[1,2]. Die Datenanalyse erfolgt in der Regel über eine lineare Regression. Dabei wird die CP (oder CV, CS) sowie die W' (oder D') durch die erbrachten Einzelleistungen und deren assoziierte T_{lim} bestimmt^[1]. Alternativ zu T_{lim} -Testungen kann die CV über vorhandene Bestzeiten^[2] von Belastungen zwischen ~2 min bis ~20 min ermittelt werden^[3]. Zudem wurde zur Ermittlung der CP ein *Single-Session-Testprotokoll* in Form eines 3 min All-Out-Test von Vanhatalo et al. vorgestellt^[5]. Hier zeigte sich die Berechnung der CP über die mittlere Leistung der letzten 30 Sekunden als valide.

LEISTUNGSPROGNOSE

Über die Regressionsgleichung $y = mx + c$ kann sowohl die T_{lim} für eine gegebene Leistung als auch die erbringbare Leistung bei einer gegebenen Belastungszeit wie folgt abgeschätzt werden:

$$T_{lim} = W' / (P - CP) \quad \text{oder} \quad P = W' / T_{lim} + CP$$



Die CP kann als Index für eine aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit herangezogen werden. So laufen Marathonläufer im Mittel bei $96\% \pm 2\%$ ihrer CS^[2]. Zudem konnte die Leistung an der CP durch Ausdauertrainingsinterventionen verbessert werden^[1,2,3]. Dabei zeigte sich ein Trend zur Verringerung der W' bei einer Leistungsverbesserung an der CP^[1].

FAZIT

Die Bestimmung der CP und der W' beruht auf der Messung einer mechanischen Leistung und verbundener Belastungstoleranz^[1,2,3]. Physiologisch trennt die CP zwei Belastungsbereiche^[4]. Über die CP und W' können Ausdauerleistungen oberhalb der CP prognostiziert werden^[1,2,3]. Leistungen an der CP sind positiv mit der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit assoziiert^[2]. Bei der Ermittlung der CP erwiesen sich *Time-to-Exhaustion*-Tests geeigneter als *Time-Trial*-Testungen^[6]. Durch die einfache und nicht-invasive Testmodalität kann das Konzept in der Trainingssteuerung mit einbezogen werden^[1,2,3]. Der Einsatz des Konzepts in der differenzierten Ausdauerleistungsdiagnostik erlaubt allerdings keine kausale Leistungsbeurteilung, da es ihm an physiologischen Kenngrößen fehlt.

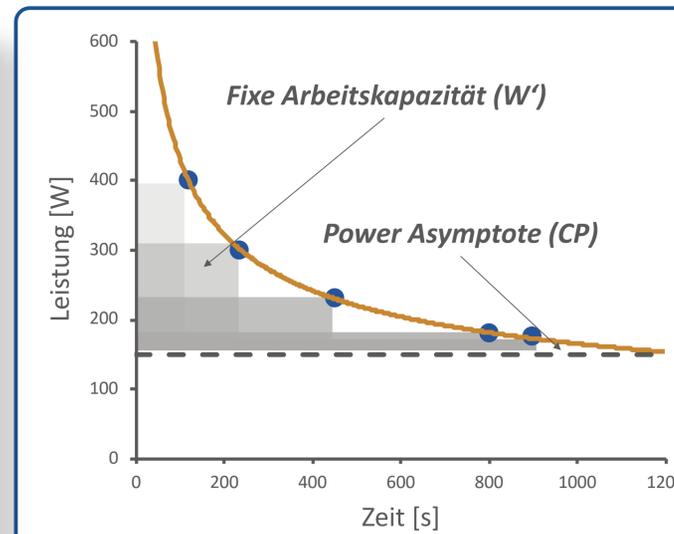


Abbildung 1. Fiktive Leistungs-Zeit-Kurve (die blauen Punkte repräsentieren Ergebnisse einzelner T_{lim} -Tests) – Hyperbole Beziehung zwischen einer Leistung (W) und der assoziierten Belastungszeit (T_{lim}). Die Critical Power (CP) ist die Power-Asymptote (vertikal gestrichelte Linie). Die fixe Arbeitskapazität W' wird durch die grauen Rechtecke dargestellt, welche durch die Datenpunkte auf der Leistungs-Zeit-Kurve und der Power-Asymptote limitiert sind.

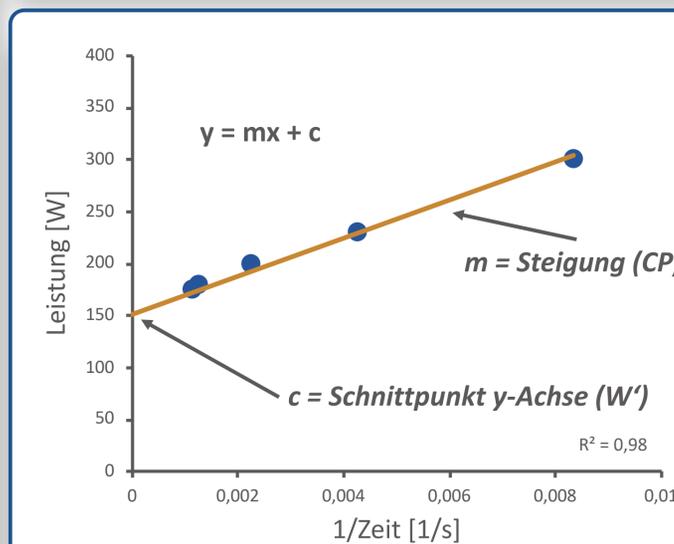


Abbildung 2. Fiktiver Leistungs-Zeit-Plot (die blauen Punkte repräsentieren Ergebnisse einzelner T_{lim} -Tests) zur Bestimmung der Critical Power (CP) und W' . Die CP ist durch die Steigung der Regression, die W' durch den Schnittpunkt mit der Y-Achse (c) gegeben. Die Messgenauigkeit wird über das Bestimmtheitsmaß (R^2) der linearen Regression sichergestellt. Im Gegensatz zur CV muss bei der Bestimmung der CP die Inverse- T_{lim} ($1/Zeit$) genutzt werden.