

Frage&Antwort

F: Roger Moore, ein Juniorentainer an der Pembroke School, Adelaide, South Australia fragte: "Hast Du Berechnungen angestellt, die das Steuermannsgewicht und seinen Einfluß auf die Bootsgeschwindigkeit, insbesondere beim Achter, mit einbeziehen? Ich habe in einigen Wochen ein wichtiges Rennen und mein Steuermann ist 11kg über dem Mindestgewicht. Unsere letzten Rennen sind immer nur mit 1-2s Unterschied entschieden worden."

Ein anderer Trainer stellte eine ähnliche Frage: "Wäre es möglich, eine Formel einzusetzen, die den Effekt der toten Masse auf die Bootsgeschwindigkeit bestimmt....um die zu erwartende Zeit eines Vierers-mit basierend auf der 2000m Zeit im Vierer-ohne zu berechnen? Mit anderen Worten: Ist ein gesteuerter Vierer in Bezug zum Drag (Brems)-Faktor nichts Anderes als ein Vierer-ohne mit 55kg überschüssigem Gepäck?"

A: Es gibt drei beeinflussende Komponenten des zusätzlichen Gewichtes, die in verschiedene Richtungen auf die Bootsgeschwindigkeit einwirken:

1. Höhere Bremswiderstandskraft, die durch die höhere Masse des Systems und konsequenterweise damit verbunden mehr Wasserverdrängung verursacht wird;

2. Höhere Trägheitsverluste, die die Vortriebskraft verringern, weil die Ruderer eine schwerere Masse hin und her bewegen müssen;

3. Geringere Energieverluste, die durch die geringeren Geschwindigkeitsschwankungen des Bootskörpers im Wasser verursacht werden.

Die erste Komponente kann mit den empirisch ermittelten Gleichungen für die Abhängigkeit des Drag Faktors von der Ruderermasse abgeschätzt werden (RBN 07/2007). Der Drag Faktor hängt von der Menge des vom Bootskörper verdrängten Wassers ab, die gleich der Gesamtmasse des Systems ist. Deshalb können wir die tote Masse zum Gewicht der Ruderer addieren. Wir müssen nun zwei Werte für den Drag Faktor für jede Masse (ohne und mit toter Masse) berechnen. Dafür nutzen wir die Gleichungen in Tabelle 1 aus RBN 07/2007. Dann nehmen wir die Gleichung $P = DF * V^3$ und angenommen, daß die Leistungserbringung P konstant ist, können wir die Gleichung für das Verhältnis der Geschwindigkeiten ableiten:

$$V_1 / V_2 = (DF_1 / DF_2)^{1/3}$$

Der Drag, der von 1kg zusätzlicher toter Masse pro Ruderer erzeugt wird, verringert die Bootsgeschwindigkeit um 0,061% oder 0,21s über ein 2000m Rennen bei einer Rennzeit von 5min 40sec.

Die zweite Komponente (Trägheitsverluste) kann mit einem mathematischen Modell, wo sich zwei bekannte Massen sinusförmig relativ zueinander bewegen, abgeleitet werden. Wir fanden heraus, daß bei einer Schlagfrequenz von 36 spm und einer relativen Verschiebung der Massen um 0,6m jedes zusätzliche kg tote Masse pro Ruderer die Bootsgeschwindigkeit um 0,33% oder 1,13s über ein 2000m Rennen verringert. Dieser Wert hängt von der Rudertechnik ab und kann mittels Übertrages der kinetischen Energie für den Blattvortrieb zum Endzug hin verringert werden (RBN 10/2006). Nach der Analyse der Daten nehmen wir dafür 0,24% oder 0,81s über ein 2k Rennen an.

Wir modellierten die dritte Komponente ganz ähnlich und fanden heraus, daß jedes zusätzliche kg an toter Masse pro Ruderer die Bootsgeschwindigkeit gleichmäßiger macht und den Durchschnittswert um 0,11% oder 0,37s über ein 2000m Rennen erhöht. Wir glauben, daß dies der maximale Wert ist; wenn die Ruderer, mit schlechter Rudertechnik, in die Auslage stürzen, dann vergrößern sich die Geschwindigkeitsschwankungen des Bootskörpers wieder, und dieser Wert reduziert sich wieder (RBN 10/2007).

Die Tabelle unten fasst diese Werte noch einmal zusammen. Wir setzen voraus, daß die Ruderer über eine gute Rudertechnik verfügen:

1kg pro Ruderer extra tote Masse	Geschwindigkeits-Verluste (%)	2k Rennen in 5:20	2k Rennen in 7:10
Drag Faktor	-0.061%	+0.20s	+0.26s
Trägheitsverluste	-0.240%	+0.77s	+1.03s
Geschwindigkeitsschwankungen	+0.110%	-0.35s	-0.47s
Summe	-0.191%	+0.61s	+0.82s

Jedes zusätzliche 1kg tote Masse pro Ruderer kann die Bootsgeschwindigkeit um 0,19% oder etwa 0,7s über ein 2k Rennen von 6:00min verringern.

Wenn wir uns auf die zweite Frage über den gesteuerten und ungesteuerten Vierer beziehen, finden wir, daß zusätzliche 55kg tote Masse (EDW; extra dead weight) (13,75kg pro Ruderer) das Boot über ein 2000m Rennen bei ungefähr 6:00min um 9,5s langsamer machen würde. Eine ähnliche Analyse für den Zweier (27,5kg EDW pro Ruderer) ergibt eine um 21,3s langsamere Zeit über ein 2k Rennen von etwa 6:40min.

Wir verglichen diese Werte mit den Ergebnissen der Olympischen Spiele 1992 in Barcelona, wo letztmalig die gesteuerten Zweier und Vierer um Olympische Ehren ruderten. Die Differenz bei den Ergebnissen zwischen M4- und M4+ war für die Sieger 4,3s und der Durchschnitt bei allen Finalisten war 6,4s, was geringer als der obige Wert ist.

Im M2+ und M2- waren die Unterschiede 22.1s bzw. 20.5s, was sehr nahe an den vorausgesagten Werten ist.

Die biomechanischen Bedingungen sind auch recht verschieden; in den schwereren gesteuerten Booten ist es schwieriger, die Leistung durch das Stemmbrett zu übertragen (RBN 2008/12). Der Beinschub ist langsamer und der Oberkörper wird mehr belastet, und somit ähnelt das Rudern in gesteuerten Booten mehr dem Ergometerrudern. Bei den ungesteuerten Booten ist eine schnelle Beinarbeit durch das Stemmbrett viel wichtiger.

Unser aufsummierter Faktor korrespondiert recht gut mit den Untersuchungsergebnissen anderer Autoren (1, 2). Wie auch immer, sie analysierten nur die Komponente des Drag Faktors, der lediglich 30% des Gesamtwertes in unserer Analyse repräsentiert. Wahrscheinlich sind weitere Diskussionen darüber erforderlich.

References

1. Atkinson B. 2001. The Effect of Deadweight. <http://www.atkinsopht.com/row/deadwght.htm>
2. Dudhia A. 2008. Effect of Weight in Rowing. <http://www-atm.ox.ac.uk/rowing/physics/weight.html#section7>

Contact Us:

✉ ©2008: Dr. Valery Kleshnev, kleval@btinternet.com, www.biorow.com