

Frage&Antwort

Wir haben positive Rückmeldung auf unseren letzten Newsletter erhalten und begannen eine interessante Diskussion mit Marinus Van Holst über die Wahl des Referenzrahmens (Frame of Reference (FoR)). Er argumentierte, daß ein FoR, der zur Erde in Verbindung steht, genommen werden sollte, und nicht ein FoR, der sich mit konstanter Geschwindigkeit mit dem Ruderer-Boot-System bewegt. Wir waren nicht in der Lage, einander zu überzeugen. Ich erhielt einen weiteren exzellenten Kommentar von Martijn Weterings, ein Trainer vom Studenten-Ruderclub „Argo“ in Wageningen, Niederlande, der unsere Diskussion aufklärte. Hier ist er mit einigen Abkürzungen:

“Zur Bestimmung der internen Fluktuationen der kinetischen Energie ist es weit verbreitet, daß man einen FoR benutzt, der am Schwerpunkt (CM) des Systems festgemacht wird. Der Gebrauch eines FoR, der sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, absorbiert die Geschwindigkeitsschwankungen des System-CM in den Gleichungen zu den Geschwindigkeitsschwankungen von Ruderer und Boot ($V_{boat}-V_{rower}$). Wie auch immer, die Geschwindigkeitsschwankungen des System-CM umfassen nicht die Energieverluste, die mit den internen kinetischen Energiefluktuationen zusammenhängen. Deshalb ist die physikalische Interpretation dieser zwei Darstellungen verschieden. Die eine, die die kinetische Energie, wie sie vom Referenzrahmen, der sich nicht mit konstanter Geschwindigkeit bewegt bestimmt ist, nutzt, reflektiert ausschließlich die internen Verluste kinetischer Energie. Eine Möglichkeit, diese zwei verschiedenen Paradigmen oder auch Darstellungen zu verbinden, ist:

$$E_{kinetic\ total} = E_{rower} + E_{boat} = E_{sys} + E_{in}$$

(1) $E_{row} + E_{boat} = \frac{1}{2} M_{row} V_{row}^2 + \frac{1}{2} M_{boat} V_{boat}^2$ (2)

$$E_{sys} + E_{in} = \frac{1}{2} M_{sys} V_{sys}^2 + \frac{1}{2} M_{in} V_{in}^2$$
 (3)

The equations 2 and 3 are equal, if:

$$M_{sys} = M_{row} + M_{boat}$$
 (4)

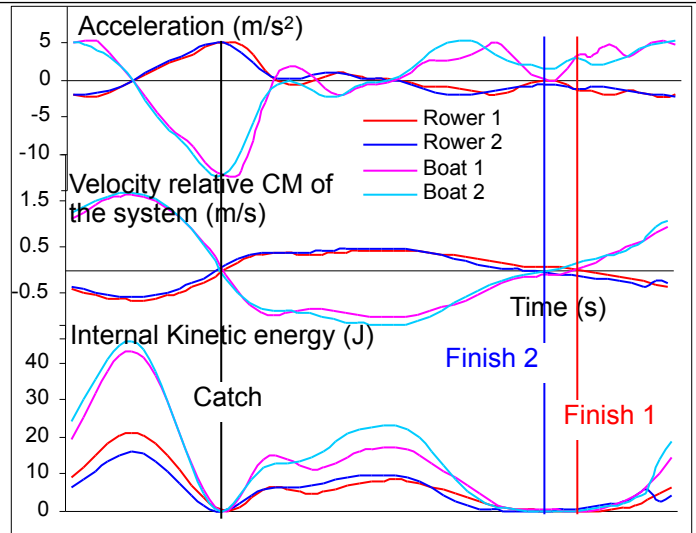
$$V_{sys} = V_{row} M_{row}/(M_{row}+M_{boat}) + V_{boat} M_{boat}/(M_{row}+M_{boat})$$
 (5)

$$M_{in} = M_{row} M_{boat} / (M_{row}+M_{boat})$$
 (6)

$$V_{in} = V_{row}-V_{boat}$$
 (7)

Jetzt ist der Unterschied zwischen den beiden Darstellungen, daß E_{in} die interne Fluktuation im Ruderer-Boot-System bestimmt und E_{sys} bestimmt die Fluktuation des CM des gesamten Systems in der externen Umgebung.

Wir haben zusätzliche Analysen durchgeführt und Geschwindigkeiten und kinetische Energie relativ zum System-CM berechnet, welche im Bild unten für zwei Ruderer in der Auslage ausgerichtet sind:



Die Tabelle unten zeigt die Trägheitsverluste in Verbindung mit interner (Schwankung von V_{row} und V_{boat}) und externer kinetischer Energie (Schwankung von V_{sys}):

	N	Ruderer Trägheit(W)	Trägheit Boot (W)	Gesamt Trägheit (W)	Energie Verluste (%)
Interne Energie	1	20.5	25.4	46.0	6.4%
Energie	2	17.9	25.5	43.4	6.5%
System Energie	1	23.6	21.5	45.2	5.6%
Energie	2	35.6	15.1	50.7	6.6%
Gesamt Energie	1	44.2	47.0	91.1	12.0%
Energie	2	53.5	40.6	94.1	13.1%

Die internen Trägheitsverluste waren bei Ruderer 1 immer noch geringer, aber mit 0,1% nur sehr wenig. Somit sollte der größte Anteil bei der Geschwindigkeitsdifferenz mit anderen Faktoren erklärt werden.

Interne und externe Trägheitsverluste sind bei diesen beiden Ruderern nahezu gleich aufgeteilt. Tatsächlich sind die externen „Verluste“ keine natürlichen: dies ist der Betrag an kinetischer Energie, die das System während des Durchzuges akkumuliert und dann beim Vorrollen wieder abgibt, um den Bremswiderstand zu überwinden. In diesem Falle kommt es auf die Auswahl des FoR an, weil zur Erzeugung der Vortriebskraft F_{prop} und Vergrößerung der

kinetischen Energie bei höheren Geschwindigkeiten V_{prop} mehr Leistung relativ zur Umgebung erforderlich ist:

$$P = F_{prop} V_{prop} = \frac{1}{2} M_{sys} (V_{cm2}^2 - V_{cm1}^2)/dt \quad (8)$$

Das ist ähnlich wie die Beschleunigung bei einem Auto, wo auch mehr Leistung des Motors bei höheren Geschwindigkeiten erforderlich ist. Deshalb sollte **FoR, basierend auf Substanz, in diesem Falle das Wasser, zur Erzeugung von Vortriebskraft, für das Gesamtsystem ausgewählt werden. Interne Trägheitsverluste sollten relativ zum System-CM berechnet werden, was sie dann denen auf dem Ergometer sehr ähnlich machen** (see RBN 2010/5).

F: Martijn Weterings fragte auch: "Hast Du auch die Effekte der Schwankungen der Bootsgeschwindigkeit auf den Bremswiderstand berücksichtigt? Ich schätze, daß Ruderer 2 bei der Geschwindigkeit hoch drei einen geringeren Durchschnitt hat.... Ich kann mir vorstellen, daß der Unterschied geringer ausfällt, wenn der Bremswiderstand berücksichtigt wird."

A: Wir haben tatsächlich herausgefunden, daß die Differenz zwischen maximaler und minimaler Bootsgeschwindigkeit während des Schlagzyklus bei Skuller 2 geringer war: 1.34 m/s verglichen mit 1.43 m/s bei Skuller 1. Wie auch immer, wenn wir diese Werte ins Verhältnis zur korrespondierenden durchschnittlichen Bootsgeschwindigkeit setzen, dann hatte Skuller 1 eine kleinere relative Amplitude bei der Schwankung der Bootsgeschwindigkeit: 24.7% verglichen mit 25.2% bei Skuller 2. Als die Energieverluste abgeschätzt wurden, fand man heraus, daß die Bootsgeschwindigkeits-Effizienz (RBN 2003/12) bei Skuller 1 auch höher war: 93.1% verglichen mit 92.3% bei Skuller 2. Das bedeutet, daß der erste Skuller nur 2,37% Bootsgeschwindigkeit verliert (8.2s über ein 2k Rennen) verglichen mit seinem weniger effizienten Gegner, der 2,64% oder 9,9 sec über 2k verliert.

Wir können schlußfolgern, daß die **Versuche, eine gleichmäßigere Bootsgeschwindigkeit mit dem Einsatz des Oberkörpers in der Auslage zu erreichen, nicht funktionieren**. Skuller 2 hatte größere Schwankungen bei der Bootsgeschwindigkeit und verlor aus diesem Grunde 0.28% mehr Bootsgeschwindigkeit (1.2s über ein 2k Rennen), was zur Gesamtdifferenz von 8,3% in der Bootsgeschwindigkeit bei diesen beiden Skullern beitrug.

Contact Us:

©2010: Dr. Valery Kleshnev, www.biorow.com