

## Ruderleistung

Vor Kurzem haben Holländische Wissenschaftler mehrere Artikel über die Ruderleistung veröffentlicht (1, 2), wo sie Zweifel über die Standarddefinitionen über diesen wichtigen Indikator der Leistung anbringen. In diesem Newsletter werde ich dieses Thema, welches ich das letzte Mal in RBN 2004/06 (3,4) diskutiert habe, noch einmal betrachten.

Leistung ist immer ein Prozess des Energietransfers. Es muß immer ein **Objekt** geben, das Energie produziert, und ein **Subjekt** auf, das die Energie angewandt wird. Die Basisgleichung für die mechanische Leistung **P** lautet:

$$P = F v \cos(\alpha) \quad (1)$$

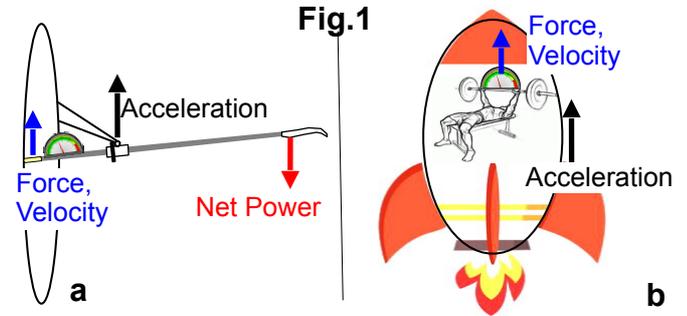
wobei die Kraft **F** und die Geschwindigkeit **v** zwischen dem **Objekt** und dem **Subjekt** stattfindet, und nicht relativ zu irgendetwas anderem, und  $\alpha$  ist der Winkel zwischen den Kraft- und Geschwindigkeitsvektoren. Die inkorrekte Modellierung des Leistungsübertrages ist ein weit verbreiteter Fehler in den Veröffentlichungen zum Rudern, wo Kräfte und Geschwindigkeiten nicht übereinstimmen, was dann zu falschen Ergebnissen führt. Dieser Fehler wurde in der Gleichung gleich am Beginn der Artikel 1, 2 gemacht:

$$\bar{P}_{\text{rower}} = -\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} (\mathbf{F}_{o,r} \cdot \mathbf{v}_{h/w} + \mathbf{F}_{f,r} \cdot \mathbf{v}_{b/w}) dt \quad (2)$$

wobei  $F_{o,r} / F_{f,r}$  die Kräfte darstellen, die das Objekt (Ruderer) auf die Subjekte (Rudergriffe, Stemmbrett) anwendet, aber  $v_{h/w} - v_{b/w}$  sind Geschwindigkeiten relativ zu „irgendetwas“ - dem „Welt“-Referenzrahmen. Wie auch immer, die äußere Welt überträgt keine Kraft und Leistung auf die Griffe und das Stemmbrett - der Ruderer tut dies, bewegt sich mit einiger Geschwindigkeit gegenüber der äußeren Welt, wir müssen uns also auf den Körperschwerpunkt (CM) des Ruderers beziehen und nicht auf die „Welt“. Gemäß der falschen Gleichung 2 hängt die Leistung des Ruderers von anderen äußeren Faktoren ab: Ein Ruderer, der mit gleicher Griffkraft und -geschwindigkeit rudert, würde mehr Leistung in größeren/schnelleren Booten oder auch bei Schiebewind erbringen, und in kleineren/langsameren Booten oder auch bei Gegenwind wäre die Leistung signifikant geringer (bis zu 20-30% Differenz), was nicht der Fall sein sollte. Zudem war der „Welt“ Referenzrahmen zum Ufer und nicht zum Wasser in Relation gesetzt worden: Auf diese Weise hängt die Ruderleistung von der Strömungsgeschwindigkeit des Flusses ab, was komplett unwahr ist.

Ich habe bereits früher drei Methoden zur Berechnung der Ruderleistung beschrieben (3, 4), die wir jetzt noch etwas detaillierter diskutieren werden. Die Methoden unterscheiden sich bei der Auswahl des Referenzsystems:

1. Die „traditionelle“ Methode basiert auf dem Boot als Rahmen;
2. „Vortriebsverlust“-Leistung bezieht sich auf die Masse des Wassers, die das Boot umgibt (nicht zur „Erde“);
3. „Leistung des Ruderers“ bezogen auf den CM des Ruderers.



In der „traditionellen“ Methode, beschrieb ich, daß das Boot kein träger Referenzrahmen ist, weil es sich mit der Beschleunigung bewegt, und dies wurde in den Artikeln, auf die ich verwiesen habe, auch so bestätigt. Das bedeutet, daß bei einer, sagen wir 2g Bootsbeschleunigung, das Bewegen einer 10kg schweren Masse 196 N Kraft benötigt werden (Anm. des Übersetzers: Im Original hat Herr Kleshnev 20kg Kraft geschrieben, was zum besseren Verständnis beitragen soll, aber nicht ganz korrekt ist), ähnlich wie beim Heben eines Gewichtes in einer beschleunigenden Rakete (Fig.1). Wie auch immer, wenn die Kraft und Geschwindigkeit direkt gemessen werden, wird das Meßgerät 196 N (20 kg, siehe Anm. weiter oben) Kraft anzeigen, somit sind die Berechnungen zur Leistung korrekt.

**Die zwischen dem Dollenstift und Rudergriff erbrachte Leistung kann „Netto-Leistung“ genannt werden. Sie wird über den Schaft auf das Blatt übertragen und ist somit die einzige Energiequelle, die das Ruderer-Boot System vorwärts treibt.**

Diese Leistung wird direkt und korrekt mit unserem **BioRowTel** System und der **NK EmPower** Dolle gemessen.

Die zweite Leistungsdefinition beschreibt die Umwandlung der Netto-Leistung am Blatt, wo sie unterteilt wird in die Vortriebsleistung (treibt das Boot vorwärts) und die Verlustleistung durch Blattschlupf. Beide Komponenten sind schwierig direkt zu messen, und daher ist diese Methode nicht praktikabel.

Die dritte Definition der Leistung hat den Ruderer zum Referenzrahmen und kann als „Brutto-Leistung“ bezeichnet werden. Die wird sowohl an die Griffe und das Stemmbrett in einem Verhältnis von etwa 60%/40% abgegeben. Die Bruttoleistung ist etwa 4-7% höher als die Nettoleistung. Das kommt durch Trägheitsverluste, die bei der relativen Bewegung von Ruderer und Boot entstehen (RBN 2010/05). Brutto-Leistung ist in seiner Bestimmung auch nicht sehr praktikabel: Die Messung der horizontalen Stemmbrettkraft ist kompliziert, und auch die Bestimmung der Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes des Ruderers ist recht schwierig. Die Definition der Brutto-Leistung könnte auch auf die Energie, die der Ruderer für die vertikale Bewegung der Ruder braucht,

Reibungsverluste beim Rollsitze etc. ausgeweitet werden. Also ist auch diese Methode recht unsicher.

Fig.2

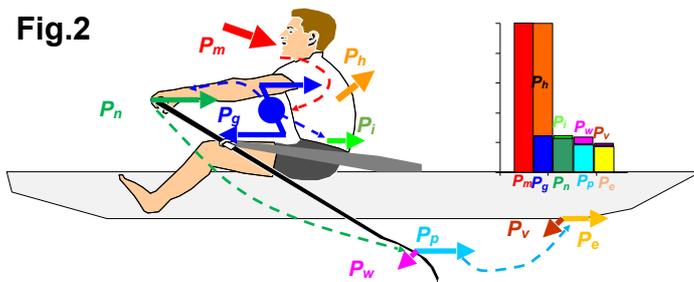


Fig. 2 zeigt schematisch die Energieumwandlung im Ruderer-Boot System. Der Ruderer nimmt metabolische Energie  $P_m$  auf und erbringt mechanische Brutto-Leistung  $P_g$  am Rudergriff und dem Stembrett an (24-28% von  $P_m$ ), während 72-76% von  $P_m$  Abwärme des Ruderers ist und für die mechanische Ruderleistung nicht zur Verfügung steht. Etwa 6% von  $P_g$  geht in Trägheitsverluste  $P_i$  und 94% geht in die Netto-Leistung  $P_n$  ans Blatt, wo sie in Vortriebsleistung  $P_p$  (etwa 80%) und Verlustleistung  $P_w$  (20%) aufgewandt wird. Etwa 6% von  $P_p$  geht durch Schwankungen der Bootsgeschwindigkeit ( $P_v$ ) verloren und der Rest ist die effektive Vortriebsleistung  $P_e$ .

Schlußfolgerung: **Die Netto-Leistung, die vom Ruderer auf seine Außenumgebung übertragen wird, ist der wichtigste Indikator zur Auswertung der Ruderleistung. Diese wird korrekt und verlässlich mit den BioRowTel und NK EmPower Systemen gemessen.**

#### References

1. Hofmijster M., Lintmeijer L., Beek P., van Soest K. (2018) Mechanical power output in rowing should not be determined from oar forces and oar motion alone, *Journal of Sports Sciences*, 36:18, 2147-2153
2. Lintmeijer L., Hofmijster M., Fishedick G., Zijlstra P., Van Soest A. (2018) Improved determination of mechanical power output in rowing: Experimental results, *Journal of Sports Sciences*, 36:18, 2138-2146
3. Kleshnev V. (2000) Power in rowing. *Proceedings of XVIII Congress of ISBS*, (2) Chinese University of Hong Kong, 662-666
4. Kleshnev V. (2016) *The Biomechanics of Rowing*. Crowood Press. 190 p. ISBN 978 1 78500 133 8.