

Arbeit pro Schlag

Diese sehr wichtige Variable wird von vielen Trainern und Ruderern noch nicht sehr oft genutzt. Wir fokussieren uns nun auf die Arbeit pro Ruderschlag (WpS) und definieren ihre wichtigsten Beziehungen zur Leistung des Ruderers.

WpS kann als Integral (Summe) der Produkte der augenblicklichen Kraft F und linearer Verschiebung ΔL , oder des Drehmomentes M und Winkelverschiebung $\Delta\phi$ über die Durchzugszeit definiert werden:

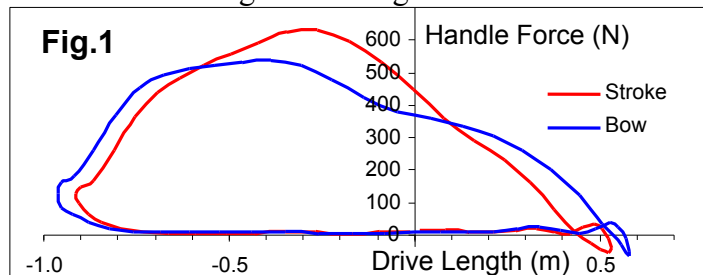
$$WpS = \int F \Delta L = \int M \Delta\phi \quad (1)$$

Die Hauptdeterminante dabei ist die Ruderleistung P , die durch die WpS pro Zeiteinheit T (s), oder als das Produkt von WpS und Schlagfrequenz R (1/min) dargestellt wird:

$$P = WpS / T = WpS R / 60 \quad (2)$$

Somit kombiniert die WpS zwei der drei Hauptkomponenten der Leistung: Kraft und Schlaglänge, aber sie schließt die dritte aus - die Schlagfrequenz. Da die WpS nicht von der Schlagfrequenz abhängt, ist sie ein sehr nützlicher Indikator für die Effektivität des Ruderschlages bei verschiedenen Trainings- und Wettkampfintensitäten: vom langen ruhigen EXA rudern bis zu kurzen Sprints.

Wenn die Griffkraft relativ zur Durchzugslänge oder Ruderwinkel aufgetragen wird, dann ist die WpS gleich der Fläche unter der Kraftkurve. Fig.1 zeigt ein Beispiel von Kraftkurven in einem Zweier-ohne, wo die WpS vom Schlag- und Bugmann dieselbe ist, aber Kraft und Schlaglänge sind recht verschieden: Der Schlagmann hat ein höheres Kraftmaximum, aber einen kürzeren Schlag als der Bugmann.



Was ist nun besser, um die WpS zu steigern: Maximieren der Durchzugslänge oder Steigern der Kraft? Selbstverständlich ist es nicht möglich, eine einzige Antwort für alle Ruderer zu geben, weil das optimale Verhältnis von Länge und Kraft sehr individuell ist und von den Umständen (Bootstyp,

Geschwindigkeit und Art der Belastung) abhängt. Die folgenden Überlegungen können dabei helfen, das Optimum zu finden.

Da WpS das Produkt von Schlaglänge und Kraft ist, erfordert das Verkürzen des Ruderschlages um, sagen wir, 1%, dasselbe 1% höhere durchschnittliche Kraft, um eine konstante WpS aufrechtzuerhalten. Bei Werten der Schlaglänge von 1,6m und einer durchschnittlichen Kraft von 350N (durchschnittliche Zielwerte bei den 14 Olympischen Bootsklassen), erfordert ein um 1.6cm kürzerer Ruderschlag (etwa 1.1Grad beim Skullen und 0.9Grad beim Riemenrudern) 3.5N höhere durchschnittliche Kraft und 6,5N höhere Maximalkraft (bei einer konstanten Form der Kraftkurve mit einem Verhältnis von 55% von Durchschnitts- zur Maximalkraft). Diese Zahl variiert abhängig von der Kategorie der Ruderer (von 5,5N bei Leichtgewichts-Frauen bis 8,5N bei Schwergewichts-Männern) und der Form der Kraftkurve: sie kann bis auf 10N bei einer „dünnen“ Form der Kraftkurve mit einem Verhältnis von 45%, was sehr verbreitet ist bei Anfängern und fortgeschrittenen Ruderern. Auch bei kürzeren Ruderschlägen ist es recht wahrscheinlich, daß die Kraftkurve „dünner“ wird (Korrelations Faktor $r=0.42$), weil eine kürzere Auslage die Hebelübersetzung leichter macht (RBN 2007/03), was auch schnellere Bewegung beim Fassen erfordert, und somit ist es schwerer, die Kraft schnell genug anzusteigern. Eine ganz grobe Annäherung: 1° kürzere Schlaglänge würde bis zu 1 kg (10N) höhere Maximalkraft erfordern, um die Arbeit pro Ruderschlag konstant zu halten, und umgekehrt. Es gibt zwei weitere Faktoren zu berücksichtigen für die Auswahl eines optimalen Verhältnisses von Schlaglänge zu Kraft:

1. Ruderrhythmus. Eine kürzere Schlaglänge verkürzt die Durchzugszeit und verkleinert den Ruderrhythmus (RBN 2012/05), und umgekehrt Das gibt mehr Zeit zum Vorrollen, aber die Vortriebsphase wird verkürzt. Somit ist die Schlaglänge wichtig, sie sollte aber nicht zu lang sein, sonst muß der Ruderer beim Vorrollen in die Auslage stürzen.
2. Ausdauer Faktor. Bei längeren Distanzen ist es schwieriger, die hohe Kraft aufrechtzuerhalten als einen langen Ruderschlag. Während bei Sprints die Ruderer normalerweise die Schlaglänge bei höheren Kräften verkürzen.

Um WpS bei verschiedenen Schlagfrequenzen miteinander zu vergleichen, haben wir eine Methode entwickelt, die nur die Angaben von Geschwindigkeit und Schlagfrequenz erfordert (1, RBN 2004/03, 2005/10, 2007/10). Die folgende Tabelle zeigt die Zielwerte für die WpS für die Olympischen Bootsklassen, die erforderlich sind, um die prognostizierten Bootsgeschwindigkeiten zu erreichen (auf dem Niveau von Weltrekordzeiten, RBN 2012/07). Die rechte Säule zeigt die 500m Splitzeiten auf einem Concept2 Ergometer, die mit den Zielwerten für die WpS bei verschiedenen Schlagfrequenzen korrespondieren.

Boots- typ	Ziel zeit	Ziel freq uenz	Wp S (J)	500m erg splits					
				20	24	28	32	36	40
M1x	06:32 .5	37	89 2	1: 46	1: 39	1: 34	1: 30	1: 27	1: 24
M2x	06:02 .1	39	84 6	1: 47	1: 41	1: 36	1: 32	1: 28	1: 25
M4x	05:33 .2	40	82 5	1: 48	1: 42	1: 37	1: 33	1: 29	1: 26
M2-	06:08 .0	38	78 9	1: 50	1: 43	1: 38	1: 34	1: 30	1: 27
LM2 x	06:07 .2	36	78 3	1: 50	1: 44	1: 39	1: 34	1: 31	1: 28
M4-	05:37 .0	40	75 0	1: 52	1: 45	1: 40	1: 36	1: 32	1: 29
M8+	05:18 .6	41	73 2	1: 53	1: 46	1: 41	1: 36	1: 33	1: 30
LM4 -	05:42 .0	40	70 5	1: 54	1: 47	1: 42	1: 38	1: 34	1: 31
W1x	07:11. 5	35	68 6	1: 55	1: 48	1: 43	1: 39	1: 35	1: 31
W2-	06:52 .9	36	66 7	1: 56	1: 49	1: 44	1: 39	1: 36	1: 32
W2x	06:39 .5	37	64 9	1: 57	1: 50	1: 45	1: 40	1: 37	1: 33
W4x	06:08 .5	38	63 2	1: 58	1: 51	1: 46	1: 41	1: 37	1: 34
W8+	05:53 .1	39	61 5	1: 59	1: 52	1: 47	1: 42	1: 38	1: 35
LW2 x	06:47 .0	36	55 0	2: 04	1: 57	1: 51	1: 46	1: 42	1: 38

Für verschiedene Zielgeschwindigkeiten können die korrespondierenden Prozentwerte der obigen Splitzeiten genutzt werden, aber die **WpS** Werte sollten als die Proportion der Zielzeit hoch³ ausgewechselt werden: z.B. 10% geringere Geschwindigkeit korrespondiert zu etwa 27% geringerer **WpS** ($0.9^3 = 0.73$). Diese Tabelle kann dabei helfen, eine optimale Kombination von Schlaglänge und Kraft bei verschiedenen Streckenlängen und Intensitäten zu finden.

Referenzen

Kleshnev V. (2006) *Method of analysis of speed, stroke rate and stroke distance in aquatic locomotion*. In: *XXII International Symposium on Biomechanics in Sports, Salzburg*. pp 104-107.