

Vortriebsleistung und Blatteffizienz

Die verfeinerte Bilanz der Vortriebskräfte, welche wir in RBN 08/2021 erhielten, erlaubt uns die akkurate Analyse des Leistungsübertrages vom Blatt zur Bewegung des Ruderer-Boot-Systems, was ja der zentrale Punkt der Ruder Biomechanik ist. Die Beschreibung der Meßmethoden und das Koordinatensystem wurden früher bereits dargestellt und werden hier angewandt, um die Vortriebskraft $F_{sys,p}$, die auf den Schwerpunkt (CM) des Ruderer-Boot-Systems einwirkt, abzuleiten. Die Bremskraft F_{drag} , die auf den Bootskörper einwirkt, wurde mit der in RBN 01/2019 beschriebenen Methode ermittelt. Die Gesamtkraft F_{sys} , die auf den Systemschwerpunkt CM einwirkt, wurde berechnet als:

$$F_{sys} = F_{sys,p} + F_{drag} \quad (1)$$

Wenn wir die gesamte Kraft, die auf das System F_{sys} und seine Massen m_{sys} (die Summe der Ruderer-, Boots- und Rudermassen) einwirkt, haben, dann kann die Beschleunigung des Systemschwerpunktes CM a_{sys} abgeleitet werden:

$$a_{sys} = F_{sys} / m_{sys} \quad (2)$$

Die momentane Geschwindigkeit des Systemschwerpunktes CM v_{sys} erhält man durch Integration von seiner Beschleunigung a_{sys} , die dann um den Betrag der durchschnittlichen Rudergeschwindigkeit versetzt wird (vorausgesetzt, sie ist gleichmäßig). Die momentane Vortriebsleistung $P_{sys,p}$, die an den Systemschwerpunkt CM abgegeben wird, ist das Produkt der Vortriebskraft und der Geschwindigkeit von CM:

$$P_{sys,p} = F_{sys,p} v_{sys} \quad (3)$$

Da die Vortriebskraft des Blattes $F_{bl,p}$ die einzige externe Kraft ist, die auf das System einwirkt, ist es auch möglich, die Vortriebsleistung des Blattes $P_{bl,p}$ abzuleiten:

$$P_{bl,p} = F_{bl,p} v_{sys} \quad (4)$$

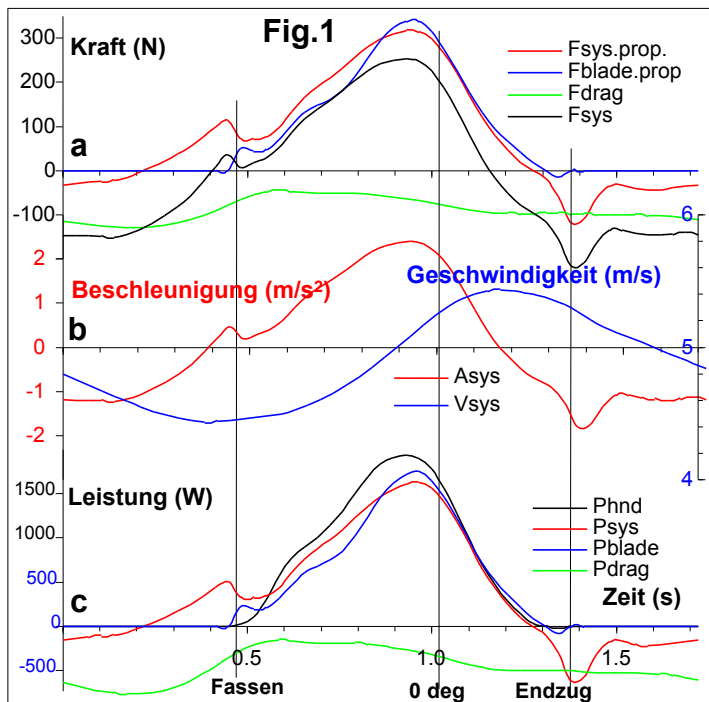
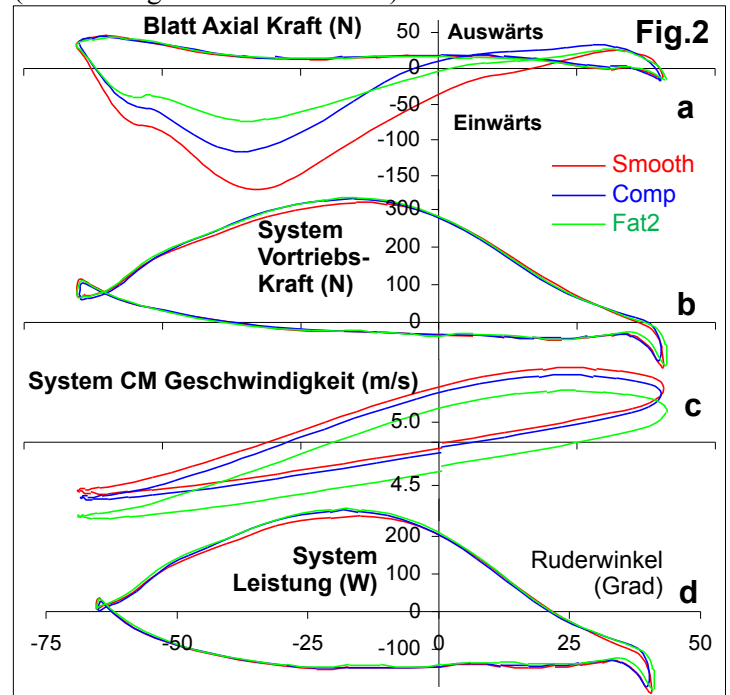


Fig.1 zeigt oben die Variablen in einem M1x bei 34.8spm (C2 Smoothie blades). Die traditionell abgeleitete Griffleistung P_{hnd} wird auch angezeigt. Alle drei Leistungskurven (c) haben ähnliche Größenordnungen

während des letzten Drittels im Durchzug. Am Anfang jedoch war die Griffleistung am Höchsten (als Quelle des Energieeintrages), die Blattleistung war am Kleinsten (nach den Verlusten durch des Blattschlupf), und die Systemleistung war dazwischen (die Rotationsträgheit der Ruder wurde zur Blattleistung addiert).

Bei der Anwendung dieser drei Leistungsarten ist es möglich die Effizienzen im Prozess des Leistungsübertrages als ihre Verhältnisse zu den Durchschnittswerten über den Schlagzyklus abzuleiten. Diese Analyse wurde auf die vor Kurzem in einem M1x mit drei verschiedenen Blattarten erhaltenen Daten angewandt: Smoothie, Comp und Fat2 (Abmessungen in RBN 11/2020).



Rudergeschwindigkeit und -leistung (Fig.2, Tab.1) waren im ersten Lauf mit den Smoothie Blättern am Höchsten; der Brutto DF war sehr ähnlich, was die gleichbleibenden Wetterbedingungen bestätigt.

Tabelle 1	Schlagfrequenz (spm)	Geschwindigkeit (T2000)	Griffleistung Phnd (W)	DF (kg/m)	Blattleistung Pblade (W)	Systemleistung Psys (W)
Smooth	34.8	6:49.3	480.2	3.00	395.6	367.4
Comp	35.2	6:53.4	471.8	3.02	405.8	383.6
Fat2	34.5	7:05.8	449.8	3.01	394.9	362.4

Die Blatteffizienz (Tab.2), die mit dem Blattschlupf definiert wird (RBN 06/2018) war bei den Smoothies am Höchsten, aber diese Blätter hatten das geringste Verhältnis von Blatt- zu Griffleistung, was mit der höheren axialen Blattkraft beim Smoothie Blatt zusammenhängen kann, die eine höhere Bremskraft erzeugt (Fig.2,a). Das Verhältnis von System- zu Blattleistung war bei den Comp Blättern am Höchsten (weniger axiale Kraft als bei den Smoothies) und am Geringsten bei den Fat2. Das kann mit dem kürzeren Außenhebel, damit höherer Blattkraft, mehr Blattschlupf und damit die geringste Effizienz für das Fat2 erklärt werden.

Tabelle 2	Effizienz Blatt Schlupf <i>Eblade. Slip.</i>	Effizienz Blatt/Griff <i>Eblade/ handle</i>	Effizienz System/ Blatt <i>Esys/ blade</i>	Effizienz System/ Griff <i>Esys/ handle</i>	Durch- schnittliche Effizienz
Smooth	78.2%	82.4%	92.9%	76.5%	77.4%
Comp	77.8%	86.0%	94.5%	81.3%	79.5%
Fat2	74.7%	87.8%	91.8%	80.6%	77.6%

Da die Größenordnungen von *Eblade.slip* und *Esys/handle* recht ähnlich waren, ist es immer noch nicht ganz klar, welche wichtiger ist. Daher wurden ihre durchschnittlichen Werte als eine Gesamteffizienz genommen. Basierend auf dem sind die **Comp Blätter mit 79.5% die Effizientesten, Fat2 waren die Zweiten mit 77.6% und die Smoothies mit 77.4% die Letzten. Mit den obigen Größenordnungen von Rudergeschwindigkeit und -leistung würden die Comp Blätter über 2km 3,4s schneller als die Fat2 Blätter sein und 3,9s schneller als die Smoothie Blätter.** Ganz ähnliche Ergebnisse erhielten wir auch bei niedrigeren Schlagfrequenzen von 20, 25, 30spm. Mehr detailliertere Diskussion wird folgen...

***Danksagungen:** Vielen Dank an Concept2 Inc. und insbesondere an Dick Dreissigacker und Alex Dunne für ihr Interesse und freundliche Unterstützung bei dieser Studie.*

©2021 Dr. Valery Kleshnev www.biorow.com