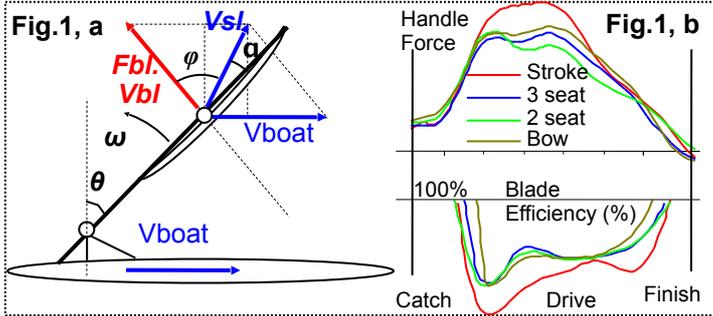


**Blatt Vortriebseffizienz und -effektivität**

Wir haben bereits das Thema der Vortriebseffizienz des Blattes angeschnitten (1, 3, RBN 2007/12) und werden es nun weiter diskutieren: was sie bedeutet, wie sie beurteilt und verbessert werden kann.



Wie wir uns erinnern, wurde die Blatteffizienz  $E_{bl}$  als das Verhältnis der folgenden Leistungen abgeleitet (Fig.1, a):

$$E_{bl} = (P_{tot} - P_w) / P_{tot}$$

(1)

Wobei  $P_{tot}$  die Gesamtleistungsproduktion des Ruderers ist,  $P_w$  ist die Verlustleistung, die in Wasserbewegung am Blatt verbraucht wird. Diese augenblicklichen Leistungen werden folgendermaßen abgeleitet:

$$P_{tot} = F_{bl} V_{bl}$$

(2)

Wobei  $F_{bl}$  die Blattkraft ist,  $V_{bl}$  ist die Blattgeschwindigkeit relativ zum Bootsreferenzrahmen, und

$$P_w = F_{bl} V_{sl} \cos \varphi$$

(3)

Wobei  $V_{sl}$  die Geschwindigkeit des Blattschlupfes relativ zum Wasser ist,  $\varphi$  ist der Winkel zwischen den Vektoren von dieser Geschwindigkeit  $V_{sl}$  und der Blattkraft  $F_{bl}$ . Der Winkel  $\varphi$  ist der umgekehrte Angriffswinkel  $a$  (angenommen, die Blattkraft ist rechtwinklig zu seiner Oberfläche), so ist:

$$\cos \varphi = \cos(90 - a) = \sin a$$

(4)

Die Kombination der Gleichungen 1 - 4 und  $F_{bl}$  ausgeklammert, bekommen wir:

$$E_{bl} = (V_{bl} - V_{sl} \sin a) / V_{bl} = 1 - (V_{sl} \sin a) / V_{bl}$$

(5)

Dann nehmen wir die allgemeine Gleichung für die Bremskraft:

$$F_{bl} = k \rho A V_{sl}^2$$

(6)

Wobei  $\rho$  die Dichte des Wassers ist,  $A$  ist die Blattfläche,  $k$  ist der kombinierte Dragfaktor des Blattes, der von der Blattform und dem Angriffswinkel abhängt (letzterer definiert ein Verhältnis von Lift- und Bremsfaktoren, siehe 2). Somit kann der Blattschlupf  $V_{sl}$  wie folgt definiert werden:

$$V_{sl} = (F_{bl} / (k \rho A))^{0.5}$$

(7)

Wenn wir  $V_{sl}$  in in der Gleichung 5 ersetzen, erhalten wir:

$$E_{bl} = 1 - ((F_{bl} / (k \rho A))^{0.5} \sin a) / V_{bl} = 1 - \sin a / (k \rho A)^{0.5} * F_{bl}^{0.5} / V_{bl}$$

(8)

Diese Gleichung kann bei der Beantwortung folgender Frage nützlich sein: **Welche Faktoren beeinflussen die Vortriebseffizienz des Blattes?**

1. Die Blatteffizienz ist höher, wenn der Angriffswinkel spitzer ist ( $\sin a$  ist niedriger). Bei  $a=0$  (die Blattgeschwindigkeit ist parallel zu seiner Achse) ist das Blatt absolut effizient ( $E_{bl}=100\%$ ). Dieser Effekt kann „ein idealer Hydrolift“ genannt werden, wenn die Vektoren von Kraft und Geschwindigkeit am Blatt rechtwinklig zueinander sind und die Energieverluste durch Bremswiderstand null sind.
2. Die Blatteffizienz ist höher, wenn einer der Multiplikatoren  $k \rho A$  größer wird: die Blattform ist effizienter ( $k \uparrow$ ), und/oder die Wasserdichte ist höher ( $\rho \uparrow$ ), und/oder die Blattfläche ist größer ( $A \uparrow$ ).
3. Die Blatteffizienz ist höher, wenn das Verhältnis  $F_{bl}^{0.5} / V_{bl}$  geringer wird, d.h. die Blattkraft wird kleiner, aber die Blattgeschwindigkeit wird größer. Das passiert normalerweise am Ende des Durchzuges (Fig.1, b), was das Ansteigen der Effizienzkurve erklärt. Die Effizienz ist 100%, wenn die Blattkraft null ist, d.h. der Ruderer zieht nicht, aber das Blatt bewegt sich immer noch im Wasser. Wenn die Blattkraft negativ ist ( $F_{bl} < 0$ ), kann die Blatteffizienz nicht mit Gleichung 8 definiert werden. Wie auch immer, aus Gleichung 1 geht hervor, daß  $E_{bl}$  höher als 100% sein kann, wenn  $P_w$  negativ ist. Das bedeutet, daß die Energie nicht zur Bewegung des Wassers aufgewandt wird, sondern von ihm aufgenommen wird und zur Gesamtleistung des Ruderers addiert wird, d.h. der Ruderer nimmt sie mit.

Die ersten beiden Punkte oben können genutzt werden, um den Energieverlust durch Blattschlupf im Wasser zu verringern, obwohl die Wasserdichte vorgegeben ist und die Möglichkeiten, den Angriffswinkel, Blattform und Blattfläche zu verbessern, recht beschränkt sind. Der dritte Punkt ist recht kontrovers:

- Das Verhältnis von Blattkraft und -geschwindigkeit kann mit der Übersetzung von Innen- und Außenhebel verändert werden: bei einem zweimal längeren Außenhebel und gleichem Innenhebel verringert sich die Blattkraft um die Hälfte, aber seine Geschwindigkeit verdoppelt sich. Wie auch immer, die Kraft in Gleichung 8 ist in der Quadratwurzel, somit verringert sich das Verhältnis  $F_{bl}^{0.5} / V_{bl}$ , was erklärt, warum **die Blatteffizienz mit härterer Übersetzung höher ist** (RBN 2011/09).
- Bei gleichem Blattschlupf  $V_{sl}$  ist die Blattgeschwindigkeit  $V_{bl}$  (relativ zum Boot) direkt proportional zur Bootsgeschwindigkeit  $V_{boat}$ . Dies erklärt, warum **die Blatteffizienz in schnelleren /**

**größeren Booten höher erscheint** (3), obwohl der reale Schlupf derselbe sein kann.

- Das Vergrößern der Blatteffizienz mittels Verringern der Blattkraft macht keinen Sinn, weil es die Gesamt- und damit die Vortriebsleistung reduziert - die ja das Hauptziel beim Rudern ist. **In einer Mannschaft hat normalerweise der stärkste Ruderer die geringste Blatteffizienz und umgekehrt** (Fig.1, b). Deshalb ist eine Korrelation zwischen der durchschnittlichen Kraft und der Blatteffizienz in einer Mannschaft negativ ( $r = -0.48$ ).

Schlußfolgerung: In seiner gegenwärtigen Definition **kann die Vortriebseffizienz des Blattes nur beschränkt zur Beurteilung der Qualität von Material und Fertigkeiten der Ruderer, und nur bei konstanter Blattkraft und -geschwindigkeit, herangezogen werden.** Es sollte eine andere Methode zur Beurteilung der kombinierten Blatteffektivität gefunden werden.

### ***Referenzen***

1. Affeld, K., Schichl, K., Ziemann, A. (1993). Assessment of rowing efficiency. International journal of sports medicine, 14, S39 S41.
2. Caplan N., Gardner T., (2006) A fluid dynamic investigation of the Big Blade and Macon oar blade designs in rowing propulsion. Journal of Sports Sciences, 1 – 8
3. Kleshnev V. (1999) Propulsive efficiency of rowing. In: Proceedings of XVII International Symposium on Biomechanics in Sports, Perth, Australia, p. 224-228.

©2012: Dr. Valery Kleshnev [www.biorow.com](http://www.biorow.com)