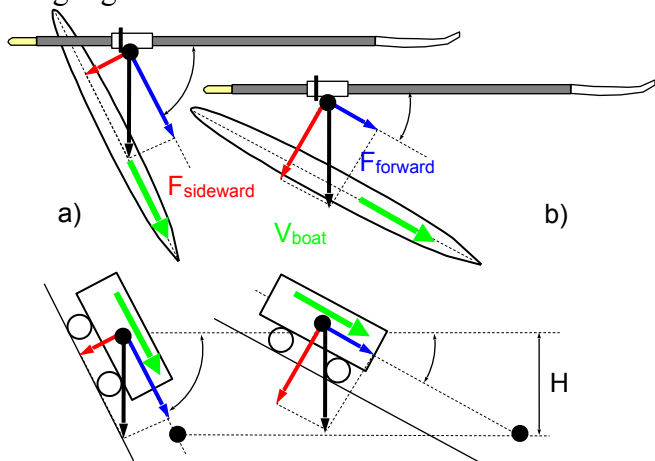


**Frage&Antwort**

? Wir erhalten eine Menge Kommentare und Fragen, die wie folgt lauten:“Das Anwenden einer hohen Kraft in der Auslage ist nicht effizient, weil es den Dollenstift nach innen drückt und damit Leistung verschwendet wird. Warum sagst Du uns, daß eine Vorderzugbetonte Kraftkurve effizienter ist?“

✓ Wir möchten die Antwort in zwei Teile aufteilen:

1) **Warum ist eine weite Auslage keine Energieverschwendung?** In den 1960er-70er Jahren gab es die weit verbreitete Vorstellung, daß ein großer Auslagewinkel ineffizient sei, und wir lesen das immer noch in einigen Artikeln und Kommentaren. Das Bild unten veranschaulicht die Dollenstiftkräfte bei verschiedenen Ruderwinkeln im Vergleich mit ähnlichen Kräften, die auf einen Wagen auf einem Gefälle mit verschiedenen Neigungen wirken:

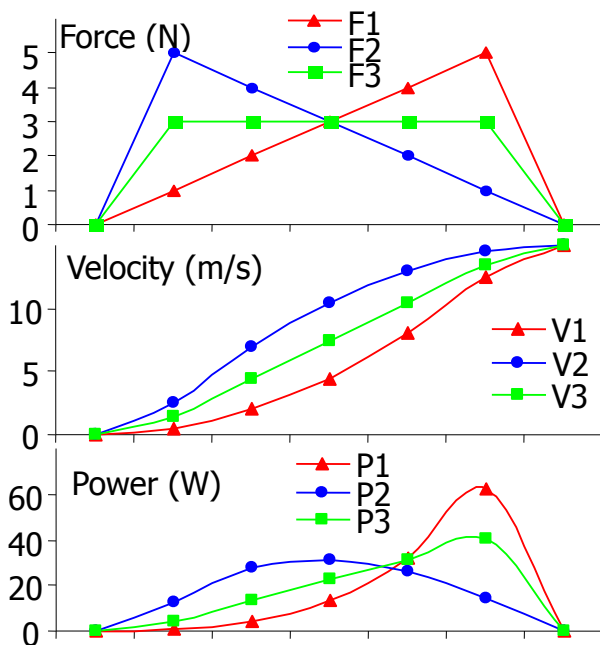


In beiden Fällen agiert die resultierende Kraft im Winkel zum Geschwindigkeitsvektor und kann in rechtwinklige und parallele Komponenten zerlegt werden. Die Leistung ist das Skalarprodukt von der Geschwindigkeits- und Kraftkomponente und parallel zu ihm. Das Skalarprodukt von zwei rechtwinklig zueinander stehenden Vektoren ist gleich null, somit **erzeugt die seitwärts gerichtete Kraft keine Leistung und kann damit selbst auch keine Energieverschwendung verursachen.** Die Analogie mit dem Wagen zeigt uns, daß die resultierende Kraft bei jedem Winkel den gleichen Betrag an Arbeit proportional zur Verschiebung des Masseschwerpunktes in der Höhe H erzeugt. Schlußendlich wird der Wagen bei jedem Steigungswinkel die gleiche Geschwindigkeit erreichen, wenn keine

Reibung auf ihn einwirkt. Die Unterschiede finden sich nur bei der Beschleunigung und der Zeit. Mit einem kleineren Ruderwinkel und einer höheren Steigung (a) ist  $F_{forward}$  größer, was eine größere Beschleunigung erzeugt. Mit einem größeren Ruderwinkel und einer flacheren Steigung (b) ist die Beschleunigung geringer und es braucht länger, um die Endgeschwindigkeit zu erreichen. Es wirkt wie die Gangschaltung im Auto: Man kann bei gleichem Drehmoment des Motors in einem niedrigeren Gang eine höhere Beschleunigung erreichen. Ein höherer Gang erfordert bei höheren Geschwindigkeiten weniger Umdrehungen pro Minute vom Motor. Schlußfolgerung: **ein weiterer Auslagewinkel macht die Ruderübersetzung härter**, erzeugt aber keine Energieverschwendung.

2) **Warum ist ein Vorderzugbetonter Durchzug effizienter?** Laßt uns ein einfaches Modell für die Analyse der Kraftkurve nutzen. Man stelle sich drei Kraftkurven vor: F1 (Endzugbetont) wächst von 0 bis 5N mit einfacher arithmetischer Progression an, F2 (Vorderzugbetont) springt auf 5N und verringert sich dann, F3 ist konstant bei durchschnittlich 3N. Man stelle sich vor, daß jede dieser drei Kräfte auf eine Körpermasse von 1kg einwirken. Wir können die Beschleunigung des Körpers, seine Geschwindigkeit und aufgebrauchte Leistung ableiten:

T(s)	Kraft (N)			Geschwindigkeit (m/s)			Leistung (W)		
	F1	F2	F3	V1	V2	V3	P1	P2	P3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	5	3	0.5	2.5	1.5	0.5	12.5	4.5
2	2	4	3	2.0	7.0	4.5	4.0	28.0	13.5
3	3	3	3	4.5	10.5	7.5	13.5	31.5	22.5
4	4	2	3	8.0	13.0	10.5	32.0	26.0	31.5
5	5	1	3	12.5	14.5	13.5	62.5	14.5	40.5
6	0	0	0	15.0	15.0	15.0	0	0	0
Sum	15	15	15				113	113	113



In allen drei Fällen haben wir den gleichen Betrag von Kraft und Leistung und die gleiche Endgeschwindigkeit des Körpers. Die Vorderzug-betonte Kurve F2 erzeugt die gleichmäßigste Leistungsverteilung. Die Endzug-betonte Kurve F1 erfordert das Doppelte der Peakleistung. Beim Rudern würde dieses späte Leistungsmaximum den Oberkörper und die Arme, die ja schwächer als die Beine sind, überlasten.

Deshalb ist **einer der Vorteile des Vorderzug-betonten Durchzuges beim Rudern eine gleichmäßigere Leistungsverteilung**, wenn der Griff beschleunigt wird. Auf Ergometern ist der Vorteil wegen der gleichmäßigeren Griffgeschwindigkeit kleiner (RBN 03/2005). Athleten mit einem späten Kraftmaximum erreichen wahrscheinlich mehr Erfolg auf dem Ergometer.

### **Contact Us:**

✉ ©2006 Dr. Valery Kleshnev, EIS, Bisham Abbey  
[www.biorow.com](http://www.biorow.com) e-mail: [kleval@btinternet.com](mailto:kleval@btinternet.com)