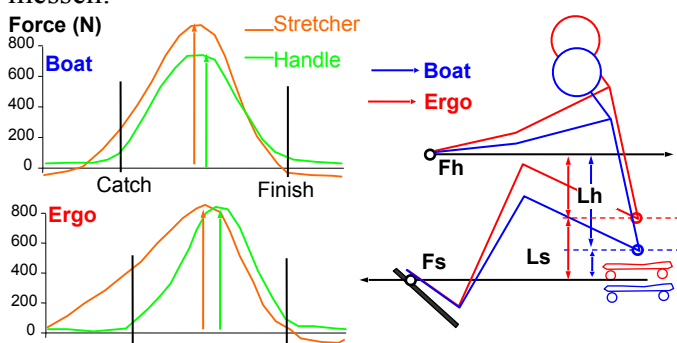


## Ideen. Was wäre, wenn...

In RBN 10/2003 und 03/2005 erklärten wir, daß beim Rudern im Boot die Stembrettkraft etwa 40% höher ist als die Griffkraft, aber auf einem Ergometer die Kräfte nahezu gleich sind. Wie können die Ruderer ihre Anstrengungen anpassen, um solch verschiedene Kräfte zu erzeugen? Wir nutzten das Modell von Einar Gjessing (RBN 07/2008), um dieses Phänomen zu erklären. Wir modifizierten das Modell und leiteten die Hebel der horizontalen Komponenten der Kraftvektoren relativ zu den Hüftgelenken ab, weil dies der Weg ist, wie die Kräfte das Ruderer-Boot-System bewegen und wir sie nur in dieser Richtung messen:



Wenn wir die Trägheitskräfte, die im Mittelzug klein sind, vernachlässigen, dann ist:

$$F_h L_h = F_s L_s \quad \text{or} \quad F_h / F_s = L_s / L_h$$

Die Größen der Griff- ( $F_h$ ) und Stembrettkräfte ( $F_s$ ) sind umgekehrt proportional zu ihren korrespondierenden Hebeln, relativ zum Hüftgelenk,  $L_h$  und  $L_s$ . Das bedeutet, daß auf einem Ergometer die Hebel gleich sein müssen, während im Boot der Hebel für die Griffkraft  $L_h$  länger als der Hebel für die Stembrettkraft  $L_s$  sein muß.

Die praktische Bedeutung dieses Fundes ist, daß die Höhe der Hüfte im Boot dichter am Stembrett als am Griff sein muß, während auf dem Ergometer die Hüfte gleich weit weg von den Ansatzpunkten der Griff- und Stembrettkraft sein muß. Wenn wir annehmen, daß die Höhe von Stembrett zum Griff in beiden Fällen gleich ist, dann muß der Rollsit im Boot tiefer und auf dem Ergometer höher sein. Wenn die Sitzhöhen gleich wären, dann müßte der Ruderer die Kräfte auf verschiedene Weise ansetzen, mehr Druck mit den Zehen im Boot und mehr mit den Fersen auf dem Ergometer, höhere Zughöhe der Griffe im Boot und niedriger auf dem Ergometer.

Wie hoch sollte der Rollsit sein, wenn das Ergometerrudern dem Rudern im Boot so ähnlich wie möglich sein soll? Es wurden Berechnungen für eine Höhe der Hüftgelenke von 10cm über dem Rollsit und einer Dollenhöhe von 15cm über dem Rollsit gemacht (mit gleicher Griffhöhe im Boot und 22cm auf dem Ergometer). Man fand heraus, daß der Rollsit im Boot 1,5cm **niedriger** als der Ansatzpunkt der

Stembrettkraft sein muß, aber 1,5cm **höher** auf dem Ergometer, was dann bedeutet, daß **die Sitzhöhe relativ zum Stembrett auf dem Ergometer etwa 3cm höher als im Boot sein muß.**

Offenbar ist das Bild in der Realität nicht so einfach. Während des Durchzuges ändert sich wegen der Trägheitskräfte das Verhältnis von Griff- zu Stembrettkraft signifikant. Auf einem stationären Ergometer ist die Stembrettkraft bei der Druckaufnahme viel höher, der Ruderer muß also viel mehr mit den Zehen treten. Im Gegensatz dazu sollte im Endzug mehr Stembrettkraft durch die Fersen gehen.

Wie können unsere Funde zu früheren Studien ins Verhältnis gebracht werden? Caplan und Gardner (3) fanden, daß eine höhere Stembretteinstellung auf dem Ergometer eine größere Leistungserzeugung erlaubt. Sie schlugen vor, daß "diese Verbesserung der Effektivität von der Reduktion der abwärts gerichteten vertikalen Kräfte, die auf das Stembrett ausgeübt werden und nichts zum Vortrieb beitragen, kommt, und damit eine Reduktion der Energieverschwendung mit jedem Ruderschlag einhergeht". Wie auch immer, die vertikalen Kräfte erzeugen in diesem Falle keine Energie, weil es keine signifikante vertikale Bewegung beim Stembrett, am Griff oder beim Rudererschwerpunkt (CM) gibt. Im Gegensatz dazu erklärt unser Modell diese Tatsache perfekt; eine höhere Position des Stembrettes verkürzt die Hebel  $L_s$  und  $L_h$ , welche auf dem Ergometer gleich lang sein müssen, und erlaubt die Anwendung von höheren Stembrett- und Griffkräften bei gleichem muskulärem Drehmoment.

Soper und Hume (4) fanden, daß sich "die 2000m Ergometerleistung mit einem steileren Stembrettwinkel verbessert". Sie erklären diese Tatsache auch mit den vertikalen Kräften und geben an, daß „es unklar ist, warum männliche Ruderer von einem steileren Stembrett mehr profitieren als Ruderinnen.“ Unser Modell erklärt die Leistungsverbesserung; ein steileres Stembrett erzeugt einen höheren Ansatzpunkt der Stembrettkraft, was den Hebel  $L_s$  verkürzt und erlaubt das Ansetzen einer höheren Kraft bei gleichem muskulärem Drehmoment. Bei der Differenz zwischen männlichen und weiblichen Ruderern kann man sich auf das Konzept der Hubkräfte, die das Gewicht des Ruderers vom Rollsit abheben, berufen (RBN 05/2002). Diese Kraft ist bei steileren Stembrettwinkeln geringer. Die geringere Hubkraft vergrößert das Limit der Kraftanbringung und erlaubt es den physisch stärkeren männlichen Ruderern, mehr Leistung zu erzeugen. Für die physisch weniger starken Frauen ist dieses Limit ohnehin deutlich weniger erreichbar, somit profitieren sie weniger von einem steileren Stembrett.

### Referenzen

1. Kleshnev V. (2005) Comparison of on-water rowing with its simulation on Concept2 and Rowperfect machines. XXII International Symposium on Biomechanics in Sports, Beijing. p 130-133.
2. Gjessing E. (1979) Kraft, Arbeids og Bevegelsesfordeling I Roing en Analysemodell. Presented during FISA seminar in Tata, Hungary.
3. Caplan N., Gardner T.N., (2005) The Influence of Stretcher Height on the Mechanical Effectiveness of Rowing. Journal of Applied Biomechanics, 21, 286-296
4. Soper C., Hume P.A. (2005) Ergometer rowing 'performance improves over 2000 m when using a steeper foot-stretcher angle. XXII

**Contact Us:**

✉ ©2009: *Dr. Valery Kleshnev*,  
[kleval@btinternet.com](mailto:kleval@btinternet.com) , [www.biorow.com](http://www.biorow.com)