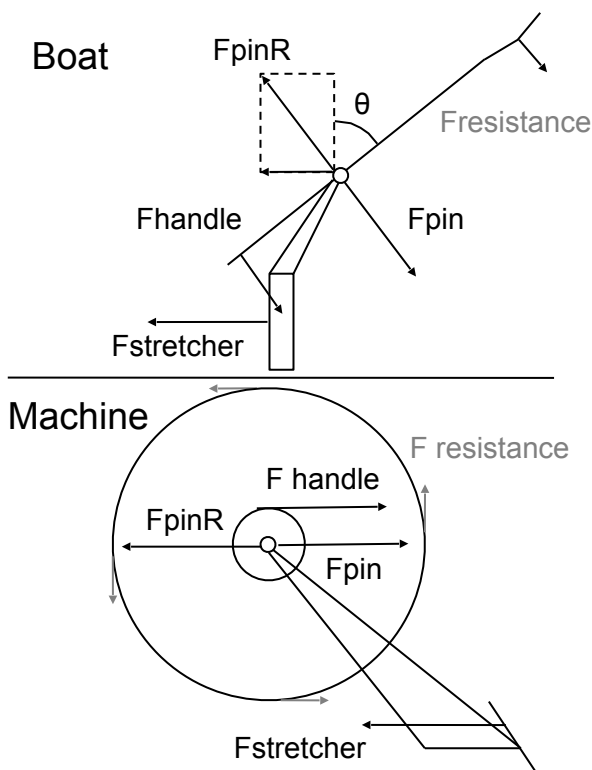


**Fakten. Wußtest Du, daß...**

✓ ...vor Kurzem ein Vergleich vom Rudern auf dem Wasser mit einem RowPerfect und einem Concept2 Ergometer durchgeführt wurde. Bei fünf Ruderinnen wurden während zwei je 90s langen Teststrecken biomechanische Parameter gemessen: Bei Trainingsschlagfrequenz von etwa 20 spm und bei Rennschlagfrequenz von etwa 32 spm. Die durchschnittlichen Kurven und daraus abgeleitete Werte werden im Anhang 1 weiter unten dargestellt.

Die Maximalkraft, die an den Griff abgegeben wird, war bei Trainingsschlagfrequenz bei beiden Ruderergometern 27-30% höher (RowPerfect bzw. Concept2), und 34-40% höher bei Rennschlagfrequenz. Die Durchschnittskraft auf den Ergometern war 19-22% bzw. 25-26% höher. Dies bestätigt unsere früheren Überlegungen (RBN 01/2005). Unten ist eine Erklärung zur Mechanik dieser Tatsache:



Im Boot ist die Griffkraft  $F_{handle}$  gleich der Dollenstiftkraft  $F_{pin}$  multipliziert mit dem Übersetzungsverhältnis:

$$F_{handle} = F_{pin} (Rout / Roar)$$

wobei **Rout** der tatsächliche Außenhebel ist, und **Roar** ist die tatsächliche Ruderlänge. Die Dollenstiftreaktionskraft  $F_{pinR}$  hängt

folgendermaßen mit der Stembrettkraft  $F_{stretcher}$  zusammen:

$$F_{pinR} = -(F_{stretcher} + m_b a_b) / \cos \theta$$

wobei  $m_b a_b$  die Trägheitskraft des Bootskörpers ist (relativ klein), und  $\theta$  ist der Ruderwinkel. Somit ist:

$$F_{handle} = (F_{stretcher} + m_b a_b) (Rout / Roar) / \cos \theta$$

Mit anderen Worten, wenn der Ruderer eine bestimmte Kraft auf das Stembrett ausübt, dann hängt die korrespondierende Griffkraft vom Übersetzungsverhältnis und dem Ruderwinkel ab.

Auf den Ruderergometern bilden die Griff- und Dollenstiftreaktionskraft ein Paar, d.h. sie haben dieselbe Größe und wirken in entgegengesetzter Richtung:  $F_{handle} = -F_{pinR}$  Die Differenz zwischen der Dollenstift- und Stembrettkraft ist gleich der Trägheitskraft der beweglichen Einheit auf dem RowPerfect ( $m_u a_u$ , kleiner) oder die Ruderer Masse auf dem Concept2 ( $m_r a_r$ , größer):

$$F_{handle} = F_{stretcher} + m a$$

Wenn also der Ruderer eine bestimmte Kraft auf das Ergometerstembrett ausübt, dann muß er/sie eine ähnliche Kraft auf den Griff ausüben.

In unserem Falle ist das ungefähre Übersetzungsverhältnis im Einer 2.00m/2.88m = 0.695, was die 30% Unterschied bei der Maximalkraft erklärt. Im Boot hängt das Verhältnis von Griff-/Stembrettkraft vom Ruderwinkel ab. Ein Beispiel: Bei einem Auslagewinkel von 50° ist es  $0.695 / \cos(50^\circ) = 1.08$ , d.h. die Griff- und Stembrettkraft sind annähernd gleich. Dies erklärt den kleineren Unterschied bei der Griffkraft in Auslage und Endzug zwischen dem Ergometerrudern und dem Rudern auf dem Wasser. Er beeinflusst den Unterschied bei den Durchschnittskräften, der kleiner ist als der Unterschied bei den Maximalkräften.

Das Übersetzungsverhältnis ändert sich im Durchzug, weil es vom Ruderwinkel abhängt. Auf beiden Ergometern ist es konstant. Dies erklärt den Unterschied bei den Profilen der Griffgeschwindigkeit. Dieser Unterschied beeinflusst signifikant die Wahrnehmung des Ruderers.

Die Ruderinnen hatten auf dem Wasser um 11-12% längere Ruderschläge als auf beiden Ergometern, was hauptsächlich durch einen um 30% längeren Armzug erklärt werden kann. Dies kann mit der kurvenlinearen Geometrie der

Armbewegung im Boot erklärt werden und dem linearen Griffweg auf den Ergometern.

Das schnellere Ansteigen der Griffkraft und Beingschwindigkeit im Boot und auf dem RowPerfect kann mit der unterschiedlichen Größe der Trägheitskräfte, die durch die Interaktion vom Ruderer mit dem beweglichen oder dem stationären Abdruckpunkt verursacht wird, erklärt werden. Aus irgendeinem Grund war der Beinschub auf dem Concept2 um 4-6% länger.

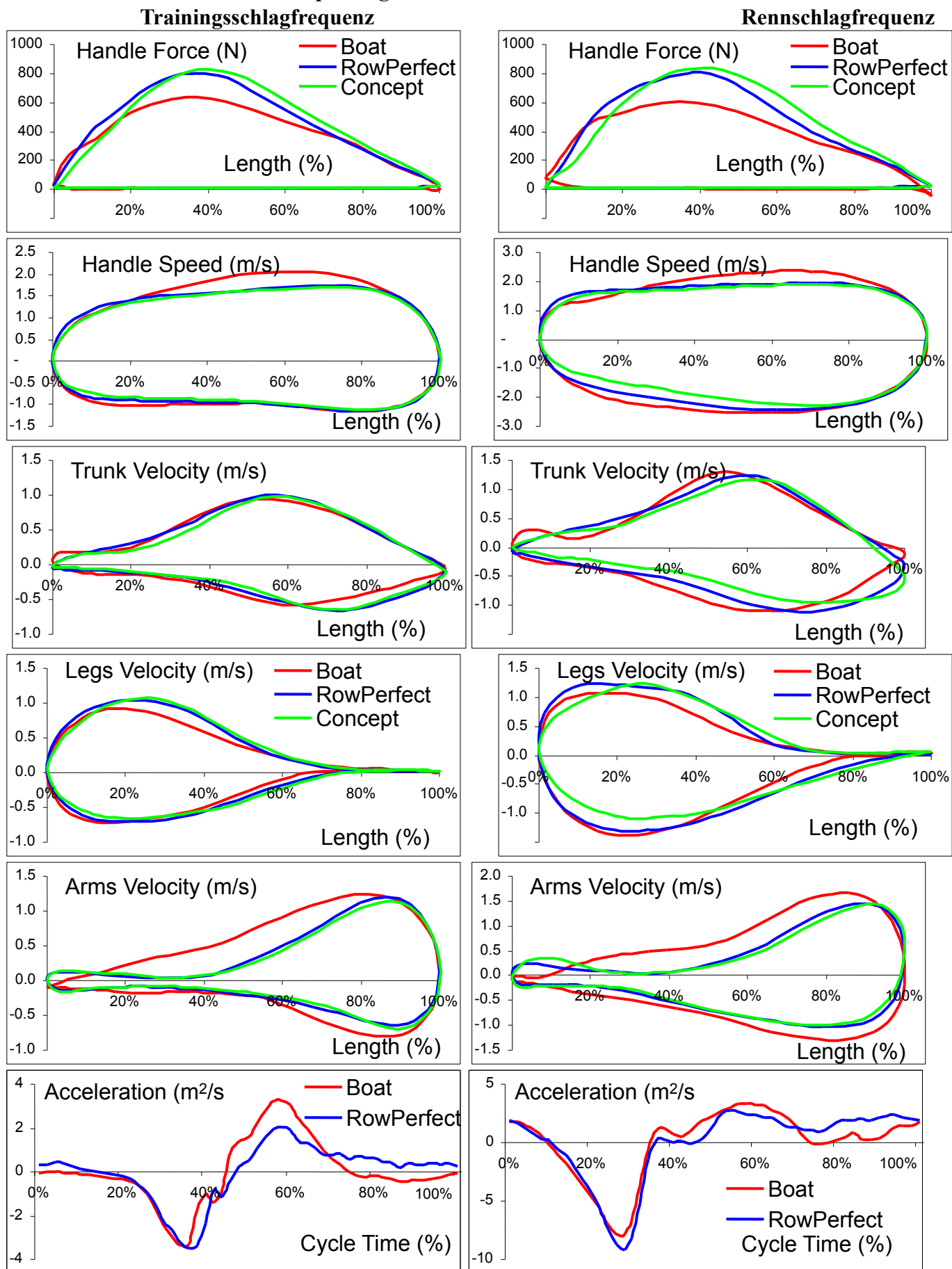
Der RowPerfect Ergometer simuliert genau die negative Beschleunigung des Bootskörpers bei der Druckaufnahme. Während des Durchzuges war die Beschleunigung des Einers signifikant höher (20-30%) als die bewegliche Einheit auf dem RowPerfect. Letztere überstieg die Bootsbeschleunigung während der Vorrollphase. Das kann auch die Empfindungen der Ruderer beeinflussen.

**Danksagung.** Diese Studie wurde vom Australian Institute of Sport unterstützt. Vielen Dank an Bruce Grainger für seine Hilfe bei der Bearbeitung dieser Ausgabe.

**Contact Us:**

✉ ©2005 Dr. Valery Kleshnev, EIS/Biomechanics  
tel. +44 (0) 8707 590 417, mob: +44 (0) 7768 481 119  
e-mail: [kleval@btinternet.com](mailto:kleval@btinternet.com)

**Durchschnittliche biomechanische Parameter von fünf Ruderinnen während des Ruderns im Einer, auf dem RowPerfect- und Concept2-Ergometer.**



## Abgeleitete numerische Werte beim Rudern mit Trainings- und Rennschlagfrequenzen

	Parameter	Boot		RowPerfect		Concept2	
		Training	Rennen	Training	Rennen	Training	Rennen
	Schlagfrequenz						
1	Durchschnittliche Frequenz (str/min)	20.1	32.3	22.3	35.2	20.7	32.1
2	Ruderleistung (W)	247	391	247	401	237	375
3	Durchzugszeit (s)	1.26	1.00	1.13	0.92	1.21	0.97
4	Rhythmus (%)	42.0%	54.0%	42.0%	53.9%	41.7%	51.9%
5	Durchzugslänge (m)	1.60	1.59	1.42	1.43	1.44	1.41
6	Maximalkraft (N)	634	602	803	806	826	840
7	Durchschnittskraft (N)	331	342	404	427	394	430
8	Verhältnis Durchschnitts-/ Maximalkraft (%)	52.3%	56.9%	50.4%	53.0%	47.7%	51.2%
9	Position der Max. Kraft (%)	37.6%	34.7%	36.3%	40.5%	37.2%	40.8%
10	Schlupf in der Auslage (m)	0.04	0.04	0.07	0.09	0.12	0.13
11	Schlupf im Endzug (m)	0.22	0.20	0.24	0.25	0.22	0.21
12	Max. Griffgeschwindigkeit (m/s)	2.06	2.36	1.73	1.94	1.70	1.89
13	Durchschnittl. Geschwindigkeit (m/s)	1.28	1.59	1.26	1.55	1.19	1.45
14	Position der Max. Geschwindigkeit (%)	59.4%	65.2%	73.5%	71.4%	76.4%	74.1%
15	Min. Beschleunigung (m/s <sup>2</sup> ):	-3.35	-7.92	-3.46	-9.13	0	0
16	Max. Beschleunigung (m/s <sup>2</sup> ):	3.23	3.39	2.01	2.78	0	0
17	Beinweg (m)	0.52	0.51	0.52	0.52	0.55	0.53
18	Oberkörperweg (m)	0.50	0.48	0.48	0.48	0.47	0.46
19	Armbewegung (m)	0.61	0.62	0.43	0.43	0.44	0.43