

Der Ruder-Biomechanik Newsletter feiert seinen 10. Geburtstag! Vielen Dank an alle Leser für ihr Interesse und die positiven Rückmeldungen!

Frage&Antwort

F: Es gab eine Diskussion zwischen Trainern und Wissenschaftlern über die Hubkraft am Rollstuhl: Hebt sie wirklich das gesamte Ruderer-Boot-System an und reduziert damit die Wasserverdrängung; oder ist es nur ein Gewichtsübertrag vom Rollstuhl auf das Stembrett?

A: Es gibt fünf Faktoren, die die Kraft am Sitz beeinflussen:

F1. "Statischer Hub". Das ist die einfache Gewichtsverteilung zwischen Rollstuhl und Stembrett, wenn sich der Rudererschwerpunkt (CM) auf der Linie der Schwerkraft **Fg** zwischen ihnen bewegt (Fig. 1). In der Auslage sind etwa 30% des Körpergewichtes des Ruderers statisch auf dem Stembrett platziert und lediglich 70% verbleiben auf dem Rollstuhl, was ganz einfach mit einer Badezimmerwaage überprüft werden kann.

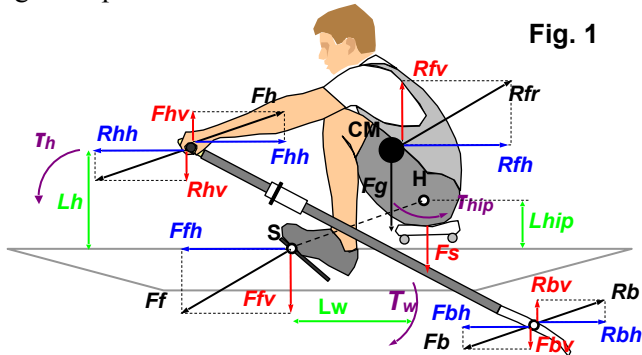


Fig. 1

Ein Ruderer tritt normalerweise in einem Winkel zur Horizontalen auf das Stembrett, was von zwei Faktoren hervorgerufen wird:

F2. "Beinhub". Das Hüftgelenk **H** ist über dem Punkt der Kraftanwendung auf dem Stembrett **S** lokalisiert, somit ist die Linie der Bein (Knie-) Streckung nicht horizontal. Dies erzeugt eine abwärts gerichtete Komponente **Ffv** und eine aufwärts gerichtete Reaktionskraft **Rfv**, die den Ruderer anhebt.

F3. "Hüft-Drehmoment-Hub". Wenn die Gesäßmuskeln aktiviert sind, erzeugt das ein Drehmoment τ_{hip} um das Hüftgelenk, was die vertikale Komponente der Stembrettkraft **Ffv** erhöht und die Sitzkraft **Fs** verringert.

Wie auch immer, die Reduktion der Sitzkraft, die mit den Faktoren F1, F2 und F3 zusammenhängt, verringert nicht die Wasserverdrängung des gesamten Ruderer-Boot-Systems, weil die aufwärts gerichtete Kraft **Rfv** eine interne Kraft ist und von der Kraft **Ffv** am Stembrett ausbalanciert wird, die das Boot nach unten drückt. Je größer dieses Kräftepaar ist, desto mehr Körpergewicht des Ruderers wird vom Rollstuhl auf das Stembrett übertragen, was dann die Stampfbewegungen des Bootskörpers auslöst. In der Auslage hebt sich der Bug und das Heck senkt sich ins Wasser ab und umgekehrt im Endzug.

F4. "Vortriebs-Hub". In der horizontalen Dimension wendet der Ruderer gegensätzlich gerichtete Kräfte auf die Griffe **Fhh** und das Stembrett **Ffh** an, die vertikal durch die Höhe der Griffe relativ zum Stembrett **Lh** distanziert sind. Dieses Kräftepaar erzeugt ein Drehmoment τ_h um den Punkt **S**, welches das entgegengesetzte Drehmoment τ_w des Ruderergewichtes verringert. Dies könnte als eine Hubkraft **Flift** betrachtet werden, die die Kraft auf den Rollstuhl **Fs** reduziert. Die Griffkraft **Fhh** wird durch das Ruder zur Blattkraft **Fbh** übertragen, die durch eine externe Reaktion

Rbh ausbalanciert wird, und kein Gegenstück innerhalb des Ruderer-Boot-Systems hat. Deshalb reduziert **Fhh** wirklich die Wasserverdrängung des Systems und damit den Bremswiderstand. Auf dem Ergometer wird die Griffkraft durch die Reaktion des Rahmens, die eine interne Kraft ist, ausbalanciert, das Gesamtgewicht des Systems ändert sich nicht.

F5. "Hub durch Blattanlagewinkel". Tatsächlich sind die Griff- **Fh** und Blattkräfte **Fb** in einem Winkel zur Horizontalen gerichtet (RBN 2010/09), die dem Anlagewinkel des Blattes entsprechen. Um vertikale Blattkraft **Fbv** zu erzeugen, wendet der Ruderer aufwärts gerichtete Griffkraft **Fhv** an, die abwärts gerichteten „Griff-Anlagewinkel-Gegenhub“ erzeugt **Rhv** und erhöht damit die Kraft auf den Rollstuhl **Fs**. Diese interne Kraft **Rhv** wird teilweise durch die Kraft an der Dolle ausbalanciert, somit ist nur **Rbv** extern und drückt das gesamte System nach oben und reduziert die Wasserverdrängung.

Laßt uns nun die Anteile von jedem dieser fünf Faktoren abschätzen. Fig. 2 zeigt die Daten eines mit Olympiamedaillen dekorierten Leichtgewichtsruders, der im Einer bei 32spm rudert (RBN 2002/05):

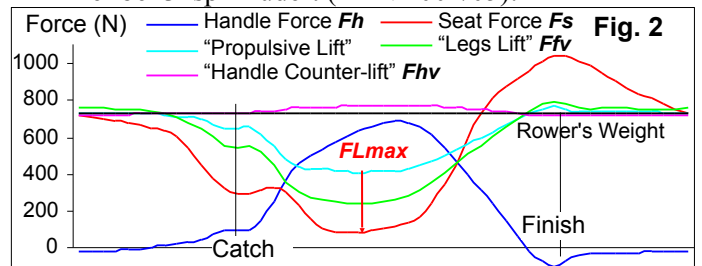


Fig. 2

Die Griff- **Fh** und Rollstuhlkraft **Fs** wurden direkt gemessen. Der "Vortriebs-Hub" **Flift** (**F4**) repräsentiert die Differenz des Ruderergewichtes, und wurde berechnet mit der Strecke **Lw**, die von den gemessenen Daten der Rollstuhl- und Oberkörperposition abgeleitet wurden:

$$Flift = Fh Lh / Lw \quad (1)$$

Der "Beinhub" (F2) wurde mit den Hüftkoordinaten, die von den Daten der Rollstuhlposition abgeleitet wurden, berechnet. Er wurde als Versatz von **Flift** präsentiert, somit repräsentieren diese beiden Linien ihre Anteile in der gesamten Hubkraft.

Der "Statische Hub" (F1) und "Hüft-Drehmoment-Hub" (F3) sind recht schwer abzuschätzen. Wir nehmen an, daß sie die Restwerte zwischen der roten **Fs** und grünen **Ffv** Linie repräsentieren (Fig.2). Im Endzug ändern diese zwei Faktoren ihre Vorzeichen und drücken den Rollstuhl nach unten.

In dem Moment der maximalen Gewichtsreduktion **FLmax** verbleiben nur etwa 80N der Kraft auf dem Rollstuhl. Etwa 320N oder 50% der gesamten Hubkraft von 640N ist der „Vortriebs-Hub“, der die Wasserverdrängung verringert und den Bremswiderstand reduziert. Weitere 25% werden durch den „Beinhub“ beigesteuert. Der Restwert von 25% hängt mit dem „Statischen Hub“ und „Hüft-Drehmoment-Hub“ zusammen. Der Effekt des „Hub durch den Anlagewinkel“ (F5) ist recht klein: beim Kraftmaximum **Fbv** ist er nur 20N (6% vom "Vortriebs-Hub") und der "Griff-Anlagewinkel-Gegenhub" **Rhv** ist auf Rudererseite etwa 50N.

Mehr horizontale Anwendung der Stemmbrettkraft reduziert die Wasserverdrängung und das Stampfen des Bootes, und deshalb auch den Bremswiderstand, was die Leistung verbessert.

Das kann man erreichen mit:

- Ausschließlicher Gebrauch der Kniestrecker beim Fassen, ohne Gesäßmuskeln und ohne Öffnen des Oberkörpers;
- Höhere und steilere Einstellung des Stemmbrettes, was aber die Durchzugslänge verkürzen kann;
- Aufrechtere Oberkörperhaltung in der Auslage (Adam Stil, RBN 2006/03), aber das könnte die Leistung vermindern.

©2011: Dr. Valery Kleshnev, www.biorow.com