



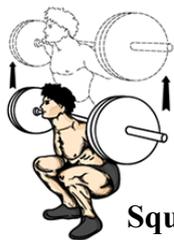
**Fröhliche Weihnachten und ein Gutes Neues Jahr an alle Ruderer und Trainer!**

**Frage&Antwort**

Wir hatten interessante Diskussionen mit Marinus van Holst, einem Holländischen Ingenieur und Professor emeritus von der Technischen Universität Delft. Marinus ist seit 1957 im Rudern aktiv, hat sehr viel Forschung in der Ruder-Biomechanik betrieben und die Ergebnisse auf seiner Webseite veröffentlicht: <http://home.hccnet.nl/m.holst/RoeiWeb.html> (der link funktioniert leider nicht mehr. Bitte direkt an Herrn van Holst wenden, Anm. des Übersetzers)

**MvH:** "Die Herangehensweise zur Kraft/Energie/Leistung in RBN 10/2008 ist meiner Meinung nach unnötig kompliziert und verwirrend. Ich habe große Schwierigkeiten mit dem Konzept „Leistung, die durch das Stembrett übertragen wird“...Leistung wird nicht am Stembrett erzeugt, nicht übertragen und wird dort auch nicht angewendet. Der Terminus „Beinkraft (leg power)“ beschreibt viel besser, was eigentlich passiert. Die Beine sind das Leistung erzeugende Mittel und das Stembrett ist das Fundament. Die Beine erzeugen die Leistung durch Streckung und ihre Geschwindigkeit ist gleich der Rollsitgeschwindigkeit (im Bezug zum Bootskörper), weil die Beine das Stembrett mit dem Rollsit verbinden. Die Leistungserzeugung endet dann, wenn der Rollsit abstoppt.“

**VK:** Die Leistungsübertragung kann am Beispiel der zwei Übungen unten besser verstanden werden:



**Squat**



**Leg press**

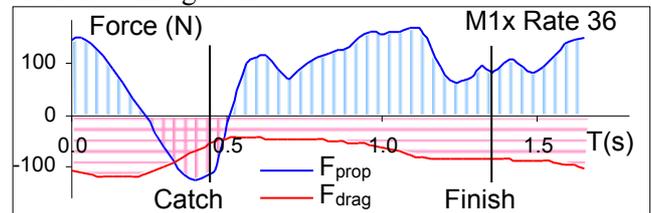
Im Falle der Kniebeuge (squat) bewegen sich die Füße nicht, somit sind Geschwindigkeit und Leistungsübertrag durch sie gleich null, weil Leistung das Produkt von Kraft und Geschwindigkeit ist. Die Energie wird zum sich bewegenden Körper des Athleten und zum Gewicht auf seinen Schultern übertragen.

Im Falle der Beinpresse (Leg Press) ist der Körper fixiert, somit kann seine kinetische Energie nicht vergrößert werden. Die Leistung wird durch die Füße und das Stembrett zum Gewicht übertragen.

Beim Rudern auf dem Wasser oder auf einem mobilen Ergometer sind sowohl der Körper als auch die Füße beweglich, und die Leistung wird sowohl durch das Stembrett/Boot und Ruderer/Griff übertragen. Im Gegensatz dazu ist auf einem stationären Ergometer oder im Ruderbecken das Stembrett fixiert und die Leistung wird ausschließlich durch den Körper des Ruderers auf die Griffe übertragen.

**MvH:** "Wenn wir den Bootskörper vom Rest des Systems abtrennen, dann führen wir eine Dollenstiftkraft und eine Stembrettkraft ein. Wenn wir das Gleichgewicht des Bootskörpers betrachten, dann finden wir heraus, daß die algebraische Summe dieser Kräfte ein Gleichgewicht mit der Widerstandskraft des Bootskörpers  $F_{drag}$  bildet (bei konstanter Geschwindigkeit des Bootskörpers).“

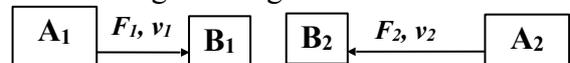
**VK:** Die Impulse der Vortriebskraft  $F_{prop} = F_{pin} - F_{stretcher}$  und Widerstandskraft  $F_{drag}$  haben die gleiche Größe und entgegengesetzte Richtungen während des Schlagzyklus (beim normalen Langstreckenrudern), aber die augenblicklichen Kräfte sind unterschiedlich. Wenn sie immer gleich wären, würde die resultierende Kraft immer null sein, und das Boot würde sich überhaupt nicht beschleunigen oder abbremsen. Im Diagramm unten werden die Impulse durch die Fläche zwischen der Kurve und der X-Achse dargestellt; Die Summen der Flächen unter und über der X-Achse sind gleich.



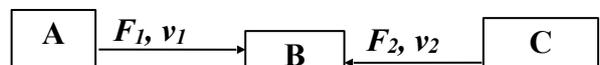
Vor Kurzem hat Marinus uns die korrekte Version der Gleichung  $F_{pin} - F_{str} = F_{drag} + m_{hull} a_{hull}$  zugeschickt.

**MvH:** "Der Leistungsabfluß (am Bootskörper) ist  $P_{out} = F_{drag} v_{hull}$ . Der Leistungszufluß ist  $P_{in} = (F_{pin} - F_{stretcher}) \cdot v_{hull}$ “

**VK:** Die Definition des Leistungszuflusses  $P_{in}$  ist ein weiterer recht häufiger Fehler, deshalb erklären wir es etwas detaillierter. Wenn wir Leistung definieren, dann ist es wichtig immer die interagierenden Objekte zu definieren. Man stelle sich zwei Paare von Objekten vor,  $A_1-B_1$  und  $A_2-B_2$ , die mechanisch mit einer gewissen Kraft und Geschwindigkeit miteinander interagieren, so, daß sie Leistung übertragen:



Wir können aufschreiben:  $P_1 = F_1 v_1$  und  $P_2 = F_2 v_2$ . Das ist korrekt. Wir können NICHT entweder  $P = F_1 v_2$  oder  $P = F_2 v_1$  aufschreiben, was inkorrekt, ohne physikalischen Sinn und irreführend wäre. Jetzt stell Dir vor, daß eines der Objekte in den zwei Paaren kombiniert ist. Das ändert nicht die obige Gleichung der Leistung:



Im Falle des Ruderns ist A der Ruderer, B das Boot und C ist das Wasser. Die Gleichung  $P_{in} = (F_{pin} - F_{stretcher}) \cdot v_{hull}$  würde bedeuten, daß  $P = F_1 v_2$  das Produkt der vom Ruderer aufgewendeten Kraft und der Geschwindigkeit relativ zum Wasser ist, was nicht

korrekt ist. Beide Objekte, Ruderer und Wasser, können mit dem Boot interagieren; das Wasser nimmt konstant Leistung durch den Bremswiderstand auf. (Wir stimmen vollkommen mit Marinus's erster Gleichung  $P_{out} = F_{drag} v_{hull}$  überein.) Der Ruderer kann Leistung während des Schlagzyklus durch Griff-Ruder-Dolle in der Durchzugsphase nur und direkt durch das Stembrett übertragen. Deshalb müssen wir  $P_{in}$  separat für den Durchzug und das Vorrollen definieren. Für das Vorrollen ist das einfacher, weil der Ruderer einen Teil seiner kinetischen Energie nur über das Stembrett auf den Bootskörper übertragen kann:

$P_{in} = F_{stretcher} v_{rower-boat}$ , wobei  $v_{rower-boat}$  die Geschwindigkeit des Rudererschwerpunktes (CM) relativ zum Boot ist. Während des Durchzuges sieht das Bild komplizierter aus, da die Leistung, die auf den Bootskörper übertragen wird, vom Vortrieb des Ruders kommt und vom Übertrag der kinetischen Energie von der Ruderermasse. Dazu gibt es später eine komplette Analyse.

### **Contact Us:**

✉ ©2008: Dr. Valery Kleshnev, [kleval@btinternet.com](mailto:kleval@btinternet.com)  
, [www.biorow.com](http://www.biorow.com)