

## Kraft und Leistung im Rudern

Trainer und Ruderer verwechseln recht oft die Begriffe „Kraft“ und „Leistung“ und nutzen die „Leistungskurve“ wenn sie die „Kraftkurve“ meinen. Auch wenn sie „Leistungsschläge (Powerstrokes)“ sagen, meinen sie eine Übung, wo maximale Kraft bei ruhiger Schlagfrequenz, meist noch mit einem Bremswiderstand, in die Ruderschläge gelegt wird. Tatsächlich ist die Leistung in dieser Übung nicht sehr hoch, weil die Geschwindigkeit und Schlagfrequenz sehr niedrig sind. Es wäre ganz gut, die Grundlagen wieder ein wenig aufzufrischen und den korrekten Gebrauch der biomechanischen Terminologie zu fördern.

Eine Kraft ist ein Vektorprodukt, was bedeutet, daß sie eine Größe und eine Richtung hat. Eine Kraft  $F$  veranlasst, daß ein freies Objekt mit einer Masse  $m$  die Geschwindigkeit ändert, d.h. sie erzeugt eine Beschleunigung  $a$ , die mit Newton's Zweitem Gesetz beschrieben wird:

$$F = m a \quad (1)$$

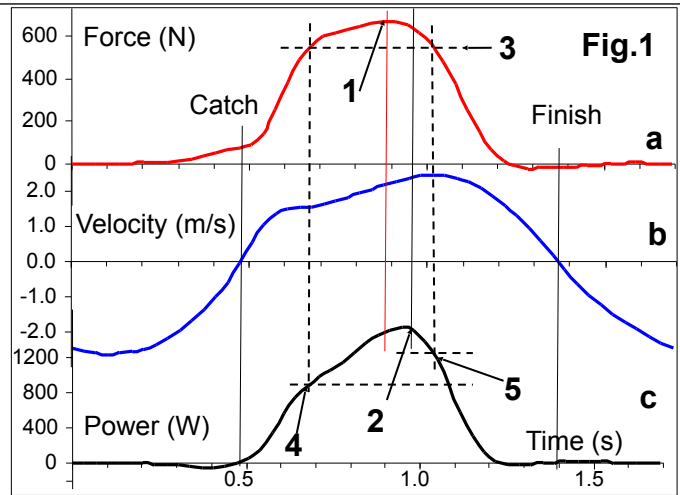
Die Einheit der Kraft ist Newton (N) = kg m/s<sup>2</sup>, was bedeutet, daß die Kraft von 1N die Geschwindigkeit von einem 1kg schweren Objekt um 1m/s pro 1s ändert.

Leistung ist ein Skalarprodukt, was bedeutet, daß sie nur eine Größe hat, aber keine Richtung. Die Leistung  $P$  ist die Menge des Energieübertrages pro Zeiteinheit  $T$ . In der Mechanik bedeutet Energie normalerweise Arbeit  $W$ , die das Produkt von Kraft  $F$  multipliziert mit dem Weg  $L$ , also:

$$P = W/T = FL/T = F v \quad (2)$$

wobei  $v$  die Geschwindigkeit eines sich bewegenden Objektes ist. Die Einheit der Leistung ist Watt (W) = J/s = kg m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>, wobei Joule J = N m die Einheit von Energie und Arbeit ist. Energie kann nicht von Nichts erzeugt werden und kann auch nicht einfach so wieder verschwinden, was durch das Energieerhaltungsgesetz bestimmt ist. Somit kann Energie nur von einer Form in eine andere umgewandelt werden, aber ihre Menge wird erhalten. Beim Rudern wird metabolische Energie in mechanische Arbeit umgewandelt (und in Körperwärme des Ruderers), und dann weiter in kinetische Energie, die das Ruderer-Boot-System vorantreibt, und dann schlußendlich in Abwärme, die durch den Bremswiderstand erzeugt wird. Im Gegensatz dazu kann das Maß der Kraft mit einem Hebelsystem (z.B. ein Ruder) ganz einfach verändert werden.

Wie sind Kraft und Leistung beim Rudern miteinander verbunden? Fig.1 zeigt die Griffkraft, Geschwindigkeit und Leistung in einem M1x bei 36spm.



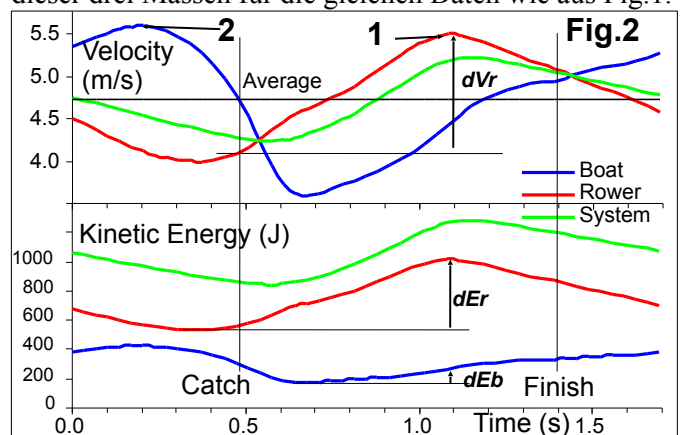
Die Kurven für die Kraft (a) und Leistung (c) sehen unterschiedlich aus: Die Kraftkurve ist mehr rechteckig mit einem früheren Maximum (1), die Leistungskurve ist mehr dreieckig mit einem späteren Maximum (2). Da sich die Griffgeschwindigkeit (b) vom Fassen bis zum Endzug mehr als verdoppelt, ist die Leistung beim Fassen (4) bei gleicher aufgebrachtener Kraft (3) geringer als die Leistung im Endzug (5), also **„kostet“ dieselbe Kraft beim Fassen weniger Energie als im Endzug**. Wenn die Kraft  $F$  auf eine freie Masse  $m$  während der Zeit  $T$  einwirkt, erzeugt das einen Impuls oder eine gewisse Menge Bewegung  $J$ :

$$J = F T = m v \quad (3)$$

wobei  $v$  die Endgeschwindigkeit des Objektes ist. Auch die Kraft  $F$ , die mit einer Geschwindigkeit  $v$  einwirkt, erzeugt Leistung  $P$  und erhöht die kinetische Energie  $E_k$  eines Objektes:

$$E_k = 0.5 m v^2 = W = P T = F L \text{ (vereinfacht)} \quad (4)$$

Beim Rudern gibt es eine Interferenz von zwei Objekten mit verschiedenen Massen, wobei das Boot 5-8 mal leichter ist als der Ruderer. Tatsächlich ist der Unterschied kleiner, weil einige Teile des Rudererkörpers (Füße, teilweise Schienbein und Oberschenkel) mit dem Boot verbunden sind und sich mit ihm bewegen. Wir schätzen die aktive bewegliche Masse des Ruderers mit etwa 88% der Körpermasse, somit werden die restlichen 12% der Körpermasse zur aktiven Bootsmasse zugezählt, was uns ein Verhältnis im Bereich von 1:3 - 1:4 gibt. Fig. 2 zeigt sowohl die Geschwindigkeiten von Boot, Ruderer und Systemschwerpunkt (CM) als auch die kinetischen Energien dieser drei Massen für die gleichen Daten wie aus Fig. 1.



Während des Durchzuges erhöht sich die Geschwindigkeit des Rudererschwerpunktes (1) viel mehr als die Bootsgeschwindigkeit, die hauptsächlich während des Vorrollens ansteigt und ihr Maximum vor dem Fassen hat (2). Da der Ruderer auch schwerer ist, summiert seine Körpermasse 7 mal mehr kinetische Energie auf ( $dE_r=478J$ ) als die Bootsmasse ( $dE_b=69J$ ). Dann, am Ende des Durchzuges überträgt sich der Impuls und die kinetische Energie von der Ruderermasse auf das Boot, die zum Überwinden des Bremswiderstandes gebraucht wird. Somit ist, **der Betrag von Impuls und kinetischer Energie, der durch die Ruderermasse akkumuliert wurde, die hauptsächliche Determinante für die durchschnittliche Bootsgeschwindigkeit und Ergebnisse beim Rudern.** Tatsächlich ist an dieser Schlußfolgerung nichts Neues dran. Ein großer Rudertrainer und Begründer des modernen Ruderstils **Steve Fairbairn** sagte vor mehr als Hundert Jahren: "**Finde heraus, wie Du Dein Körpergewicht benutzt, dann hast Du das Problem, wie man ein Boot bewegt, gelöst**".

Nur die Stembrettkraft kann den Ruderer vorwärts schieben, die Griffkraft zieht ihn rückwärts. Also, **muß die Stembrettkraft während des Durchzuges betont werden, während die Griffkraft lediglich Unterstützung durch das Ruder - Dolle - Ausleger - Stembrett liefert.** Selbstverständlich muß das Blatt im Wasser eingerastet sein, um die Unterstützung bereitzustellen.

©2014 Dr. Valery Kleshnev [www.biorow.com](http://www.biorow.com)