

## Speed und Geschwindigkeit beim Rudern

Es gibt (in der Englischen Sprache, Anm. des Übersetzers) zwei Worte, die definieren, wie schnell sich ein Objekt bewegt: Speed und Geschwindigkeit. Speed definiert die Schnelligkeit einer Bewegung und hat nur eine Größe aber keine Richtung, somit ist sie eine skalare Größe. Geschwindigkeit ist die Änderungsrate der Position eines Objektes über die Zeit, somit ist sie ein Vektor und kombiniert die Größe (Speed) und Richtung. Mit der augenblicklichen Geschwindigkeit ist ihre Größe zu jedem Moment gleich dem Speed. Das Gleiche mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit einer linearen Bewegung: Sie ist gleich dem durchschnittlichen Speed. Wie auch immer, mit kurvenlinearen oder wiederkehrenden Bewegungen ist es komplizierter. Der durchschnittliche Speed ist gleich seinen augenblicklichen Werten, oder zum zurückgelegten Pfad geteilt durch die Zeit. Die durchschnittliche Geschwindigkeit ist das Verhältnis von der Verschiebung zur Zeit. Bei einer kurvenlinearen Bewegung ist die Verschiebung immer kürzer als der Pfad, somit ist die durchschnittliche Geschwindigkeit niedriger als der durchschnittliche Speed. Bei einer wiederkehrenden Bewegung, wo ein Objekt an den Startpunkt zurückkehrt, ist die Verschiebung null und damit auch die durchschnittliche Geschwindigkeit, obwohl das Objekt einen langen Weg zurückgelegt haben kann und der durchschnittliche Speed damit sehr hoch gewesen sein könnte.

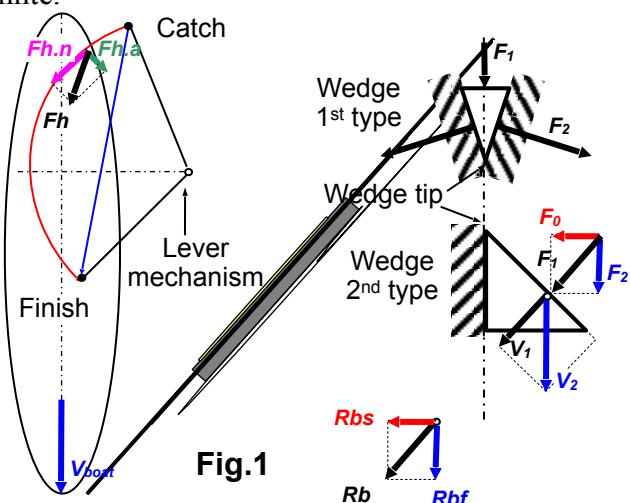


Fig.1 veranschaulicht den Unterschied zwischen Speed und Geschwindigkeit für die Bewegung des Rudergriffes. Vom Fassen zum Endzug legt der Griff 1.71m (die Länge des Bogens von der Griffmitte bei 114° Gesamtwinkel und 0.88m Innenhebel) zurück, die Verschiebung zwischen diesen beiden Punkten ist aber nur 1.44m, oder 16% kürzer. Die gleiche Differenz gibt es zwischen dem durchschnittlichen Speed während des Durchzuges (1.90m/s bei einer Durchzugszeit von 0.9s) und der durchschnittlichen Geschwindigkeit

(1.60m/s). Wenn die Griffgeschwindigkeit über den gesamten Ruderschlag gemittelt wird, ist sie null, weil der Griff an dieselbe Position relativ zum Boot zurückkehrt. Wie auch immer, der Griff Speed über den Ruderschlag ist nicht null (in diesem Falle 2.05m/s bei 36str/min).

**Die Ruderleistung ist definiert mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit des Bootes, aber nicht mit dem durchschnittlichen Speed:** Das Boot muß vom Startpunkt A zum Zielpunkt B in der kürzestmöglichen Zeit kommen. Somit sind wir daran interessiert, daß sich das Boot so schnell wie möglich von einem Punkt zum anderen bewegt, aber die Länge des Pfades, den das Boot durchläuft, wird nicht gezählt. Somit ist ein effektives Steuern des Bootes ein Teil der Ruderleistung und sollte für den direkten Weg sorgen, was bei Langstreckenrennen mit kurvenreichen Flüssen zu einer komplizierten Aufgabe werden kann.

Die vom Ruderer erbrachte Leistung ist der Hauptfaktor für Bootsspeed und -geschwindigkeit. Eine der Komponenten der Leistung ist die Geschwindigkeit, und nicht der Speed, weil die Bewegungsrichtung relativ zur angewandten Kraft wichtig ist.

Damit ist die Leistung  $P$  ein Skalarprodukt zweier Vektoren: Kraftvektor  $F$  und

Geschwindigkeitsvektor  $v$ :

$$P = F v \cos(\alpha) \quad (1)$$

wobei  $\alpha$  der Winkel zwischen diesen beiden Vektoren ist. Wenn die Kraft senkrecht zur Geschwindigkeit angreift, ist die Leistung null, weil  $\cos(90^\circ)=0$ . Z.B., die axiale Griffkraft  $Fh.a$  (Fig.1) erzeugt keine Leistung, weil sie per definitionem senkrecht zur augenblicklichen Griffgeschwindigkeit wirkt. Lediglich die normale Griffkraft  $Fh.n$  erzeugt Leistung.

Speed und Geschwindigkeit können ganz einfach mit einem simplen Hebelmechanismus umgewandelt werden, wie bei einem Ruder. Das Geschwindigkeitsverhältnis von Input (Griff)  $Vin$  zum Output (Blatt)  $Vout$  ist umgekehrt proportional zum Verhältnis der korrespondierenden Kräfte und definiert das Übersetzungsverhältnis  $G$ :

$$Vout / Vin = Fin / Fout = G \quad (2)$$

Ein ähnlicher Effekt kann erzielt werden, wenn eine Kraft mit einem Winkel auf eine Geschwindigkeit wirkt. Dies definiert einen anderen simplen Mechanismus - ein Keil, der auch die Geschwindigkeit und Kraft in zwei Weisen umwandeln kann (Fig.1): 1) wenn die Kraft  $F1$  in axialer Ebene zur Spitze gerichtet ist – vergrößert das die seitlichen Kräfte  $F2$  (wird beim Holzhacken genutzt);

umgekehrt 2) wenn seitliche Kraft  $F1$  auf eine Keilsteigung/Schräge wirkt, dann ist die Output Kraft  $F2$  geringer, aber die Geschwindigkeit in dieser Richtung  $V2$  ist proportional höher. Die Komponente der Blattreaktionskraft  $Rbs$ , senkrecht zur Bootsgeschwindigkeit wurde als Energieverlust betrachtet, was für viele Jahre als einer der „Mythen“ in der Ruder Biomechanik angesehen wurde: „Der Kraftaufwand bei steilen Auslage- und Endzugwinkeln ist ineffektiv“. Tatsächlich aber erzeugt die seitliche Kraft null Leistung, weil sie senkrecht zur Bootsgeschwindigkeit  $Vb$  verläuft, somit sind die Energieverluste null.

Spitze Auslagewinkelwirken wie ein Keil des Typs 2 und machen die Übersetzung härter (RBN 2006/06). Das bedeutet, daß die Vortriebskraft  $Rbf$  kleiner ist als die gesamte Blattreaktionskraft  $Rb$ , aber sie wird bei der Bootsgeschwindigkeit  $V_{boat}$ , angewandt, die proportional schneller ist als das antriebende Objekt - das Blatt. Somit ist die Vortriebsleistung dieselbe und der einzige Verlust ist die Reibung, die am Blatt recht klein ist. Weitere ähnliche Beispiele lassen sich in der Natur finden:

- Ein Eisschnellläufer drückt seinen Schlittschuh zur Seite, bewegt sich aber viel schneller vorwärts als ein Läufer, der auf den Boden unter sich direkt rückwärts abdrückt;
- Eine Segelyacht bewegt sich viel schneller bei Seitenwind als mit einem direkten Schiebewind;
- Beim Bogenschießen zieht der Bogen die Sehne zu den Seiten, aber der Pfeil fliegt viel schneller vorwärts.

**Die Gesamtübersetzung beim Ruder ist während des Durchzuges variabel und gleich der Summe von Hebel- und Keileffekten. Sie muß für jeden Ruderer optimal sein.** (RBN 2007/03): härtere Übersetzung hilft dabei, die Kraft beim Wasserfassen schneller anzusteigern, kann aber die Griffgeschwindigkeit verlangsamen und die Schlagfrequenz verringern. Und umgekehrt genauso.

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