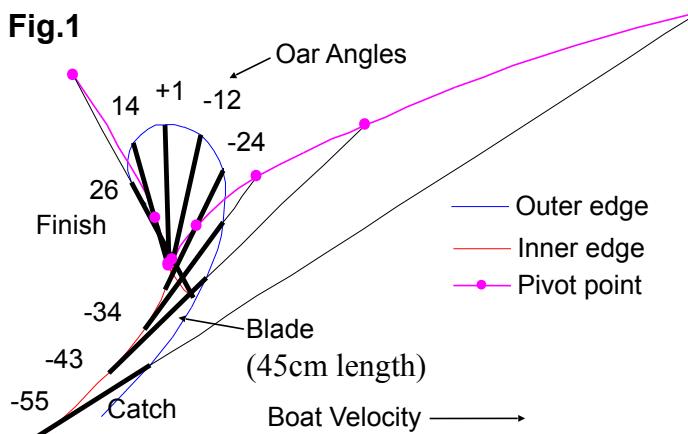


Eintauchtiefe des Blattes

Kürzlich wurden einige Artikel veröffentlicht, die ein tieferes Eintauchen des Ruderblattes im Durchzug befürworten. Das Hauptargument dafür war eine höhere Blatteffizienz durch weniger Schlupf, und der zusätzliche Widerstand am Schaft sei unerheblich, weil der „Drehpunkt des Ruders (ein imaginärer fester Punkt - der Mittelpunkt der Rotation des Ruders) ist so weit vom Blatt weg gelegen, daß die Geschwindigkeit der Ruderschaftbewegung durch das Wasser nicht so hoch ist“. Ist das wirklich wahr ?

Selbstverständlich muß das Blatt im Durchzug vollständig vom Wasser bedeckt sein, aber eine übermäßige Eintauchtiefe ist recht zweifelhaft. Bisher wurden keine klaren Beweise einer Korrelation von Blatteffizienz und Eintauchtiefe präsentiert. Wir haben eine Anzahl von Artikeln über die Eintauchtiefe (RBN 10/2009) und Effizienz veröffentlicht (RBN 12/2007, 06/2012, 11-12/2013), aber wir müssen diese Themen noch einmal betrachten. In RBN 02/2014 wurde die Position des Drehpunktes bereits diskutiert, und Fig.1 beschreibt es zum besseren Verständnis noch einmal (rekonstruiert von Daten eines M1x bei 33 spm gemessen mit unserem BioRow™ System).

Fig.1



Der Drehpunkt liegt auf dem Ruderschaft (vom Blatt etwa 5cm nach innen) nur bei $\pm 10^\circ$ von der Senkrechten zur Bootslängssachse. Er liegt bei Ruderwinkeln von -30° in der Auslage bis 25° im Endzug auf dem Blatt, aber bei noch spitzeren Winkeln liegt er außerhalb des äußeren Endes des Ruders: mehr als 4m weit bei einem Auslagewinkel von 65° . Apropos, dies veranschaulicht sehr gut die dynamische Übersetzung (RBN 06/2015): Die Entfernung vom Dollenstift zum Drehpunkt repräsentiert den imaginär agierenden Außenhebel, der bei spitzeren Winkeln viel länger wird und so die Übersetzung härter wird. Somit bewegt sich der Ruderschaft fast so schnell durch das Wasser wie das Boot.

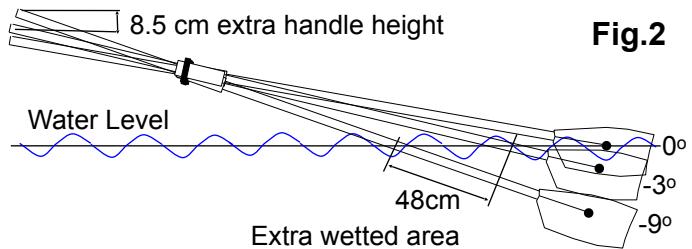


Fig.2

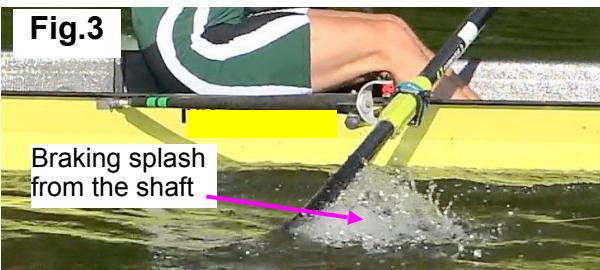
Im Durchschnitt bedeutet jedes Grad, was das Blatt tiefer ins Wasser getaucht ist, etwa 8cm mehr Ruderschaft im Wasser. Somit bedeutet der Unterschied zwischen einer normalen Platzierung im Wasser bei 6° (40cm vom Schaft sind unter Wasser) und sehr tiefer Platzierung bei 12° (88cm) etwa einen halben Meter mehr Schaftlänge im Wasser (Fig.2). Eine akkurate Berechnung der zusätzlichen Widerstandskraft F_d , die von dem tieferen Blatt erzeugt wird, ist recht kompliziert, weil sich die benetzte Schaftfläche und dessen Angriffswinkel im Durchzug ständig ändert. Wie auch immer, sie kann mit folgender Gleichung (1) abgeschätzt werden:

$$F_d = 0.5 \rho c_d v^2 A \quad (1)$$

wobei ρ die Wasserdichte darstellt ($= 1000 \text{ kg/m}^3$), c_d ist der Drag Koeffizient ($= 0.47$ für einen Zylinder), v – Geschwindigkeit des Schaftes durch das Wasser (reicht von 1.7 bis 5.2m/s während des Durchzuges), A – Querschnittsfläche des benetzten Schaftabschnittes, der vom Durchmesser des Schaftes abhängt (38mm für ein Standard Skull) und Angriffswinkel.

Zusätzliche 6° Blatttiefe erhöhen den Widerstand um 12N während des Durchzuges, was nahezu 50W ($\approx 10\%$) der Rudererleistung verbraucht, und damit die Geschwindigkeit um 3,5% (14s über ein 2km Rennen bei 6:40) verringert.

Diese Energieverschwendungen kann man ganz deutlich an den Wasserspritzern/-fontänen am Schaft während des Durchzuges beobachten (Fig.3) und können mit besserer Blattarbeit vermieden oder zumindest signifikant verkleinert werden. Bei gleicher Blatttiefe ist auch der Gebrauch eines dünneren Ruderschaftes vorteilhaft: Ein Concept2 Skinny Schaft (32mm Dicke in der Mitte des Schaftes) reduziert die Geschwindigkeitsverluste um 0.7%, und **der WinTech RDS Schaft (28mm) erbringt etwa 1.2% der Geschwindigkeit (5s über 2k) während des Durchzuges**. Dies ist ein zusätzlicher Vorteil von dünnen Schäften zusätzlich zum geringeren aerodynamischen Widerstand während des Vorrollens (weitere 2-4s schneller).



Ein tiefer eingetauchtes Blatt hat einen weiteren negativen Effekt: Für jedes zusätzliche Grad an Eintauchtiefe sind die Griffen um etwa 1,5cm höher im Durchzug (Fig.2), was dann die Hebelwirkung und das Drehmoment der Griffkraft erhöht und damit mehr Belastung für Wirbelsäule und Rumpfmuskulatur bedeutet.

Was ist nun die optimale Eintauchtiefe des Ruderblattes? Die Statistiken, die während der Messungen der vergangenen fünf Jahre gesammelt wurden und mit dem BioRow™ System beurteilt wurden (mehr als 20000 Dateneinmessungen) ergeben im Durchschnitt einen minimalen Ruderwinkel gegenüber der Wasserlinie von $-5.9 \pm 1.4^\circ$ für Riemenrudern und $-7.6 \pm 1.5^\circ$ für Skullen. Dies erlaubte uns die Entwicklung einer Skala für die Beurteilung der Eintauchtiefe des Blattes (Tabelle 1), die nun ständig in den BioRow™ Berichten zusammen mit der Beurteilung von Schlupf in der Auslage, im Endzug und dem effektiven Winkel genutzt wird:

Tabelle. 1	Sehr flach	Flach	Normal	Tief	Sehr tief
Riemen	<1.5	<3.0	4.5-7.5	>9.0	>10.5
Skull	<3.0	<4.5	6-9	>10.5	>12.0

Die einfachste praktische Methode zur Kontrolle der Eintauchtiefe ist das Umkleben des Ruderschaftes mit einem hellen, wasserfesten Klebestreifen 40cm vom Blatt entfernt. Dann kann man versuchen, den Marker während des Durchzuges bei der Wasserlinie zu halten, was den optimalen Winkel von $6-7^\circ$ Eintauchtiefe ergibt.