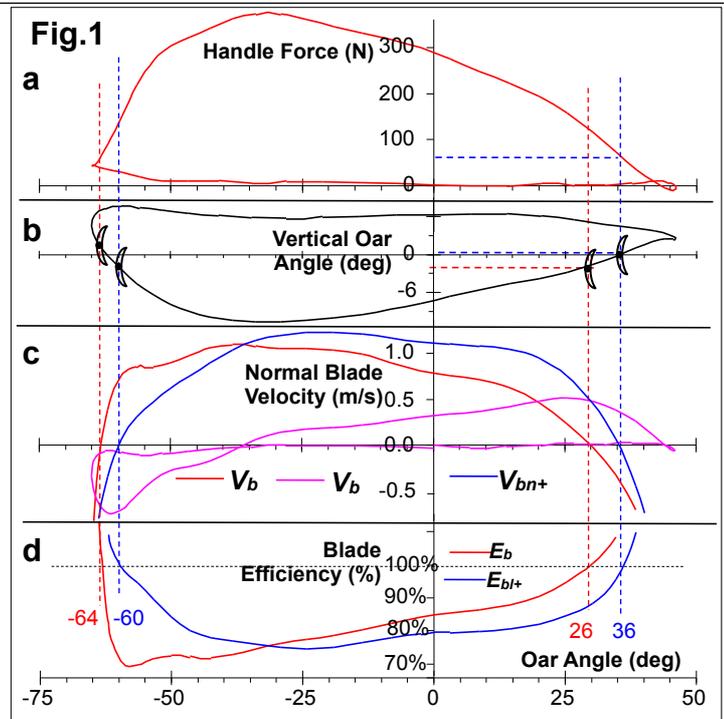


Fortgeschrittene Analyse der Blatтарbeit

In einem früheren Newsletter haben wir herausgefunden, daß die normale Blattgeschwindigkeit im Wasser negativ wird (d.h. der Mittelpunkt des Blattes bewegt sich in Richtung seiner Rückseite, bugwärts), und zwar gleich nach dem Fassen und kurz vor dem Endzug. Dies passiert alles, während das Blatt vorwärtsgerichtete Kraft produziert, in diesen Abschnitten war die Blatteffizienz mit mehr als 100% kalkuliert. Hier versuchen wir dieses Paradox zu erklären.

Die offensichtlichste Hypothese ist der Effekt der Schaftbiegung, welcher bisher nicht in die Kalkulationen zur Blattgeschwindigkeit mit einbezogen wurde. Um diesen Effekt zu untersuchen, haben wir die Steifheit eines Ruderschaftes kalibriert, indem wir eine dynamische Kraft an der Mitte des Blattes angesetzt haben und dann die Durchbiegung des Schaftes gemessen haben. Die Steifheit des Schaftes war extrem linear ($r=0.99$) innerhalb eines Bereiches von 0.68-0.91 mm/N für (je höher – desto weicher der Schaft), und 0.59-0.73 mm/N für Riemen. Diese Zahlen sind leicht höher als die Herstellerdaten, weil die Hersteller der Ruder die Durchbiegung eher am Ende des Schaftes messen und nicht in der Mitte des Blattes, so wie wir es taten.

Fig.1 zeigt die Kurven von Kraft (a) und Blatтарbeit (b) (Backbord im M1x bei 34.5 spm) in Verbindung mit der normalen Blattgeschwindigkeit im Wasser (c): V_{bn} wie früher bereits kalkuliert (RBN 2018/05), V_{bb} - entstanden durch die Schaftbiegung, V_{bn+b} - korrigierte Blattgeschwindigkeit, welche die Summe der beiden oberen ist. Fig.1d zeigt zwei Kurven der Blatteffizienz: E_{bl} wie früher bereits kalkuliert (RBN 2007/12), und E_{bl+b} - korrigiert um die Schaftbiegung.



Der Effekt der Schaftbiegung war sehr signifikant: Er verursacht eine Blattgeschwindigkeit vergleichbar mit seiner Bewegung im Wasser. Die Schaftbiegung muß also in die Berechnungen zur Blatteffizienz mit einbezogen werden. Die korrigierte Blattgeschwindigkeit V_{bn+b} wurde negativ bei -60° Auslage, und bei 36° Endzugwinkel (4° und 10° später als V_{bn}). Die korrigierte Blatteffizienz E_{bl+b} überquerte die 100% Marke bei den gleichen Ruderrwinkeln und wurde symmetrischer, während der Durchschnittswert ähnlich blieb (82.1% und 82.0%).

Wie auch immer, die Schaftbiegung erklärt nicht vollständig das Paradox, weil immer noch eine positive Kraft gemessen wurde, während die Blattmitte sich weiterhin rückwärtsgerichtet (bugwärts) bewegte während 5° nach dem Fassen und 4° vor Kraft null im Endzug. Somit war die Blatteffizienz immer noch höher als 100% während dieser Phasen.

Fig.2 veranschaulicht eine weitere Idee, die helfen kann, das Paradox zu lösen: Die Blattrotation im Wasser macht die Geschwindigkeit am äußeren Ende schneller, so bewegt es sich noch in frontaler Richtung, während die Blattmitte und die innere Seite sich bereits in Richtung Blattrückseite (rear) bewegen. Weil die Blattmitte sich etwa in Höhe der Wasserlinie befindet oberhalb der kritischen Punkte (Fig.1b) und das innere Ende bereits raus aus dem Wasser ist, erzeugt die rückwärts gerichtete (budwärts) Bewegung keine Kräfte mehr. Das äußere Ende ist immer noch ins Wasser eingetaucht, und so erzeugt die frontal gerichtete Bewegung eine vorwärtsgerichtete Kraft.

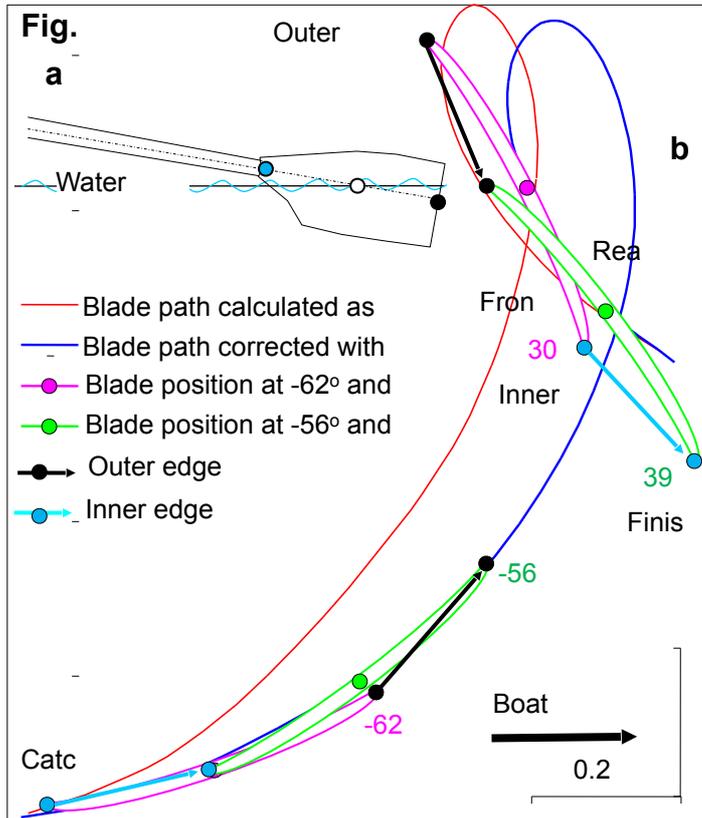
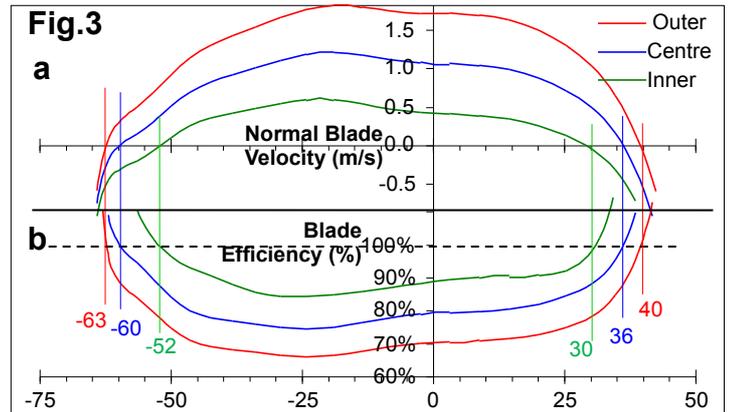


Fig.3 zeigt die Geschwindigkeiten des inneren und äußeren Endes des Blattes sowie seiner Mitte (korrigiert um die Schaftbiegung) (a), und die zugehörigen Effizienzen (b). Die kritischen Punkte für das äußere Ende passen perfekt zur Kraftkurve: bei 40° Endzugwinkel verringert sich die gemessene Kraft herunter auf null, und die kleine Kraft bei -64° Auslagewinkel ist ein Trägheitseffekt des Ruders (RBN 2018/03).



In der Schlußfolgerung erlaubt die fortgeschrittene Analyse der Blattarbeit eine vernünftige Erklärung zu den Berechnungen zur Blatteffizienz, wo ihre Werte beim Fassen und im Endzug über 100% sind. Sie sagt auch, daß die rückwärts gerichtete Bewegung der Blattmitte über der Wasserlinie keinen Beitrag zum Vortrieb leistet.