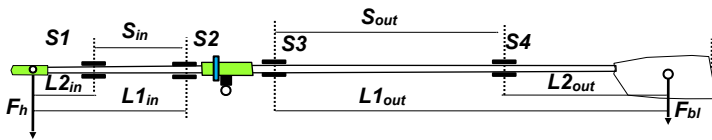


Forschung an vorderster Front bei der Mechanik des Ruders

Im Oktober begannen wir ein neues Forschungsprojekt über die Mechanik des Ruders und des Rudersystems. Der Schwachpunkt der früheren Studien war, daß es an Daten über die Punkte des Kraftansatzes am Griff und am Blatt mangelte. Damit war der tatsächliche Betrag an Kraft, der wirksame Innen- und Außenhebel, das Übersetzungsverhältnis, etc. stets unbekannt. Eine neue Meßmethode, die diese Lücke in unserem Wissen schließt, wurde entwickelt. Sie erlaubt uns, die echten wirksamen Kräfte, die auf das Rudersystem einwirken, zu definieren und damit auch die Mechanik des Leistungsübertrages und Vortriebseffizienz zu definieren.

Ein Paar Skulls (Concept2 Skinnies mit Smoothie Blades, 88/288cm) wurde mit vier Dehnmeßstreifen ausgerüstet. Sie wurden direkt auf den Ruderschaft an bestimmten Stellen aufgeklebt: je zwei Sensoren auf dem Innenhebel und auf dem Außenhebel (Fig.1, S1 – S4).

Fig.1



Die Sensoren wurden kalibriert, damit sie das Drehmoment mittels einer dynamisch angewandten Kraft multipliziert mit ihrem Hebel (die Distanz vom Sensor bis zu dem Punkt der Krafteinwirkung am Griff oder Blatt) messen können. Die Kalibrierung wurde an 4-5 Punkten für jeden Sensor wiederholt und die Koeffizienten waren sehr konsistent.

Wenn beim Rudern eine Kraft an den Griff und das Blatt angewendet wird, dann biegt sich der Ruderschaft durch und jeder Sensor mißt das Drehmoment M an seiner jeweiligen Position. Das Drehmoment hängt sowohl von der Kraft F und seinem Hebel L relativ zum Sensor ab.

$$M = F L$$

(1)

Jeder Sensor in dem Paar auf dem Innen- und Außenhebel mißt sein eigenes Drehmoment M_1 und M_2 , welches von seinen Hebeln L_1 und L_2 abhängt, aber die Kraft F bleibt die gleiche. Somit können wir sie definieren als:

$$F = M_1 / L_1 = M_2 / L_2$$

(2)

Da die Positionen der Sensoren konstant bleiben und die Distanz S zwischen ihnen bekannt ist, definiert das den Unterschied zwischen den Hebeln:

$$S = L_1 - L_2 \text{ or } L_1 = L_2 + S \tag{3}$$

Dann formen wir Gleichung 2 um und ersetzen L_1 :

$$M_1 / M_2 = L_1 / L_2 = (L_2 + S) / L_2 = 1 + (S / L_2)$$

(4)

Schlußendlich:

$$L_2 = S M_2 / (M_1 - M_2)$$

(5)

Oder, mit Austausch von L_2 :

$$L_1 = S M_1 / (M_1 - M_2)$$

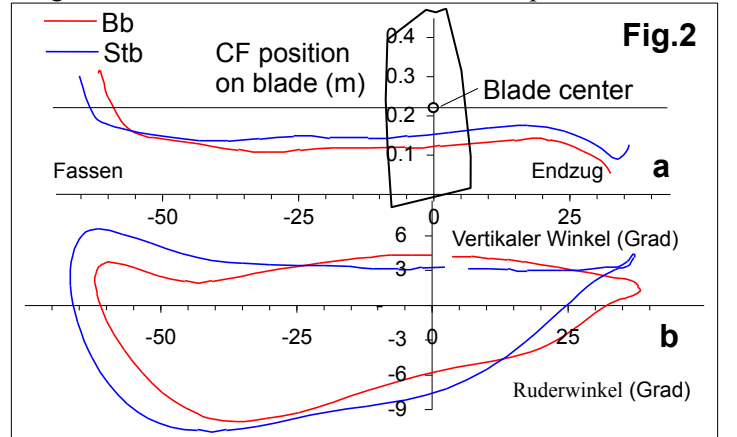
(6)

Auf diesem Wege können die tatsächlich wirksamen Hebel der Kräfte abgeleitet werden und damit die genaue Position des Mittelpunktes der Krafteinwirkung am Rudergriff oder -blatt. Das geschieht mittels eines Vergleiches der Paare der gemessenen Drehmomente auf dem Schaft bei den bekannten Positionen der Sensoren. Wenn wir die tatsächlichen Hebel der gemessenen Drehmomente kennen, dann kann die tatsächlich wirksame Kraft F am Griff und am Blatt mit Gleichung 2 abgeleitet werden.

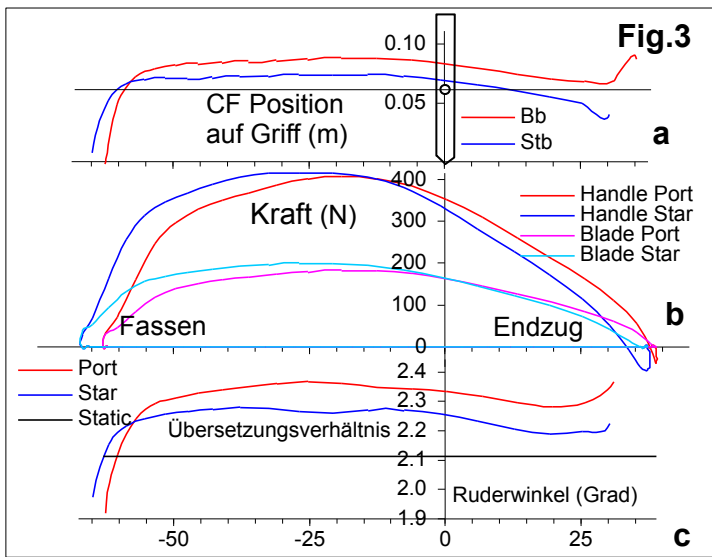
Die Methode wurde mit dem Anhängen von Gewichten an verschiedene Punkte am Griff und Blatt erfolgreich überprüft. Dann wurde die tatsächliche Position mit der auf den gemessenen Drehmomenten basierenden berechneten Position verglichen. Das Video von der Überprüfung und der Testung kann man hier finden:

<https://drive.google.com/drive/folders/1R7qYGfABbHQUQKfrOHYDbJtKJDHSNJEF?usp=sharing>

Hier sind ganz kurz die Ergebnisse der ersten Messungen, die in einem M1x bei 30 spm gemacht wurden. Das Boot war auch mit vielen anderen Sensoren (Dollen-, Stembrett-, Dollenstiftkräfte, siehe RBN 01/2019) ausgerüstet, um die neuen Variablen zu überprüfen.



Die Position des Kraftmittelpunktes (CF) auf dem Blatt war leicht entfernt von seinem geometrischen Mittelpunkt, etwas näher am äußeren Ende (Fig.2a). Der tatsächliche Außenhebel war auf der Steuerbordseite ein wenig kürzer, was mit dem tieferen Eintauchen des Blattes zusammenfällt. Beim Fassen war der tatsächliche Außenhebel kürzer und im Endzug etwas länger, was mit den Trägheitskräften bei der Blattbeschleunigung zusammenhängen kann.



Die Positionen von CF auf dem Griff waren auch nicht genau in der Mitte, sondern ein wenig weiter weg vom Ende. Die Backbordseite hatte einen kürzeren tatsächlichen Innenhebel, im Gegensatz zum tatsächlichen Außenhebel (Fig.3a). Das führt zu einem härteren tatsächlichen Hebelverhältnis auf der Backbordseite. Beide Seiten hatten ein härteres Übersetzungsverhältnis als das über ihre geometrischen Mittelpunkte am Griff und Blatt definierte statische Übersetzungsverhältnis.

Weitere Ergebnisse dieser Studie werden bald veröffentlicht.

Danksagung: Vielen Dank an Concept2 Inc. und ganz besonders an Dick Dreissigacker für sein Interesse und seine freundliche Unterstützung bei dieser Studie.