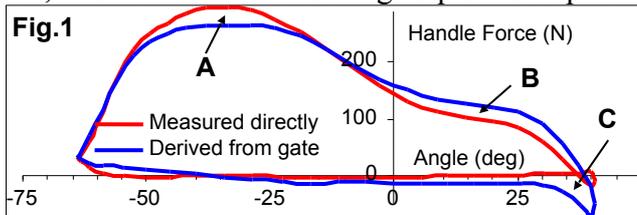


Forschen an forderster Front

Kürzlich haben wir eine neu entwickelte instrumentierte Dolle (1) mit sechs Einerrudern von unterschiedlichem Niveau und Geschlecht getestet. Der Hauptzweck war der Vergleich und die Überprüfung der Kraftmessungen und Leistungsberechnungen gegenüber unserer Standardmethode: Messung der Griffkraft über die Durchbiegung des Ruders. Wir haben bereits verschiedene Methoden der Kraftmessung im RBN 2010/03 diskutiert. Da der neue Sensor die Dollenkraft F_{gate} rechtwinklig zum Ruder mißt, wird die Griffkraft F_{hnd} abgeleitet als:

$$F_{hnd} = F_{gate} * (L_{out} / (L_{in} + L_{out})) = F_{gate} * (L_{out} / L_{oar}) \quad (1),$$

wobei L_{in} der aktuelle Innenhebel (vom Dollenstift bis zur Mitte des Griffes), L_{out} der aktuelle Außenhebel (vom Dollenstift bis zur Blattmitte) und L_{oar} – die aktuelle Ruderlänge (ist gleich der Summe der beiden ersten Werte) ist. Fig.1 zeigt die Kraftkurven, die wir mit beiden oben beschriebenen Meßmethoden erhalten haben, in einem W1x bei Schlagfrequenz 30 spm:



Man fand heraus, daß die Kraftkurven leicht voneinander abwichen:

- Die direkt gemessene Griffkraft war in der ersten Hälfte des Durchzuges höher (A);
- Die abgeleitete Griffkraft war in der zweiten Hälfte des Durchzuges höher (B);
- Der Dollensensor maß eine kleine negative Kraft am Beginn der hinteren Umkehr (C), was mit der Trägheitskraft eines sich schnell beschleunigenden Ruders erklärt werden kann. Der Rudersensor erkennt diese Kraft nicht, weil das Blatt bereits abgedreht ist.

Die Leistung P wurde abgeleitet als:

$$P = F_{hnd} * L_{in} * \omega \quad (2)$$

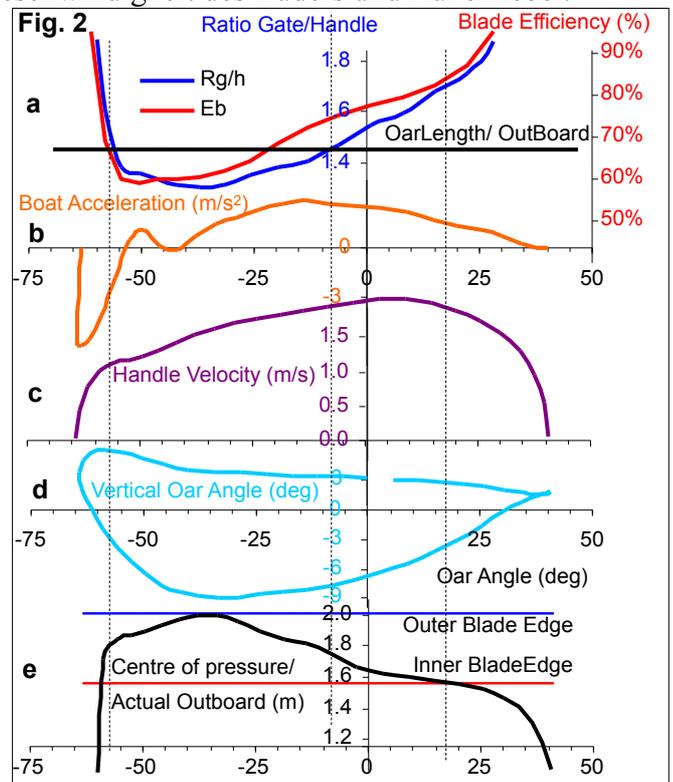
wobei ω die Winkelgeschwindigkeit des Ruders ist.

Man fand heraus, daß die Werte für die Leistung, die mit beiden Methoden berechnet wurden, recht gut miteinander korrespondieren: die durchschnittliche Differenz war $0.45\% \pm 0.17\%$ (min. 0.11%, max. 1.07%). Dies erlaubt uns die Schlußfolgerung, daß die **neuen Dollensensoren verlässlich für die Messungen der Ruderleistung genutzt werden können.**

Dann versuchten wir, die Gründe für die Differenz in den Kraftkurven zu analysieren, die bei den Messungen an der Dolle und am Rudergriff auftreten. Das Verhältnis dieser beiden Kräfte Rg/h wurde abgeleitet, welches, aus Gleichung (1) entnommen, das gleiche Verhältnis von aktueller Ruderlänge zum Außenhebel sein sollte:

$$Rg/h = F_{gate} / F_{hnd} = L_{oar} / L_{out} \quad (3)$$

Als wir dieses Verhältnis gegen den Ruderwinkel auftrugen (Fig.2a), waren wir erstaunt zu sehen, wie ähnlich diese Kurve der Kurve der Blatteffizienz ähnelt (Eb, RBN 2007/12). Es ist sehr unwahrscheinlich, daß diese Ähnlichkeit mit einem systematischen Fehler der Sensoren erklärt werden kann, weil diese zwei Variablen vollkommen unabhängig voneinander abgeleitet wurden: Rg/h von den zwei Kraftsensoren, Eb – von der Bootsgeschwindigkeit, Winkelgeschwindigkeit des Ruders und Außenhebel.



Die schwarze horizontale Linie in Fig.2a repräsentiert das Verhältnis der aktuellen Hebel L_{oar}/L_{out} , geometrisch abgeleitet, d.h. vorausgesetzt, daß die resultierenden Kräfte an Griff- und Blattmitte ansetzen. Das Verhältnis der Kräfte Rg/h war im Mittelzug, dicht an der Orthogonalstellung des Ruders, gleich dem Verhältnis der Hebel L_{oar}/L_{out} . Während der ersten Hälfte des Durchzuges war das Verhältnis der Kräfte niedriger als das Hebelverhältnis, was aus einem der drei folgenden Gründe oder einer Kombination von ihnen passieren kann:

- Wenn der aktuelle Außenhebel länger ist, d.h. die resultierende Blattkraft setzt dichter am äußeren Blattende an;
- Wenn der aktuelle Innenhebel kürzer ist, d.h. die resultierende Griffkraft setzt dichter am inneren Ende an;
- Trägheitskraft, verursacht durch Winkelbeschleunigung des Ruders.

Während der zweiten Hälfte des Durchzuges war das Verhältnis der Kräfte Rg/h höher als das Verhältnis der Hebel L_{oar}/L_{out} , was mit den zu den oben erwähnten umgekehrten Gründen erklärt werden kann.

Es ist unwahrscheinlich, daß der aktuelle Innenhebel beim Skullen signifikant verändert werden kann, weil in einem solchen Fall die resultierende Kraft weit außerhalb des Griffes ansetzen müßte. Eine kleine Trägheitskraft sollte auch nicht der Grund dafür sein, weil die Winkelbeschleunigung während des Durchzuges sehr klein ist.

Deshalb bleibt nur ein glaubwürdiger Grund übrig: Die Veränderung des aktuellen Außenhebels, was bereits früher einmal erwähnt wurde (RBN 2003/08). Das kann mit den Besonderheiten der Hydrodynamik des Blattes bei verschiedenen Ruderwinkeln zusammenhängen, Eintauchtiefe (Fig.2d) und angewandte Kräfte, was auch die Blatteffizienz beeinflusst, daher sind die Kurven ähnlich. Fig.2e zeigt, daß **sich der abgeleitete Druckmittelpunkt am Ende des Durchzuges nach außerhalb des Blattes bewegt**. Die Gründe für diese Phänomene sind uns noch nicht ganz klar. Alle Hypothesen aus der Leserschaft sind willkommen.

Referenzen

1. BioRowTel Rowing telemetry system,
http://www.biorow.com/PS_tel.htm

©2011: Dr. Valery Kleshnev www.biorow.com