

Dynamische Analyse in transversaler (horizontaler) Ebene

Wenn ein Ruderer im Boot am Griff zieht, dann wird normalerweise die Kraft nicht genau rechtwinklig zum Ruderschaft angesetzt. Dies ist einer der Unterschiede zwischen dem Rudern auf dem Wasser und auf dem Ergometer, wo die Kraft immer rechtwinklig zur Griffachse angreift. Beim Riemenrudern ist in der Auslage der Winkel zwischen dem Unterarm des Außenarms etwa 70°, und für den Innenarm sind es 60° (Fig.1), so sollte die Gerade der resultierenden Kraft einen Winkel von 66-68° aufweisen (der Außenarm zieht mit höherer Kraft). Beim Skullen ist der Winkel zwischen Ruder und Unterarm spitzer: in der Auslage beträgt er etwa 60° (Fig.2).

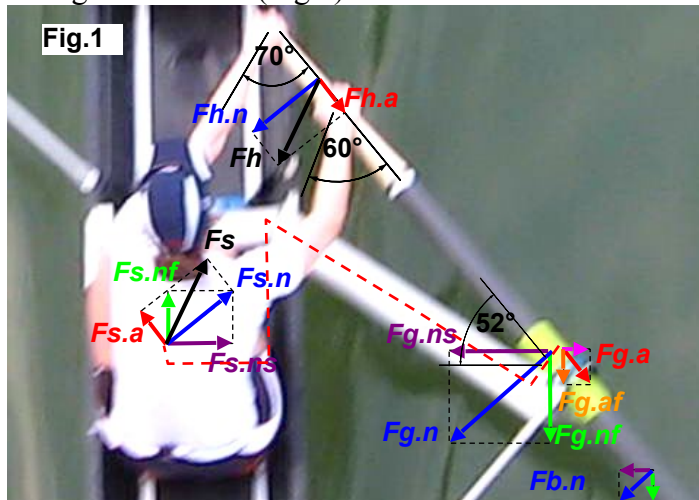


Fig.1

Die resultierende Griffkraft F_h kann in zwei Komponenten aufgespalten werden: eine normale (rechtwinklige) Kraft $F_{h.n}$ und eine axiale Kraft $F_{h.a}$. Bei einem Zugwinkel $A=60^\circ$ sollte die normale Komponente $F_{h.n}$ gleich zu $\sin(A)=86.7\%$ der Gesamtkraft F_h sein, und die axiale Komponente $F_{h.a}=\cos(A)=50\%$ von F_h .

Wenn die axiale Komponente $F_{h.a}$ durch den Ruderschaft zur Dolle übertragen wird, erzeugt sie die selbe axiale Dollenkraft $F_{g.a}$ (die kleine axiale Kraft vom hydrodynamischen Widerstand des Blattes wird ignoriert). Auf der anderen Seite muß der Ruderer, um axiale Griffkraft zu erzeugen, Kraft der gleichen Größe auf das Stembrett bringen, aber in entgegengesetzter Richtung. Da das Stembrett über den Bootskörper, Ausleger mit dem Dollenstift/der Dolle verbunden ist, heben sich diese Kräfte auf, d.h. sie sind interne Kräfte und **die axiale Griffkraft trägt nicht zum Vortrieb des Ruderer-Boot-Systems bei**. Sie erzeugt keine Leistungs- oder Energieverluste, weil es keine Bewegung des Ruders relativ zur Richtung der Bootsbeugung gibt, aber **wirkt wie eine härtere Übersetzung**: die Gesamtkraft ist höher (um 13.3% bei $A=60^\circ$), aber langsamer um denselben Faktor.

Die normale Griffkraft $F_{h.n}$ wird auch auf die Dolle übertragen, wo sie mit der normalen Blattkraft $F_{b.n}$, als Reaktionskraft des Wassers, zusammengefasst wird. Deshalb ist die normale Dollenkraft $F_{g.n}$ höher als die Griffkraft:

$$F_{g.n} = F_{h.n} + F_{b.n} = F_{h.n} \cdot L_{out.a} / (L_{out.a} + L_{in.a}) \quad (1)$$

wobei $L_{in.a}$ die aktuelle Innenhebellänge ist, und $L_{out.a}$ - der aktuelle Außenhebel. Die normale Dollenkraft

kann in die Vorwärts- $F_{g.nf}$ und Seitenkomponente $F_{g.ns}$ zerlegt werden. Auf der anderen Seite erzeugt die Griffkraft eine entgegengesetzte Reaktionskraft F_s , die durch den Körper des Ruderers auf das System einwirkt. Seine axiale Komponente $F_{s.a}$ wird an der Dolle ausbalanciert, aber die normale Komponente $F_{s.n}$ kann in Vorwärts- $F_{s.nf}$ und Seitenkräfte $F_{s.ns}$ aufgespalten werden. Da die vorwärts gerichtete Dollenkraft $F_{g.nf}$ höher ist als die Griffreaktionskraft $F_{s.nf}$, macht die Differenz zwischen ihnen die Vortriebskraft aus, die vom Blatt übertragen wird und das Ruderer-Boot-System vorwärts beschleunigt. Lediglich die normale Kraft $F_{h.n}$ rotiert das Ruder um den Dollenstift und erzeugt Geschwindigkeit in diese Richtung. Ein Produkt dieser Kraft und Geschwindigkeit ist die Griffkraft, die durch die Hebelwirkung des Ruders übertragen wird. Das geschieht, wenn das Blatt im Wasser ansetzt und Vortrieb für das Ruderer-Boot-System, und Verlustleistung durch „Blattschlupf“ im Wasser erzeugt (RBN 2007/12, 2012/06). **Schlußfolgerung: Nur die normale Griffkraft erzeugt erzeugt den Vortrieb für das System.**

Wenn eine Kraft am Dollenstift nur in Vorwärtsrichtung gemessen wird, dann ist der Output eine Kombination von normal-vorwärtstreibender $F_{g.nf}$ plus axial-parasitärer $F_{g.af}$ Komponente, es ist also nicht möglich sie zu trennen. Deshalb muß die Dollenkraft in zwei Dimensionen gemessen werden, und die normale zur Ruderkomponente muß mit dem Ruder-Dollenwinkel abgeleitet werden. Die Messung an der Dolle ist einfacher, weil sie die normale Komponente direkt erkennt (RBN 2010/03).

Beim Skullen heben sich die Seitenkomponenten der beiden Griffkräfte im Rudererkörper auf (Fig.2). Deshalb hat die resultierende Kraft keine seitlichen Komponenten und setzt in paralleler Richtung zum Boot an. Dies kann der Grund dafür sein, warum die Kräfte beim Skullen höher sind als beim Riemenrudern (RBN 2010/08) und Skullboote mit gleicher Mannschaftstärke schneller sind als Riemenboote.

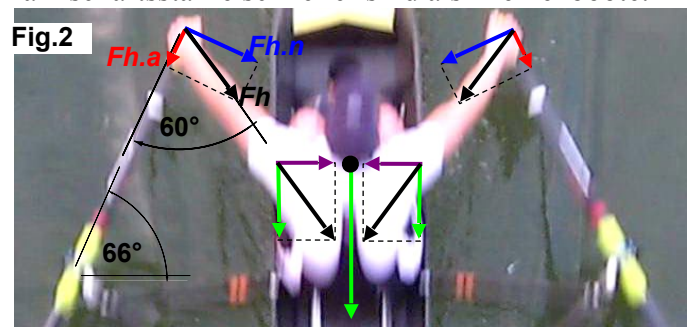
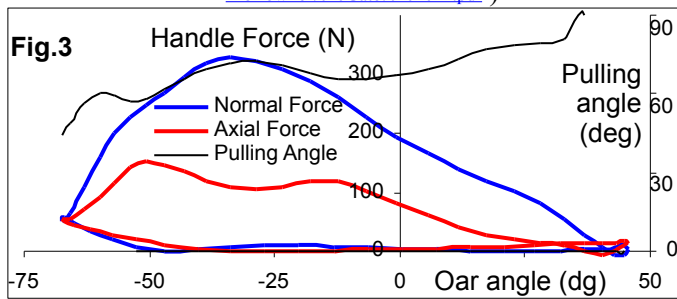


Fig.2

Fig. 3 zeigt die normalen und axialen Kräfte in einem LM1x bei 33 spm, gemessen mit 2D instrumentierten Dollen (BioRowTel, http://www.biorow.com/PS_tel_files/BioRowTel%20Gate%202012.pdf)



Der Zugwinkel (zwischen der resultierenden Kraft und dem Ruderschaft), abgeleitet vom Verhältnis der Kräfte, erreicht nur am Ende des Durchzuges 90°.

Schlußfolgerung: **Ein Ruderer sollte die normale Griffkraft maximieren, und eine minimale axiale Kraft, um das Ruder in der Dolle zu halten.**