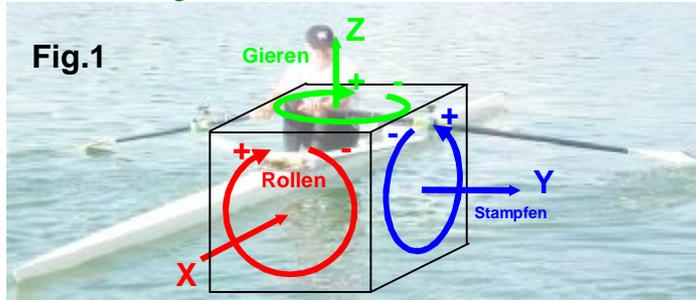


## Rotationsbewegungen des Bootes

Es gibt drei Hauptachsen bei jedem Wasserfahrzeug, die Längsachse X, die Querachse Y und die Vertikalachse Z (Fig.1). Die Rotationsbewegungen um sie herum werden Rollen, Stampfen und Gieren genannt:

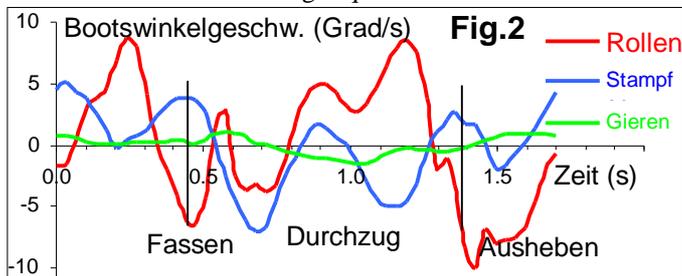
- Das Boot rollt, wenn es um die Längsachse X rotiert.
- Das Boot stampft, wenn es um die Querachse Y rotiert.
- Das Boot giert, wenn es um die Vertikalachse Z rotiert.



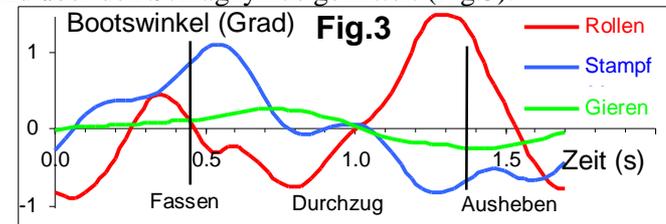
Das BioRowTel Meßsystem (1) ist mit einem 3D Gyroskop ausgerüstet, welches Messungen der Winkelgeschwindigkeiten der Rotationsbewegungen des Bootes in allen drei Achsen erlaubt. Als Vereinbarung für die Richtungen der Messungen gilt Folgendes:

- Positives Rollen ist Backbordseite hoch.
- Positives Stampfen ist Bug hoch, Heck herunter.
- Positives Gieren ist, wenn der Bug nach Steuerbord geht.

Fig. 2 zeigt die Winkelgeschwindigkeiten des Bootskörpers eines Einerruders bei Schlagfrequenz 35 /min:



Die Winkelgeschwindigkeiten sind schwierig zu interpretieren und für Trainer und Ruderer aussagekräftig zu machen. Sie sind verflochten mit den Roll-, Stampf- und Gierwinkeln, dann werden die Achsversätze einbezogen und über den Schlagzyklus gemittelt (Fig.3).



Obwohl diese Winkel nicht streng an einen Referenzrahmen wie die Erde/Wasser geeicht sind, sind sie trotzdem brauchbar zur Auswertung der relativen Rotationsbewegungen des Bootes und können folgendermaßen interpretiert werden:

Das Rollen ist sehr dicht an Null beim Fassen, wenn das Boot ausbalanciert ist. Dann wird es negativ bis  $-1^\circ$  (die Backborddolle geht runter), was eine Folge des Auseinandergehens der Griffe während des Durchzuges ist (RBN 2011/07). Zum Endzug hin rollt das Boot zur anderen Seite um mehr als  $+1^\circ$  (Steuerborddolle

runter), weil der Skuller die Griffe auf gleicher Höhe zieht, die Dollenhöhe aber unterschiedlich ist. Während des Freilaufes wiederholt sich dieses Rollen.

Das Stampfen des Bootes hat seinen größten positiven Wert  $+1^\circ$  (Heck geht runter) gleich nach dem Fassen, was mit der Verlagerung des Ruderergewichtes vom Rollsitz auf das Stemmbrett zu tun hat (RBN 2011/03). Im Mittelzug verbleibt das Stampfen dicht an Null (das Boot ist balanciert). Im Endzug wird das Stampfen negativ, dicht an  $-1^\circ$  (Bug geht runter), was mit der erhöhten Sitzkraft und den Aufwärtskräften am Stembrett im Zusammenhang mit der Umkehrbewegung des Oberkörpers erklärt werden kann (RBN 2006/10).

Das Gieren des Bootes ist fast null am Ende des Freilaufes und wird um  $+0.3^\circ$  positiv direkt nach dem Fassen, was mit der Asymmetrie der Kraftanwendung dieses Skullers erklärt werden kann: Sein rechter Arm zieht starker, um die Griffe im Mittelzug hintereinander zu bekommen (RBN 2011/07). Dann giert das Boot zur anderen Seite, weil der linke Arm aufholt, und der kleinste Gierwert von etwa  $-0.3^\circ$  wird im Endzug erreicht. Während des Freilaufes sinkt der Gierwinkel ab auf null, was mit der stabilisierenden Wirkung der Schwertflosse erklärt werden kann.

Die folgende Tabelle zeigt eine Statistik unserer Amplitudenmessungen (Differenz zwischen maximalen und minimalen Winkeln) von Rollen, Stampfen und Gieren:

Bootsklasse	n	Rollen (deg)	±SD	Stampfen (deg)	±SD	Gieren (deg)	±SD
1x	492	2.70	1.45	1.39	0.27	0.65	0.26
2-	185	1.42	0.81	1.29	0.16	0.58	0.16
2x	317	1.42	1.03	1.24	0.16	0.42	0.21
4-	137	0.53	0.64	1.01	0.15	0.45	0.15
4x	60	0.54	0.60	0.88	0.08	0.11	0.03
8+	35	0.14	0.08	0.81	0.43	0.05	0.01

Die Rollamplitude ist am größten im Einer und sinkt signifikant ab in größeren Booten, fast runter auf null im Achter, was die stabilste Bootsklasse ist. Interessanterweise gibt es keine signifikanten Unterschiede in der Rollbewegung zwischen Skull- und Riemenbooten.

Überraschenderweise ist der Unterschied in der Stampfamplitude in verschiedenen Booten relativ klein: in den Achtern ist das Stampfen nur 40% geringer als in den Einern. Die Stampfamplitude vergrößert sich signifikant mit der Schlagfrequenz ( $r = 0.86$ ), was mit höheren Trägheitskräften erklärt werden kann.

Die Gieramplitude ist auch umgekehrt proportional zur Bootsgröße, abfallend fast auf null in den Achtern. In Riemenzweiern ist sie geringfügig höher als in Doppelzweiern und in Riemenvierern - signifikant höher als in Doppelvierern, was mit der Asymmetrie der Riggerung erklärt werden kann (RBN 2008/01, 2009/11).

**Alle Rotationsbewegungen des Bootes sollten minimiert werden: Stampfen und Gieren können die Widerstandskräfte erhöhen; Das Rollen die Kraftanwendung vermindern und zu Verletzungen führen.**

### References

1. BioRowTel Rowing telemetry system, [http://www.biorow.com/PS\\_tel.htm](http://www.biorow.com/PS_tel.htm)