

Standardisierung von biomechanischen Daten

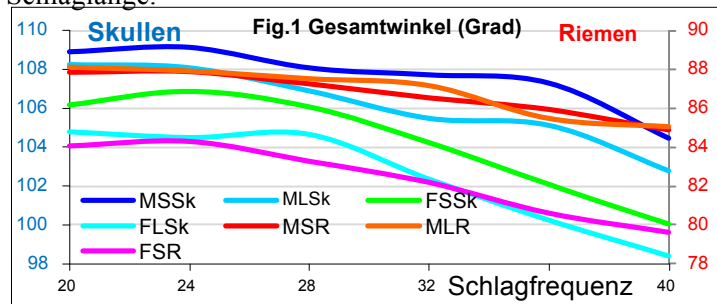


Im letzten Newsletter wurde herausgefunden, daß man die BioRow Daten zur Standardisierung der Messungen an der **EmPower** Dolle heranziehen kann. Dazu wurde eine Datenbank herangezogen. Diese Datenbank beinhaltet mehr als 22000

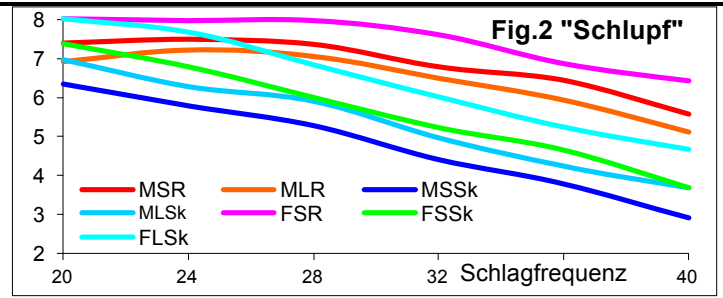
Meßwerte, die in den vergangenen acht Jahren mit dem BioRowTel System gesammelt und analysiert wurden. Die Athleten wurden in sieben Kategorien eingruppiert, abhängig vom Geschlecht (Männer/Frauen), Gewicht (Schwergewicht/Leichtgewicht) und Ruderart (Riemen/Skullen). In jeder Kategorie wurde die Schlagfrequenz auf die am dichtesten durch 4 teilbare Zahl gerundet und die Messungen wurden in sechs Schlagfrequenzbereiche von 20 bis 40 Schläge/Minute eingruppiert. Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Messungen, die in jeder Kategorie analysiert wurden:

Tabeller Schlagfrequenz	MS R	ML R	MS Sk	ML Sk	FS R	FS Sk	FL Sk	Total
20	746	378	407	271	242	264	238	2546
24	1040	428	554	308	364	285	248	3227
28	1136	450	638	336	362	335	352	3609
32	1666	564	773	390	512	489	409	4803
36	1838	764	803	461	578	353	328	5125
40	1068	506	383	240	308	115	119	2739
Total	7494	3090	3558	2006	2366	1841	1694	22049

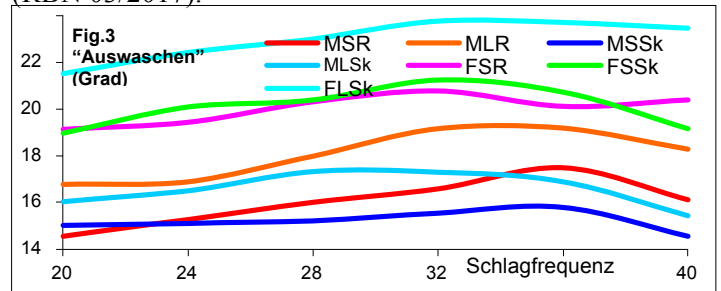
Die einzelnen Variablen waren sehr verschieden, abhängig von der Schlagfrequenz. Die Schlaglänge (Gesamtruderwinkel) war konsistent bei Frequenzen von 20 bis 28 Schlägen/Min, aber bei Frequenzen von 36-40 verringerte er sich um 3-4 Grad beim Riemenrudern und um 5-6 Grad beim Skullen (Fig.1). Dies passierte durch eine proportionale Verringerung der Auslage- (um 2-4 Grad) und Endzugwinkel (um 1-2 Grad). Es ist sehr interessant, dass die Schlaglänge praktisch die selbe in beiden Männer-Riemen Kategorien war (Schwer- und Leichtgewicht), aber bei den Skullern hatten die Leichtgewichte (Männer und Frauen) etwa 2 Grad kürzere Schlaglänge.



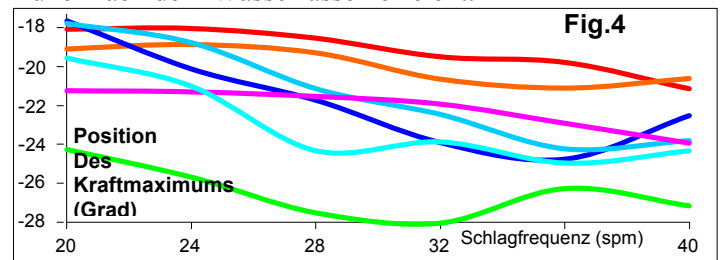
Der "Schlupf" in der Auslage verringert sich signifikant bei höheren Schlagfrequenzen in allen Skulkategorien (Fig.2): bei 40/min war er etwa halb so groß als wie bei 20/min. Beim Riemenrudern war der "Schlupf" bei Frequenzen von 20-30/min konsistent, dann verringerte er sich um 2 Grad bei 40/min.



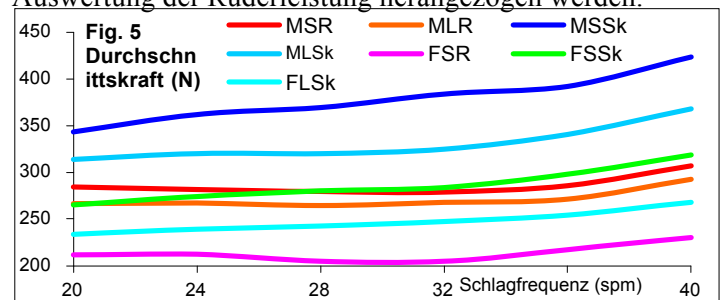
Im Gegensatz dazu war das "Auswaschen" im Endzug bei den Riemen- und Skullgruppen sehr ähnlich, aber es hängt vom Geschlecht der Ruderer ab: Bei den Männern was das "Auswaschen" 5-6 Grad kürzer. Dies kann mit den stärkeren Armen der Männer erklärt werden, die es erlauben, die Kraft im Endzug länger aufrecht zu erhalten. Das "Auswaschen" wird etwa 2 Grad länger bei höheren Schlagfrequenzen (Fig.3), und erreicht sein Maximum bei 32-36 Schlägen pro Minute, aber dann verringert er sich um etwa 1 Grad bei 40/min. Für die Auswertung der EmPower Daten müssen die "Auswasch"-Werte mit 0.77 multipliziert werden, wie es bereits herausgefunden wurde (RBN 03/2017).



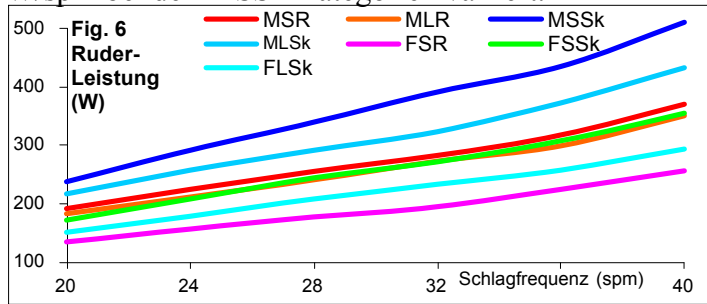
Die Position des Kraftmaximums war in allen Kategorien, ausser Frauen Skull, recht ähnlich (Fig.4), wo es etwa 4 Grad früher erreicht wurde. Bei höheren Schlagfrequenzen wurde das Kraftmaximum etwa 3 Grad früher nach dem Wasserfassen erreicht.



Sowohl Durchschnittskraft als auch Kraftmaximum steigen mit der Schlagfrequenz an (Fig.5), signifikanter beim Skullen (2-3 N/spm) als beim Riemenrudern (0.8-1 N/spm). Dieser Faktor kompensiert die Verringerung der Schlaglänge, also bleibt die Arbeit pro Schlag (Work per Stroke) recht konstant über die verschiedenen Schlagfrequenzen. Deswegen kann, **WpS** zuverlässig zur Auswertung der Ruderleistung herangezogen werden.



Die Leistung wächst mit der Schlagfrequenz (Fig.6) mit einem durchschnittlichen Gradienten von 8.8 W/spm an, was von 6.0 W/spm bei FSR bis 13.2 W/spm bei den MSSk Kategorien variiert.



Die Tabellen 2 und 3 im Anhang unten zeigen die Durchschnittswerte wichtigsten biomechanischen Variablen (für alle Schlagfrequenzen) in jeder Kategorie und ihre Standardabweichungen, die zur Standardisierung der Ruderleistung genutzt werden können. Die meisten Daten wurden im 2km Stufentest (RBN 03/2013) erhoben, also für kürzere Strecken sind Kraft und Leistung höher, für längere Strecken geringer. Normative Werte für verschiedene Distanzen kann man durch Anwendung der Geschwindigkeits/Distanz-Gleichungen erhalten (RBN 1/2012).

Tabelle 2. Durchschnittswerte der wichtigsten biomechanischen Größen der Ruderkategorien

	Variable	Kategorie	MSR	MLR	MSSk	MLSk	FSR	FSSk	FLSk
1	Auslagewinkel (Grad)		-53.7	-53.9	-65.0	-64.1	-50.6	-62.8	-62.3
	±SA		3.5	3.0	4.1	3.9	4.1	4.3	4.1
2	Endzugwinkel (Grad)		32.8	32.6	42.6	41.7	31.5	41.8	40.5
	±SA		2.7	2.6	3.3	3.5	3.2	3.8	3.2
3	Gesamtwinkel (Grad)		86.5	86.5	107.7	105.8	82.1	104.6	102.8
	±SA		4.1	3.8	5.0	5.3	5.1	5.8	5.4
4	“Schlupf” (Grad)		6.7	6.2	4.7	5.2	7.4	5.7	6.4
	±SA		2.1	2.1	2.0	2.2	2.0	2.1	2.2
5	“Auswaschen” (Grad)		16.1	18.1	15.2	16.6	20.0	20.3	23.0
	±SA		4.3	4.1	3.8	3.8	4.0	4.4	4.4
6	Durchschnittskraft (N)		287.4	274.6	378.5	332.0	212.9	283.9	245.5
	±SA		50.9	37.7	53.4	44.9	35.1	42.2	29.1
7	Kraftmaximum (N)		611.1	576.2	723.3	624.4	456.7	544.5	466.1
	±SA		100.9	75.2	98.1	79.1	69.2	75.3	53.5
8	Position des Kraftmaximums (Grad)		-19.4	-20.3	-22.2	-21.5	-22.2	-26.6	-23.2
	±SA		7.0	7.2	9.1	9.4	6.6	8.7	9.0
9	Arbeit pro Schlag (J)		542.6	515.1	729.6	623.9	376.2	516.6	439.3
	±SA		99.1	71.3	102.2	84.5	67.2	82.3	52.9

Tabelle 3. Durchschnittswerte der Ruderleistung (W) in den Ruderkategorien bei verschiedenen Schlagfrequenzen

Schlagfrequenz (spm)	Kategorie	MSR	MLR	MSSk	MLSk	FSR	FSSk	FLSk
20.0		191.1	181.6	237.4	215.8	133.1	171.3	150.7
	±SA	34.3	22.2	41.0	30.4	20.4	28.7	21.0
24.0		223.3	210.1	291.5	256.4	156.0	207.8	178.6
	±SA	39.5	29.6	43.3	36.5	24.3	32.1	22.8
28.0		254.7	239.8	339.0	290.5	176.0	243.3	207.5
	±SA	45.9	28.8	48.7	40.8	28.8	38.2	23.3
32.0		281.7	271.7	391.4	322.9	193.9	271.7	232.0
	±SA	49.9	34.3	55.4	44.4	33.5	43.1	26.3
36.0		316.3	298.1	435.1	371.9	224.3	307.7	257.1
	±SA	59.8	44.2	64.5	51.2	44.7	56.8	32.8
40.0		369.0	349.3	510.1	431.6	255.5	355.1	292.8
	±SA	74.1	57.4	63.1	50.9	49.7	50.1	33.0
	Durchschnitt aller Schlagfrequenzen	281.3	266.5	367.2	316.7	194.4	254.5	216.7
	±SA	75.1	65.7	94.9	78.9	51.7	66.5	48.1