

## Der Effekt der Schlagfrequenz auf die Rudertechnik

Die Schlagfrequenz ist ein unglaublich wichtiger Faktor der Rudertechnik, und jedes Mal, wenn wir die biomechanischen Variablen und Indikatoren diskutiert hatten, erwähnten wir auch ihre Abhängigkeit von der Schlagfrequenz. Dieses Thema wurde vorher schon in vielen Publikationen besprochen, und hier wird es nun zusammengefasst, um ein klareres und besseres Bild zu geben.

Zur Analyse wurde die *BioRow* Datenbank herangezogen, die zwischen 2012-2019 nahezu 36000 Messungen angesammelt hat. Zum größten Teil wurden die Messungen während eines Standard *BioRow* Test-Protokolls (2km Schlagfrequenz Stufen-Test, RBN 04/2013) durchgeführt. Die Messungen wurden um ganzzahlige durch 4 teilbare Werte herum gruppiert, d.h. der Bereich der Schlagfrequenz von 18-22 spm wurde als 20 spm eingruppiert, 22-26 als 24 spm etc., und sämtliche biomechanischen Indikatoren wurden innerhalb einer jeden Gruppe gemittelt. Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Datenmessungen in jeder Gruppe in sechs Bootsklassen:

Tab.1	20	24	28	32	36	40	44	Durchschnitt
<b>2-</b>	263	242	275	427	389	225	74	<b>1895</b>
<b>4-</b>	502	667	668	1062	1189	645	258	<b>4991</b>
<b>8+</b>	1391	1857	1958	3057	4085	1823	396	<b>14567</b>
<b>Riemen</b>	2156	2766	2901	4546	5663	2693	728	<b>21453</b>
<b>1x</b>	635	691	1052	1179	602	284	85	<b>4528</b>
<b>2x</b>	612	741	942	1326	1286	659	144	<b>5710</b>
<b>4x</b>	416	519	584	921	1245	440	75	<b>4200</b>
<b>Skull</b>	1663	1951	2578	3426	3133	1383	304	<b>14438</b>
<b>Gesamt</b>	<b>3819</b>	<b>4717</b>	<b>5479</b>	<b>7972</b>	<b>8796</b>	<b>4076</b>	<b>1032</b>	<b>35891</b>

Es ist trivial, daß die Indikatoren für das Timing direkt von der Schlagfrequenz beeinflusst werden, weil bei ansteigenden Schlagfrequenzen die Zykluszeit kürzer wird. Die Durchzugszeit (Fig.1 im Anhang) hat die höchste Korrelation mit der Schlagfrequenz (von 0.9980 im 8+ bis 0.9999 im 1x). Im Durchschnitt verkürzt sich die Durchzugszeit um 15ms für jeden höheren 1spm bei ansteigender Schlagfrequenz, somit verkürzt sie sich um ein Drittel von Schlagfrequenz 20spm bis auf 44spm. Wie erwartet haben die Einer die längste Durchzugszeit (0.91s bei 36spm) und die Achter die kürzeste (0.85s bei 36spm). Im Durchschnitt hatten Frauen eine um 5.0% längere Durchzugszeit als Männer; Leichtgewichte 1.4% länger als Schwergewichte, was mit den Unterschieden in der Rudergeschwindigkeit zusammenhängt.

**Die Vorrollzeit verkürzt sich um 47ms für jeden 1spm höherer Schlagfrequenz, somit verkürzt sie sich bei 44spm auf ein Drittel der Vorrollzeit, verglichen mit 20spm (Fig.2).** Wie auch immer, die

Trends sind nicht-linear mit einem steileren Abschnitt bei 20-32spm (74ms pro 1spm) und einem flacheren Teil bei 32-40spm (21ms/spm) und einem sehr kleinen Abfall jenseits von 40spm, was bedeutet, daß es praktisch unmöglich ist, die Durchzugszeit auf unter 0,5-0,6s zu verkürzen. In den Kleinbooten waren die Vorrollzeiten ein wenig kürzer (0.77s im 1x bei 36spm) als in den Großbooten (0.83s im 8+ bei 36spm); für die Leichtgewichte war sie 1% kürzer als wie für die Schwergewichte, und zwischen den Geschlechtern wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden.

Der Ruder-Rhythmus (der Anteil des Durchzuges in der Gesamtzykluszeit, Fig.3) erhöht sich mit der Schlagfrequenz wegen der verschiedenen Trends von Durchzugs- und Vorrollzeiten. Im Durchschnitt erhöht sich der Rhythmus um 0,65% pro 1spm, jedoch nicht-linear: steiler bei 20-32spm (1.0%/spm) und dann viel flacher (0.25%/spm). Kleinboote haben immer höhere Rhythmus-Werte (54.2% im 1x bei 36spm) als die Großboote (50.6% im 8+), weil sie längere Durchzugs- und kürzere Vorrollzeiten haben. Frauen und Leichtgewichte haben etwa 1% höhere Rhythmus-Werte als Männer und Schwergewichte.

Die Veränderungen im Timing bei sich erhöhenden Schlagfrequenzen haben zwei Gründe: 1) das Ansteigen der Rudergeschwindigkeit im Zusammenhang mit dem Anstieg der Griffgeschwindigkeit; 2) die Verkürzung der Durchzugslänge bei höheren Schlagfrequenzen. Die durchschnittliche Griffgeschwindigkeit während des Durchzuges (Fig.4) erhöht sich um etwa 40% von Schlagfrequenz 20spm auf 44spm, was mit dem Anstieg der Rudergeschwindigkeit korrespondiert. Die Vorrollgeschwindigkeit (Fig.5) steigt nahezu um das Dreifache an, weil sie nicht mit der Rudergeschwindigkeit zusammenhängt (das Blatt ist während des Vorrollens vom Wasser abgetrennt): die Ruderer bewegen sich bei höheren Schlagfrequenzen schneller und wenden mehr Energie beim Vorrollen auf.

Im Durchschnitt verkürzt sich die Bogenlänge (gemessen von der Griffmitte, Fig.5) um etwa 6% zwischen Schlagfrequenz 20-44spm, etwas mehr bei den Skullbooten (7%) als bei den Riemenbooten (5%). Frauen haben eine um 3,6% kürzere Bogenlänge als Männer, der festgestellte Unterschied zwischen Schwer- und Leichtgewichten ist unerheblich. Beim Skullen verkürzen sich Auslage- und Endzugwinkel bei höheren Schlagfrequenzen gleichermaßen um 3,5% (Fig. 7,8), bei den Riemenbooten verkürzt sich der Auslagewinkel mehr (3,5%) als der Endzugwinkel (1,5%). Im Durchschnitt haben die Frauen einen um 2 Grad kürzeren Auslagewinkel als die Männer, im Endzug gibt es keinen signifikanten Unterschied und auch nicht zwischen den Gewichtskategorien.

Die durchschnittliche Kraft (Fig.9) ist bei niedrigen Schlagfrequenzen von unter 32spm nahezu konstant und erhöht sich kontinuierlich bei höheren Schlagfrequenzen (wobei das auch mit dem Test-Protokoll zusammenhängen kann). Die höchste Durchschnittskraft wurde in den Kleinbooten und bei den männlichen Schwergewichtsklassen gemessen: der 2- hat 15% höhere Durchschnittskraft als der 8+, der 1x ist 8% höher als der

4x. Männer haben eine 34% höhere Kraft als Frauen; die Schwergewichte 12% mehr als die Leichtgewichtete.

Bei höheren Schlagfrequenzen steigt die Kraftkurve steiler an: Der Wasserfass-Kraft Gradient (Fig.10) wird um 4-5 Grad kürzer. Der Endzug-Kraft Gradient (Fig.11) steigt um 3-4 Grad von Schlagfrequenz 20 bis 36spm an, dann wird er wieder kürzer, was mit einer schnelleren Oberkörperumkehr "durch die Griffe" im Endzug zusammenhängen kann. Bei höheren Schlagfrequenzen tritt das Kraftmaximum früher auf (Fig.12): seine Position verlagert sich um 3-6 Grad zum Fassen hin. Die Form der Kraftkurve wird bei hohen Schlagfrequenzen rechteckiger: Das Verhältnis von Durchschnitts- zu Maximalkraft (Fig.13) steigt um 4-6% an.

Ruderinnen haben einen um 1,5 Grad steileren Wasserfass-Kraft-Gradienten, aber das kann mit dem geringeren Kraftmaximum zusammenhängen (der Gradient wird bei 70% der Maximalkraft ermittelt). Männer haben einen signifikant kürzeren (4-7 Grad) Endzug-Kraft-Gradienten: normalerweise behalten sie eine höhere Kraft im Endzug bei, weil sie eine stärkere Oberkörpermuskulatur haben.

Die folgenden zwei sehr speziellen Beispiele veranschaulichen die Veränderungen bei der Kraftkurve bei ansteigenden Schlagfrequenzen (Fig.14):

A. Skullerin von internationalem Format. Bei ansteigender Schlagfrequenz verändert sich die Kraftkurve im Vorderzug praktisch nicht und auch das Kraftmaximum bleibt in derselben Position. Der hauptsächliche Unterschied wurde in der zweiten Hälfte des Durchzuges gefunden, wo die Kraft signifikant nachlässt, weil diese Ruderin nicht genug Kraft im Oberkörper hat, um die Kraft bei ansteigender Griffgeschwindigkeit aufrechtzuerhalten.

B. Skuller von nationalem Niveau. Bei niedrigen Schlagfrequenzen steigt die Kraftkurve sehr langsam an, weil er die Technik "Fassen durch die Griffe" mit einem sehr frühen "Öffnen des Oberkörpers" praktiziert. Bei ansteigender Schlagfrequenz wird der Wasserfass-Kraft-Gradient viel steiler, aber die Kraftkurve "bricht zusammen" am "Übergangspunkt" (etwa 90 Grad Kniewinkel) und maximaler Beingeschwindigkeit.

**Schlußfolgerungen: Die Ruder Biomechanik und -technik sind bei niedrigen und hohen Schlagfrequenzen sehr verschieden. Die hauptsächlichen Unterschiede beim Rudern mit hohen Frequenzen sind: viel kürzeres Timing, höhere Bewegungsgeschwindigkeiten, höhere Anforderungen an Kraft und Leistung.**

**Danksagung.** Vielen Dank an Miles Forbes-Thomas für seine sehr spezifischen Fragen und die Idee zu diesem Newsletter.

©2021 Dr. Valery Kleshnev [www.biorow.com](http://www.biorow.com)

Anhang 1 zu RBN 2021/02



