

## HDF Beurteilung auf dem Wasser und auf Ruderergometern

Hier versuchen wir, unsere Analyse des **HDF** zu Ende zu bringen und Maßstäbe zur praktischen Anwendung zu geben. Im vorigen Newsletter 2020/04 wurde das Masse-Äquivalent **ME** von **HDF** und der Schlaglänge **s** abgeleitet:

$$ME = 0.5HDF s = 0.5F_{av}s/v_{av}^2 = 0.5F_{av} t_{dr}^2/s \quad (1)$$

wobei  $F_{av}$  die durchschnittliche Griffkraft, -  $v_{av}$  die durchschnittliche Griffgeschwindigkeit und  $t_{dr}$  - die Durchzugszeit ist. Die mechanische Interpretation von **ME** ist recht klar und verständlich: **Das Masse-Äquivalent ist gleich der Masse, die ein Ruderer horizontal bei idealen Bedingungen ohne Schwerkraft und Reibung beschleunigen würde, mit dem insgesamt gleichen Gefühl der „Schwere“ wie in den gegebenen Bedingungen.** **ME** hängt von äußeren Bedingungen, der Bootseinstellung (Kleinboot, Gegenwind und härtere Übersetzung - größeres ME, und umgekehrt) und einer Kombination von angewandter Kraft, Durchzugszeit und Schlaglänge ab.

Sehr wichtig, **das Masse-Äquivalent ist nicht das Gleiche wie die vom Ruderer erbrachte Kraft.** Mit konstantem **ME** kann ein Ruderer mehr oder weniger hart ziehen: höhere Kraft erhöht die Griffbeschleunigung und -geschwindigkeit, somit würde die Durchzugszeit kürzer, und umgekehrt. Um die Durchzugszeit um die Hälfte zu verkürzen, muß der Ruderer bei dem gleichen **ME** viermal mehr Kraft aufbringen.

**ME** kann entweder nur von der Durchzugszeit abgeleitet werden (lasst es uns **ME<sub>dr</sub>** nennen), oder es kann über den gesamten Schlagzyklus verteilt werden (**ME<sub>cycle</sub>**) – multipliziert mit dem Wert für Rhythmus (das Verhältnis von der Durchzugszeit zur Zykluszeit).

Die zwei Hauptparameter, die **ME** beeinflussen, sind die Schlagfrequenz **R** und die Masse des Ruderers **M**, so kann es statistisch mit einer linearen Regression dargestellt werden:

$$ME = a R M + b R + c M + d \quad (2)$$

Die **BioRow** Datenbank von Messungen auf dem Wasser wurde dazu genutzt, um Maßstäbe für **ME** zu erhalten, und die obigen Gleichungen wurden für **ME<sub>dr</sub>** und **ME<sub>cycle</sub>** für alle sechs Bootsklassen abgeleitet. Fig.2 im Anhang 1 zeigt die Regressionslinien, Tabellen 1-2 im Anhang 2 stellen die Koeffizienten in den Gleichungen und die Tabellen 3-4 die Durchschnittswerte in allen Bootsklassen dar.

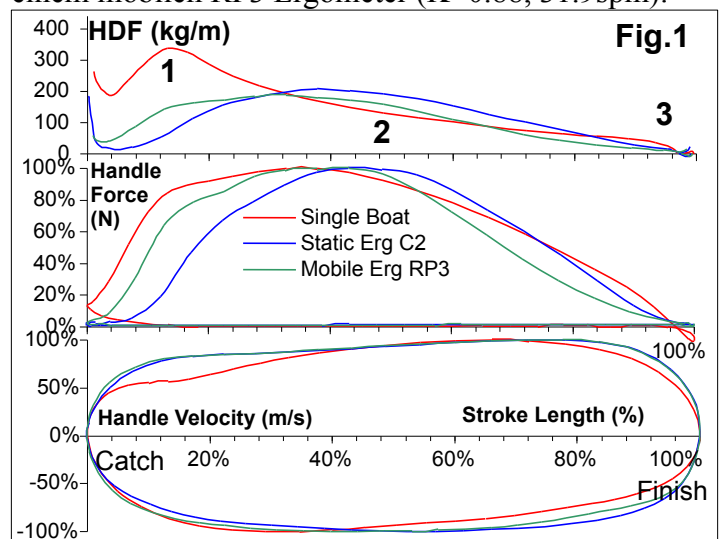
Die Werte für **ME<sub>dr</sub>** sind höher als die für **ME<sub>cycle</sub>** und sie reflektieren die wirklichen Gefühle des

Ruderers während des Durchzuges (weil dies die einzige Phase ist, wo er Kraft aufwendet), und sie sind auch recht dicht dran an der Masse des Ruderer-Boot-Systems und den Gewichten, die die Ruderer im Krafttraining benutzen, was **ME<sub>dr</sub>** recht sinnvoll macht. Wie auch immer, **ME<sub>dr</sub>** ist von Ruderrhythmus und Schlagfrequenz sehr abhängig, daher wiederholt es einfach nur dieselben Trends wie der **HDF**, der vorher diskutiert wurde (RBN 2020/04).

Die Werte von **ME<sub>cycle</sub>** sind 2-3 mal niedriger als **ME<sub>dr</sub>**, aber sie hängen weniger von der Schlagfrequenz ab und reflektieren damit besser die äußeren Bedingungen. Bei den Skullbooten verringert sich **ME<sub>cycle</sub>** leicht mit der Schlagfrequenz, während es bei den Riemenbooten nahezu konstant bleibt und sich im Riemenzweier sogar vergrößert. Dies kann mit der Schlagfrequenz zusammenhängen, die in den Riemenbooten höher ist. Interessanterweise sind die Werte für **ME<sub>cycle</sub>** im 2- und 4x nahezu gleich, so wie auch die durchschnittliche Rennschlagfrequenz bei diesen Booten (RBN 2019/08).

**Beide Definitionen für das Masse-Äquivalent ME können für die Beurteilung des „Belastungsfaktors“ („burden factor“) beim Rudern genutzt werden: ME-drive reflektiert, was die Ruderer fühlen; ME-cycle beschreibt die äußeren Bedingungen.**

Wie hängen die Gefühle der Ruderer zwischen dem Rudern im Boot und auf des Ruderergometers zusammen? Fig.1 zeigt einen Vergleich der Werte des augenblicklichen **HDF** und skaliertes Griffkraft und -geschwindigkeit im M1x (88/288cm Übersetzung, 32.7 spm), auf einem statischen Concept2 Ergometer (DF=125, 30.9spm) und auf einem mobilen RP3 Ergometer (K=0.88, 31.9spm):



Nach dem Fassen und während der ersten 20% der Schlaglänge fühlt sich das Rudern im Boot doppelt so „schwer“ an (1), dies erlaubt es, die Kraft viel schneller zu erhöhen als auf einem Ruderergometer.

Der offensichtliche Grund dafür ist die dynamische Übersetzung des Ruders: das Blatt bewegt sich mit dem Boot vorwärts und setzt in einem spitzen Angriffswinkel auf das Wasser an (RBN 2018/05-06). Am Beginn des Durchzuges fühlt sich das mobile RP3 Ergometer leicht schwerer an als das statische Concept2 und erlaubt einen schnelleren Kraftanstieg, weil die Beschleunigung des leichteren Windrades höher ist als die Beschleunigung der schwereren Ruderermasse auf dem statischen Ergometer.

Im Gegensatz dazu fühlt sich der Ruderergometer während der zweiten Hälfte des Durchzuges schwerer an als das Boot (2). Das ist so, weil die dynamische Übersetzung im Boot am Leichtesten ist, wenn das Ruder rechtwinklig zum Boot und der Blattschlupf im Wasser am Größten ist. Der statische Ergometer fühlt sich hier am Schwersten an und erlaubt die höchste Krafterzeugung. Am Ende des Durchzuges erhöht sich die dynamische Übersetzung erneut, was **HDF** und erbrachte Kraft erhöht (3), und die Geschwindigkeit verringert.

Die Tabellen 5-6 im Anhang 3 zeigen die durchschnittlichen Werte für **ME** auf Ruderergometern bei verschiedenen Schlagfrequenzen und der am Weitesten verbreiteten Öffnung der Luftklappe 4. **Rudern auf dem stationären Concept2 sollte sich etwas leichter anfühlen als im 1x und schwerer als ein 2x, und das mobile RP3 ist ähnlich zum 2- oder 4x.** Tabelle 7 vermittelt die Abhängigkeit von ME zu den Luftklappenöffnungen.

©2020 Dr. Valery Kleshnev [www.biorow.com](http://www.biorow.com)

# Anhang 1 zu RBN 2020/05. Maßstäbe des Masse-Äquivalentes für Rudern auf dem Wasser

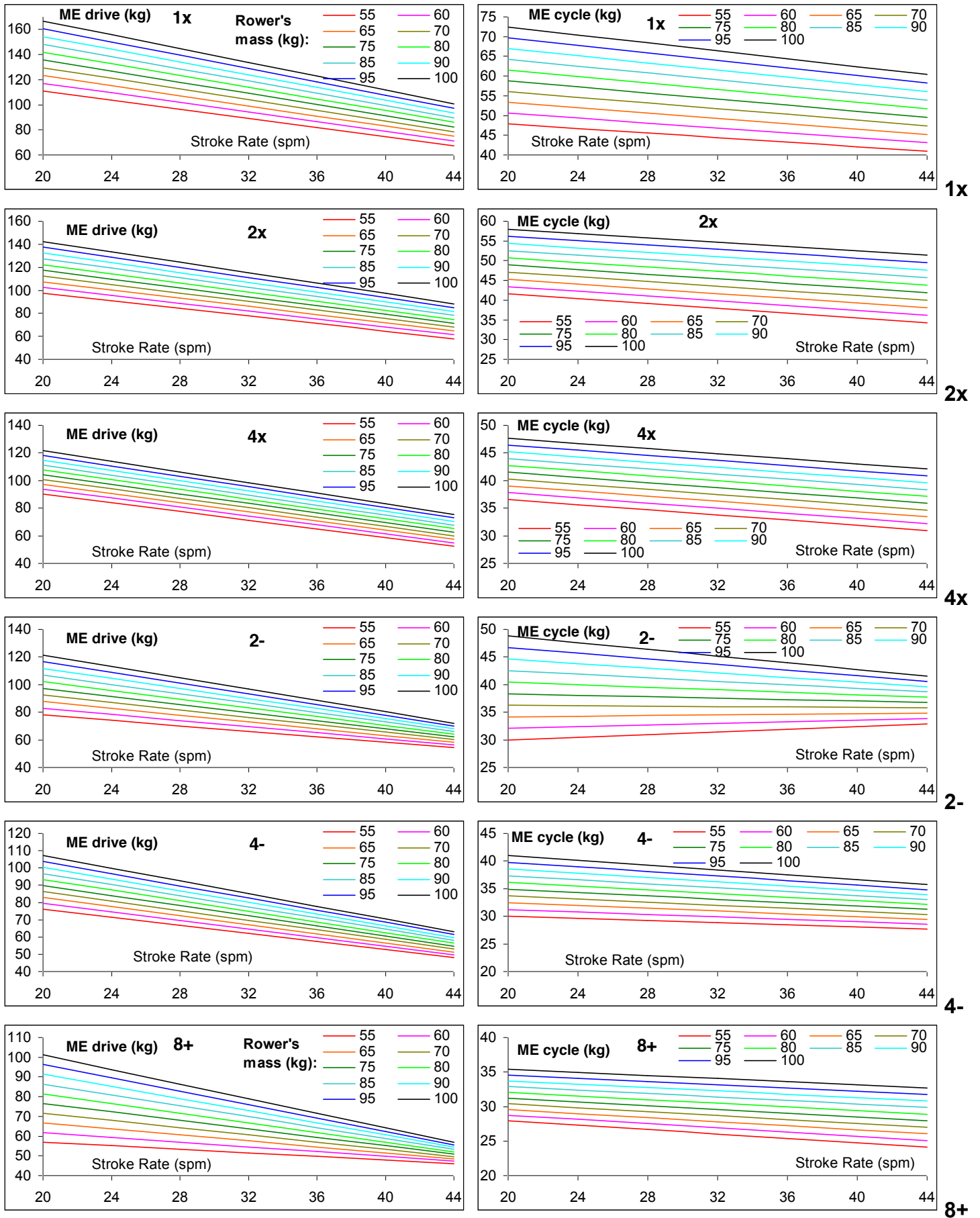


Fig 1. Abhängigkeit von *MEdrive* und *MEcycle* von der Schlagfrequenz und Ruderermasse in allen Bootsklassen

1x

2x

4x

2-

4-

8+

## Anhang 2 zu RBN 2020/05. Maßstäbe des Masse-Äquivalentes für das Rudern auf dem Wasser

**Tabelle 1. Koeffizienten in der Gleichung  $ME_{drive} = a R M + b R + c M + d$  in verschiedenen Booten**

ME drive (kg)	1x	2x	4x	2-	4-	8+
a	-0.0209	-0.0136	-0.0075	0.2937	-0.3493	-0.0310
b	-0.6612	-0.8972	-1.1699	1.4287	0.9909	1.2481
c	1.6587	1.2707	0.8466	19.4501	44.8241	1.6015
d	55.84	60.41	75.40	-0.8886	-0.6454	-22.01
n*	4604	5743	4183	1926	4971	13421
Korrelation**	0.83	0.81	0.80	0.81	0.79	0.45

\*n – Anzahl der Datenmessungen

\*\* Korrelation zwischen den gemessenen und vorhergesagten Daten mit der Regressionsgleichung

**Tabelle 2. Koeffizienten in der Gleichung  $ME_{cycle} = a R M + b R + c M + d$  in verschiedenen Booten**

ME cycle (kg)	1x	2x	4x	2-	4-	8+
a	-0.0047	0.0008	0.0000	0.6402	0.0526	0.0010
b	-0.0284	-0.3502	-0.2372	0.6062	0.2987	-0.2151
c	0.6411	0.3484	0.2449	-5.7939	15.5206	0.1450
d	18.40	28.62	27.80	-0.8546	-0.2263	23.09
n	4604	5743	4183	1926	4971	13421
Korrelation	0.67	0.62	0.59	0.48	0.45	0.19

**Tabelle 3. Durchschnittswerte von  $ME_{drive}$  (kg) bei verschiedenen Booten und Schlagfrequenzen**

ME drive (kg)	Schlagfrequenz (spm, ±2)							Gesamt
	20	24	28	32	36	40	44	
<b>Bootsklasse</b>								
2-	109.2	100.2	89.8	80.3	76.3	73.2	70.6	<b>86.0</b>
4-	97.5	88.9	79.7	72.2	67.3	62.4	60.0	<b>74.6</b>
8+	89.8	81.0	70.9	63.7	59.7	57.6	59.4	<b>67.3</b>
<b>Riemen</b>	<b>94.0</b>	<b>84.6</b>	<b>74.7</b>	<b>67.2</b>	<b>62.4</b>	<b>60.1</b>	<b>60.7</b>	<b>70.7</b>
1x	143.7	130.6	117.3	109.6	102.5	97.4	96.0	<b>117.3</b>
2x	120.6	111.3	98.1	89.2	83.9	81.1	78.6	<b>94.5</b>
4x	109.7	100.7	89.5	80.7	78.0	75.7	71.3	<b>85.8</b>
<b>Skull</b>	<b>126.7</b>	<b>115.3</b>	<b>104.0</b>	<b>94.0</b>	<b>85.2</b>	<b>82.7</b>	<b>81.7</b>	<b>99.1</b>
<b>Gesamt</b>	<b>108.2</b>	<b>97.3</b>	<b>88.5</b>	<b>78.7</b>	<b>70.5</b>	<b>67.7</b>	<b>66.9</b>	<b>82.1</b>

**Tabelle 4. Durchschnittswerte von *MEcycle* (kg) bei verschiedenen Booten und Schlagfrequenzen**

ME cycle (kg)	Schlagfrequenz (spm, ±2)							Gesamt
	20	24	28	32	36	40	44	
<b>Bootsklasse</b>								
2-	41.1	42.0	41.8	40.1	39.6	38.9	38.3	<b>40.4</b>
4-	35.9	36.1	35.7	35.1	34.1	32.5	31.8	<b>34.6</b>
8+	32.5	32.2	31.5	30.7	30.2	29.6	31.0	<b>30.9</b>
<b>Riemen</b>	<b>34.3</b>	<b>34.0</b>	<b>33.5</b>	<b>32.6</b>	<b>31.7</b>	<b>31.1</b>	<b>32.0</b>	<b>32.6</b>
1x	58.7	59.3	58.3	57.6	55.6	53.8	53.5	<b>57.6</b>
2x	47.7	48.4	47.0	45.5	44.4	43.6	43.2	<b>45.8</b>
4x	41.4	42.4	40.9	39.8	39.7	39.3	37.9	<b>40.3</b>
<b>Skull</b>	<b>50.3</b>	<b>50.7</b>	<b>50.2</b>	<b>48.1</b>	<b>44.7</b>	<b>44.3</b>	<b>44.7</b>	<b>47.9</b>
<b>Gesamt</b>	<b>41.3</b>	<b>40.9</b>	<b>41.4</b>	<b>39.3</b>	<b>36.3</b>	<b>35.6</b>	<b>35.8</b>	<b>38.8</b>

**Anhang 3 zu RBN 2020/05. Maßstäbe des Masse-Äquivalentes für Ruderergometer**

**Tabelle 5a. Durchschnitts- und SD (Standardabweichung)- Werte von *MEdrive* (kg) auf stationärem Concept2 Ergometer bei verschiedenen Schlagfrequenzen (die gleichen Daten, wie im RBN 2019/03, n=23 Junior männlich, 19 Frauen, Luftklappe 4, DF=125)**

Durchschnitt (kg)	Schlagfrequenz(spm)				Gesamt	SD (kg)				
	21	25	29	33		21	25	29	33	Total
<b>Geschlecht</b>										
männl.	142.2	127.3	109.6	98.1	<b>119.3</b>	10.4	6.6	5.3	8.1	<b>18.3</b>
weibl.	128.2	111.6	98.9	89.6	<b>107.3</b>	8.8	7.3	8.2	8.8	<b>16.8</b>
<b>Gesamt</b>	<b>135.9</b>	<b>120.4</b>	<b>104.9</b>	<b>94.3</b>	<b>114.0</b>	<b>11.9</b>	<b>8.8</b>	<b>8.5</b>	<b>9.3</b>	<b>18.4</b>

**Tabelle 5b. Durchschnitts- und SD-Werte von *MEcycle* (kg) auf stationärem Concept2 Ergometer bei verschiedenen Schlagfrequenzen**

Durchschnitt (kg)	Schlagfrequenz(spm)				Gesamt	SD (kg)				
	21	25	29	33		21	25	29	33	Total
<b>Geschlecht</b>										
männl.	54.3	52.8	50.9	47.8	<b>51.4</b>	3.5	2.5	2.5	4.6	<b>4.2</b>
weibl.	50.8	48.2	46.1	43.9	<b>47.3</b>	3.8	3.6	3.7	4.0	<b>4.5</b>
<b>Gesamt</b>	<b>52.7</b>	<b>50.7</b>	<b>48.8</b>	<b>46.1</b>	<b>49.6</b>	<b>4.0</b>	<b>3.8</b>	<b>3.9</b>	<b>4.7</b>	<b>4.8</b>

**Tabelle 6. Durchschnittswerte von *MEdrive* und *MEcycle* (kg) auf mobilem RP3 Ergometer bei verschiedenen Schlagfrequenzen (die gleichen Daten, wie im RBN 2020/03, zwei Skuller, Luftklappe 4, K=0.88)**

Durchschnittswerte	Schlagfrequenz (spm, ±2)								Gesamt
	20	24	28	32	36	40	44	48	
<b>ME drive (kg)</b>	115.2	110.4	100.4	91.5	85.1	79.2	75.2	70.6	<b>90.8</b>
<b>ME cycle (kg)</b>	41.5	41.3	41.1	39.9	39.6	38.0	37.5	36.5	<b>39.4</b>

**Tabelle 7. Abhängigkeit von *MEdrive* und *MEcycle* (kg) auf stationärem Concept2 Ergometer von Luftklappenöffnung und DF (Dragfaktor) bei Schlagfrequenz 30spm.**

Luftklappenöffnung	1	4	7	10
<b>Drag Factor</b>	88	125	175	222
<b>ME drive (kg)</b>	87.2	99.4	127.6	148.9
<b>ME cycle (kg)</b>	35.5	44.1	58.6	69.1