

## HDF während des Durchzuges

In diesem Newsletter setzen wir die vorangegangene Studie über den Griff Drag Faktor **HDF** (RBN 2020/01) fort. **HDF** ist nicht dimensionslos und ähnlich wie Boots-, Blatt- und Ergometer- Drag Faktor **DF**, hat er die Dimension **kg/m**:

$$(1) \text{ DF oder HDF} = P/v^3 = (\text{kg m}^2/\text{s}^3)/(\text{m}^3/\text{s}^3) = \text{kg/m}$$

Dies ist eine Konsequenz der allgemeinen Gleichung für den Drag Koeffizienten  $C_d$ , wenn sich ein Körper in einer Flüssigkeit oder einem Gas bewegt:

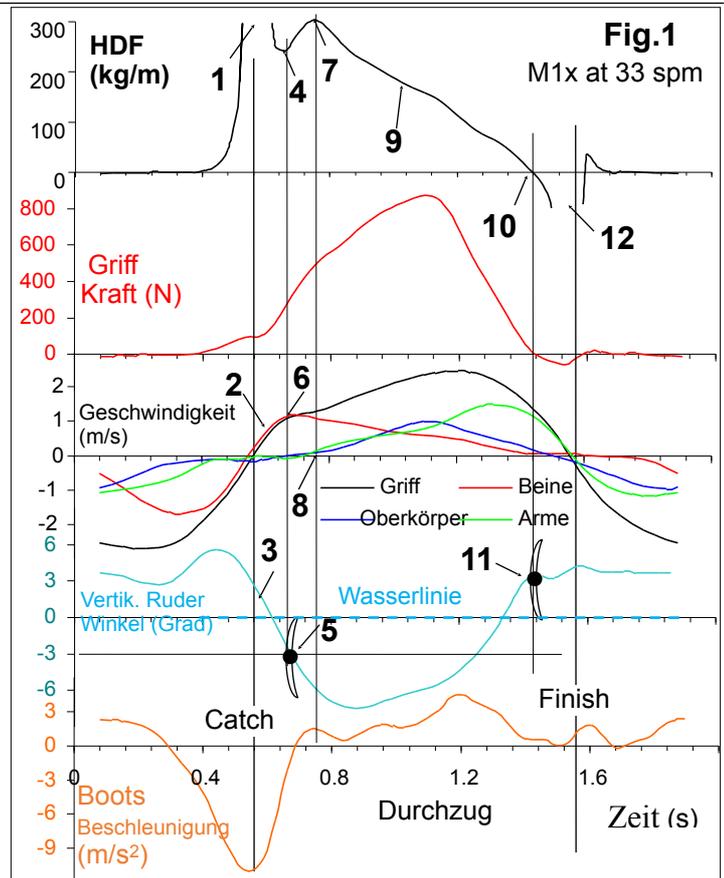
$$(2) C_d = 2 F_d / (\rho A v^2)$$

wobei  $F_d$  die Widerstands-(Drag) Kraft ist,  $\rho$  – die Dichte der Flüssigkeit oder des Gases,  $A$  – Oberfläche des Körpers,  $v$  – Geschwindigkeit der Bewegung des Körpers.  $C_d$  ist dimensionslos und hängt von der Körperform und den Fließeigenschaften (laminar oder turbulent) ab. Wenn wir die beiden Gleichungen von oben kombinieren, ergibt sich

$$(3) DF = F_d/v^2 = C_d \rho A / 2 = (\text{kg/m}^3) \text{ m}^2 = \text{kg/m}$$

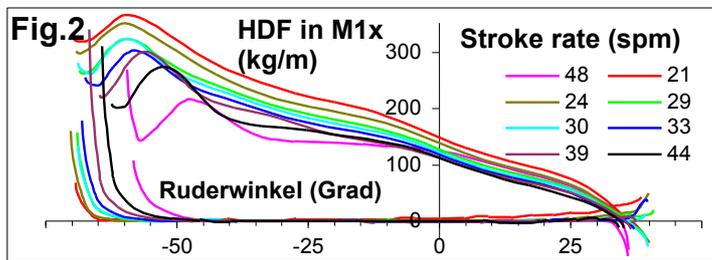
Somit ist **DF** eine Kombination von der Form ( $C_d$ ) und der Größe ( $A$ ) des sich bewegenden Körpers und der Dichte seiner Umgebung ( $\rho$ ). Es kann interpretiert werden als die Masse der Flüssigkeit oder des Gases, die bei jedem Meter der Fortbewegung des Körpers verdrängt wird. **DF** und **HDF** haben die gleiche Dimension und Bedeutung: sie sind beides Indikatoren für das Verhältnis von Widerstandskraft zur Bewegungsgeschwindigkeit.

Gleichung 3 erlaubt uns die augenblickliche Ableitung der **HDF** Werte von der gemessenen Griffkraft und Geschwindigkeit während der Durchzugsphase (Fig.1):



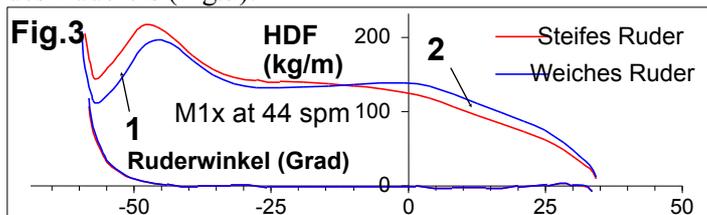
**HDF** ist nicht definiert beim Fassen (gleich unendlich  $\infty$ ) (1), wenn die Griffgeschwindigkeit null kreuzt. Dann vermindert sich **HDF**, wenn die Griffgeschwindigkeit rapide ansteigt (2), während das Blatt ins Wasser eintaucht (3). Nach etwa 8-10% der Durchzugszeit hat **HDF** eine Delle nach unten (4), was mit dem Moment zusammenfällt, wo das Blatt komplett eingetaucht ist (5). Die Kurve der Griffgeschwindigkeit krümmt sich hier (6), ihr Wachstum verlangsamt sich, und **HDF** vergrößert sich bis zum Erreichen seines Maximalwertes (7) bei 18-20% der Durchzugszeit. **Der HDF- Peak erfolgt gleich nach dem Peak der Beingeschwindigkeit, da wo Oberkörper und Arme mit der Arbeit beginnen (8) und die Bootsbeschleunigung ihren ersten Peak hat. Dieser Moment kann vom Ruderer gefühlt werden, als wenn „das Blatt einrastet“ (“the blade locks on” (Ausdruck von Prof. Volker Nolte)).** Nach dem Peak verringert sich **HDF** kontinuierlich (9), weil die dynamische Ruderübersetzung leichter wird. **HDF** wurde kurz vor der Rücklage negativ (10), als die Griffkraft negativ wurde (wegen der Massenträgheit des Ruders) und das Blatt das Wasser verließ (11). In der Rücklage (12) ist **HDF** wieder nicht definiert ( $=-\infty$ ), da wo die Griffgeschwindigkeit null kreuzt.

**Das Muster von HDF ist recht konsistent über verschiedene Schlagfrequenzen und Ruderstile hinweg (Fig.2):**



Bei diesem Skuller wird der Auslagewinkel bei höheren Schlagfrequenzen kürzer, somit verringert sich die **HDF** Größe, was bereits vorher erwähnt worden war (RBN 2020/01). Wie auch immer, die Delle erfolgt bei den selben 8-10% der Durchzugszeit und 3-4% der Schlaglänge, der Peak wird bei einem ähnlichen Zeitpunkt und Position erreicht, und die **HDF** Werte sehen am Ende des Durchzuges ähnlich aus. Bei der Berechnung der durchschnittlichen Werte von **HDF** über den Schlagzyklus würde der Gebrauch von  $F_{av}$  aus Gleichung 3 höhere Zahlen ergeben verglichen mit der Leistung  $P$  aus Gleichung 1, weil  $F_{av}$  nur aus der Durchzugsphase abgeleitet wurde, aber die Ruderleistung  $P$  wird über die Dauer des gesamten Ruderschlares abgegeben. Somit muß  $F_{av}$  mit dem Rhythmuswert (Verhältnis von Durchzugszeit zur Gesamtzeit des Ruderschlares) multipliziert werden, um die durchschnittlichen Zahlen für **HDF** zu bekommen, die in RBN 2020/01 veröffentlicht wurden.

Es ist interessant, wie die Härte des Ruderschafes das **HDF** Muster beeinflusst und das qualitative Bootsgefühl des Ruderers (Fig.3):



Das weichere Ruder hat mehr Durchbiegung nach dem Fassen, was, wenn die Kraft ansteigt, die Griffgeschwindigkeit leicht schneller macht, **HDF** niedriger (1) und das Gefühl des Ruderers leichter. Wenn die Kraft während der zweiten Hälfte des Durchzuges abnimmt, federt das weichere Ruder mehr und später zurück, was die Griffgeschwindigkeit verlangsamt, **HDF** erhöht (2) und der Ruderer fühlt mehr Druck. Das bedeutet, **ein weiches Ruder verteilt HDF und das Gefühl von Druck für den Ruderer gleichmäßiger über den Durchzug.**

*Danksagung: Vielen Dank an Prof. Volker Nolte die produktive Diskussion und die Rezension dieses Artikels.*