

Blatt Effizienz und Effektivität

Der im vorigen Newsletter eingeführte blattspezifische Impuls kann als Maß für seine Effektivität (Performance), die oftmals gegensätzlich zur Effizienz (RBN 10/2011) gerichtet ist, betrachtet werden. Ein ähnlicher Widerspruch kann bei Flugzeugen beobachtet werden, wo die Effizienz mit der Geschwindigkeit zunimmt, aber die Performance abnimmt (Fig.1), somit ist der Antrieb sowohl für die Anforderungen an die Reisegeschwindigkeit als auch für den Startvorgang konstruiert.

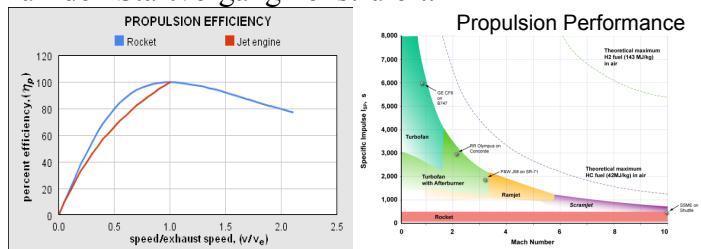
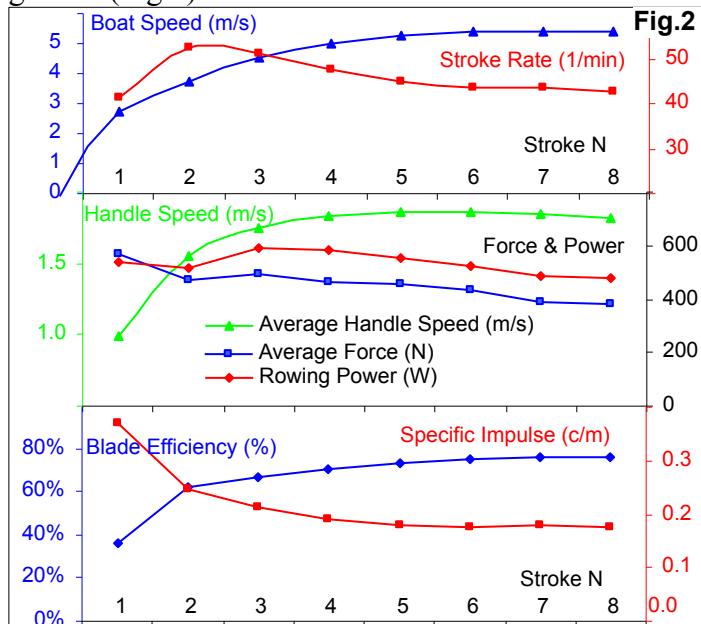


Fig.1. Aus http://en.wikipedia.org/wiki/Jet_engine

Wir haben eine ähnliche Analyse für die ersten acht Schläge eines festen Starts bei einem LM1x durchgeführt (Fig.2):



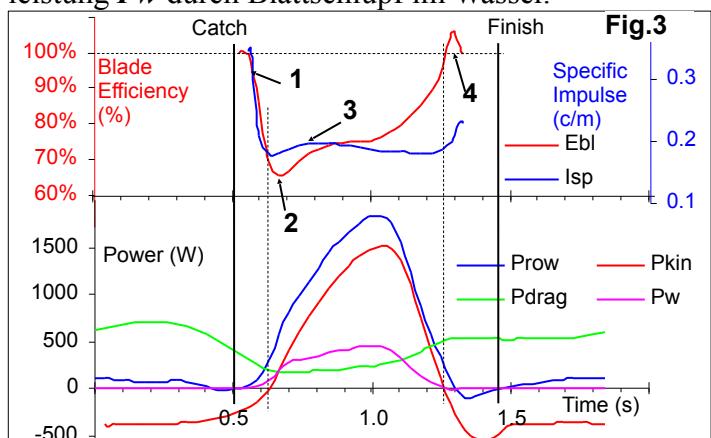
Nach dem ersten Schlag steigt die Bootsgeschwindigkeit auf etwa die Hälfte der Renngeschwindigkeit an; die Blatteffizienz hat ihren niedrigsten Wert bei nur 36%, aber der spezifische Impuls hat seinen höchsten Wert bei 0,37 s/m. Dann steigt die Bootsgeschwindigkeit weiter an und erreicht ihr konstantes Niveau nach dem sechsten Schlag; aber die durchschnittliche Griffkraft fällt um 33% ab, was mit Hill's Gesetz der Muskelkontraktion (RBN 09/2007) erklärt werden kann. Die Arbeit pro Schlag und Ruderleistung **Prow** bleiben nahezu konstant, weil die geringere Kraft durch eine größere Schlaglänge und höherer Griffgeschwindigkeit kompensiert werden. Die Blatt Effizienz **Ebl** steigt um mehr als das Doppelte auf 76% an, weil sie von der Vortriebsleistung **Pprop** abhängt, die proportional zur Geschwindigkeit des Systemschwerpunktes **V_{CM}** ist:

$$Ebl = Pprop / Prow = Fprop V_{CM} / Prow$$

(1)

Nach sechs Schlägen verringert sich der spezifische Impuls **Isp** um die Hälfte herunter auf 0,18 s/m, weil die sich Vortriebskraft **Fprop** verringert und die Griffgeschwindigkeit vergrößert (letztere ist umgekehrt proportional zu **Isp**, Gleichung.7 in RBN 11/2013), somit muß der Ruderer mehr Leistung erbringen, um weniger Schub bereitzustellen.

Ähnliche Dinge passieren während des Ruderschlages, wenn die Geschwindigkeiten von Boot und Rudererschwerpunkt variieren. Fig.3 zeigt die Blatteffizienz und -effektivität (**Isp**) eines LM1x bei Schlagfrequenz 32 spm. Das untere Diagramm zeigt die vom Ruderer erbrachte Leistung **Prow**, Leistung, die in die kinetische Energie des Systems übertragen wurde **Pkin**, Leistung, die in Bremswiderstand (Drag) der Bootshaut verbraucht wurde **Pdrag** und Verlustleistung **Pw** durch Blattschlupf im Wasser.



Beim Fassen (1) sind Blatteffizienz und -effektivität hoch, weil die Leistungserbringung **Prow** geringer als die Bremsleistung **Pdrag** ist, und **Pkin** ist negativ, somit wird die kinetische Energie des Systems aufgewandt, um die Bremskraft und teilweise die vorwärts gerichtete Blattbewegung durch das Wasser zusammen mit dem Boot zu überwinden. Da die Leistungserbringung anzusteigen beginnt, aber die Geschwindigkeit des Systemschwerpunktes immer noch nahe seinem Minimum ist, hat die Blatteffizienz ihren niedrigsten Wert (2). Während des Durchzuges steigt sie zusammen mit der Systemgeschwindigkeit und **Pkin** an. Im Gegensatz dazu ist der spezifische Impuls im Durchzug recht konstant und hat nur ein kleines Maximum (3) bei einem **Ruderwinkel von -40-45° in der Auslage, was als effektivste Position für die Kraftanbringung betrachtet werden kann.**

Im Endzug steigen die Geschwindigkeiten von Boot und Systemschwerpunkt zusammen mit der Bremsleistung an, aber die Leistungserbringung des Ruderers verringert sich. Bei einem Ruderwinkel von +30-35° wird **Prow** kleiner als die Bremsleistung **Pdrag** (4), das System beginnt sich zu verlangsamen und **Pkin** wird negativ. Das bedeutet, die kinetische Energie des Systems wird aufgewandt, das Boot zusammen mit den Blättern vorwärts zu bewegen während da immer noch eine rückwärts gerichtete Kraft ist. Das kann möglicherweise mit dem Effekt des hydrodynamischen Liftes erklärt werden. Das Produkt dieser vorwärts gerichteten Blattgeschwindigkeit (mit dem Boot) und rückwärts gerichteter Kraft erzeugt „Verlustleistung“ **Pw** und **Ebl>100%**. **Im Endzug wird die Blatteffizienz höher als 100%, aber das zeigt keine effektive Blattarbeit an.** Ähnlich einem Düsenflugzeug, das plötzlich seine Motoren auf niedrige Leistung reduziert und die Auspuffgase langsamer als die Fluggeschwindigkeit werden, dann wird die Effizienz der Düsenantriebe auch über 100% sein (Gleichung.3 in RBN 11/2013), aber der Schub wird geringer als die Bremskraft, somit kann das Flugzeug seinen Flug nicht sehr lange aufrechterhalten.



Schöne Weihnachten und ein Gutes Neues Jahr 2014!