

Vergleich des Kraftstoffverbrauchs von Strahltriebwerken und Propellertriebwerken

Welcher Flugmotor ist der beste?

Für Strahltriebwerke wird der Schub in Newton (N) angegeben. Für Propellertriebwerke wird hingegen die Leistung in Watt (W) angegeben. Die Leistung eines Strahltriebwerks könnte durch Multiplikation mit der Geschwindigkeit des Flugzeugs berechnet werden. Aber welche Geschwindigkeit ist damit genau gemeint? Bei beiden Triebwerkstypen ist der spezifische Kraftstoffverbrauch (Specific Fuel Consumption, SFC) unterschiedlich definiert: kg/(Ns) versus kg/(Ws). Wie lässt sich der Kraftstoffverbrauch beider Triebwerkstypen vergleichen? Angestrebt ist ein reiner Vergleich von Flugmotoren ohne deren Einbausituation im Flugzeug, die durch Unterschiede in Aerodynamik und Leichtbau des Flugzeugs geprägt sein kann.

ZWECK

Vergleich des Kraftstoffverbrauchs von Strahl- und Propellertriebwerken über den Wirkungsgrad (Bild 1).

METHODIK

Über eine umfangreiche Literaturrecherche wird eine Triebwerksdatenbank erstellt. Der Wirkungsgrad wird definiert als Verhältnis aus Schubleistung (Schub mal Geschwindigkeit) und Energiezufluss (Kraftstoffmassenstrom mal Heizwert). Die Rechnung nutzt dabei den spezifischen Kraftstoffverbrauch aus der Literatur basierend auf Schub (beim Jet) oder Leistung (beim Propellerflugzeug). Der Propellerwirkungsgrad wird mit 0.9 angenommen.

ERGEBNISSE

Der Gesamtwirkungsgrad von Turbonfantriebwerken und Turboprops steigt mit der Triebwerksgröße, mit dem Baujahr und dem Gesamtdruckverhältnis. Beim Jet steigt er auch mit der Machzahl im Reiseflug und mit dem Nebenstromverhältnis. Mit dieser Methodik werden die Flugmotoren verglichen, die in ihrer Triebwerksklasse den höchsten Gesamtwirkungsgrad erreicht haben. Ein Dieselmotor (Junkers Jumo 205) erreicht dabei den höchsten Gesamtwirkungsgrad mit 0,386 gefolgt vom Jet (GE90-85B und GenX-2B67B) mit 0,375, Turboprop (TP400-D6) mit 0,358 und Ottomotor (Wright R-3350-988TC18EA-2) mit 0,315. Die Turboprops zeigen den schlechtesten durchschnittlichen Gesamtwirkungsgrad im Vergleich der Klassen mit 0,222 (Bild 2).

BEDEUTUNG FÜR DIE PRAXIS

Trotz unterschiedlicher Definitionen des spezifischen Kraftstoffverbrauchs, können Jettriebwerke und Propellertriebwerke über den Gesamtwirkungsgrad miteinander verglichen werden, was auch eine Aussage erlaubt hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs.

SOZIALE BEDEUTUNG

Die Arbeit stellt die Ergebnisse so einfach dar, dass eine öffentliche Diskussion über die Klasse der Flugtriebwerke möglich wird. Über den Kraftstoffverbrauch der Triebwerke (und die Flughöhe) ist letztlich auch eine Aussage über die Umweltwirkung leicht möglich.

ORIGINALITÄT

Beim Vergleich von Jets und Props muss der Gesamtwirkungsgrad berücksichtigt werden. Dieser beinhaltet bei Propellerflugzeugen auch den (angenommenen) Propellerwirkungsgrad. Bisher wurde bei Propellertriebwerken nur der Motorwirkungsgrad genannt, was die Props im Vergleich zum Jet zu gut erscheinen ließ.

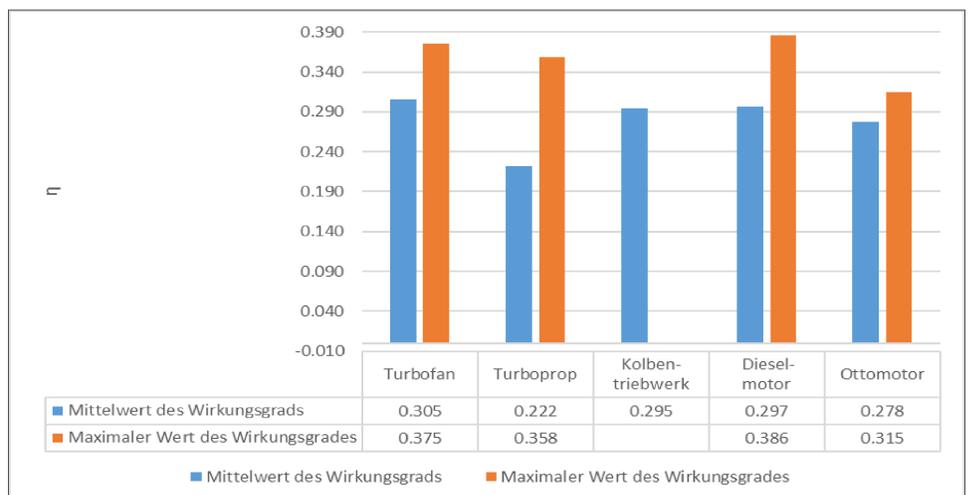


Bild 2: Mittelwert und Maximalwert des Wirkungsgrades verschiedener Flugzeugtriebwerke.

Jet	Turboprop	Propeller mit Kolbenmotor
$\eta_{jet} = \eta$ $\eta = \frac{V}{c_T \cdot H}$ <p>Kerosin: $H = 43,5 \text{ MJ/kg}$</p>	$\eta_{prop} = \eta_p \cdot \eta_e$ $\eta_e = \frac{1}{c_p \cdot H}$ <p>Kerosin: $H = 43,5 \text{ MJ/kg}$</p>	$\eta_{prop} = \eta_p \cdot \eta_s$ $\eta_s = \frac{1}{c_p \cdot H}$ <p>Kerosin: $H = 43,5 \text{ MJ/kg}$ (Dieselmotor) Avgas: $H = 42,5 \text{ MJ/kg}$ (Ottomotor)</p>

Bild 1: Propellertriebwerke und Strahltriebwerk - Wirkungsgrade, Formeln.

- ^a η_p Propellerwirkungsgrad
- η_e Wirkungsgrad des Propellerturbinenluftstrahltriebwerks (PTL, Turboprop)
- η_s Wirkungsgrad des Kolbenmotors
- c_T schubspezifischer Kraftstoffverbrauch [mg/(Ns)]
- c_p leistungsspezifischer Kraftstoffverbrauch [mg/Ws]

Alle Einzelheiten im Master Projekt von Mahfouz (2023):
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:18302-aero2023-02-02.013>



Zugehörige Forschungsdaten (Harvard Dataverse):
<https://doi.org/10.7910/DVN/KC5Z8U>

