Flugzeitberechnung im Saalflug mit Berücksichtigung der Hallenhöhe

Zu den bekannten Methoden von Eppler und Hacklinger (siehe TS Infothek/Saalflug) möchte ich noch eine Methode hinzufügen, die mit leicht zu ermittelnden bzw. zugänglichen Eingangsgrößen arbeitet und den Einfluss der Hallenhöhe berücksichtigt.

Geschwindigkeit im Schwebeflug V (m/s)

Wirkungsgrad der Luftschraube η_{PROP}

Gesamt-Wirkungsgrad Antrieb η_{TOTAL}

Modellmasse m (kg)

Erdbeschleunigung g = 9,81 m/s^2

Kraft N (mkg/s^2), (N: Newton)

Modellgewicht G =m*g (N)

Spezifischer Energieinhalt TanSS E_{GUMMI} ≈ 8 Nm/Gramm (ermittelt aus Zugversuchen)

Gummigewicht ε (g)

Hallenhöhe h (m)

Flughöhe ohne Höhenbegrenzung H (m)

Auftrieb A (N) = Gewicht G (N)

Widerstandskraft W (N)

Widerstandsleistung $P_{WIDERSTAND}$ = W*V (N*m/s)

T Flugzeit (s)

Für die Berechnung machen wir den folgenden Ansatz:

$E_{GUMMI} * \varepsilon * \eta_{TOTAL} = W*V*T$ (Schwebeflug-Energie)

Die Hubenergie m*g*h wird während des Sinkfluges zumindest nominell wieder zurückgewonnen, tritt also explizit in der Formel nicht auf.

Die Hubenergie ist derjenige Teil der Gummi-Antriebskennlinie, der über der Schwebeflugleistung liegt. Eine typische Kennlinie (siehe Bild) zeigt, dass etwa 35% der Gesamtenergie für den Steigflug zur Verfügung stehen.

Die Schwebeflug-Geschwindigkeit kann man relativ einfach bestimmen. Den Widerstand kann man aus der Gleitzahl A/W mit etwa 20% des Gewichtes ansetzen (Gleitzahl aus Versuchen A/W = 5)

Wir führen die Berechnung für ein **TH35-L Modell** durch, das einen Gummistrang von 1 Gramm und eine Gesamtmasse von 3 Gramm besitzt, die einer Gewichtskraft von etwa 0,03 N entspricht.

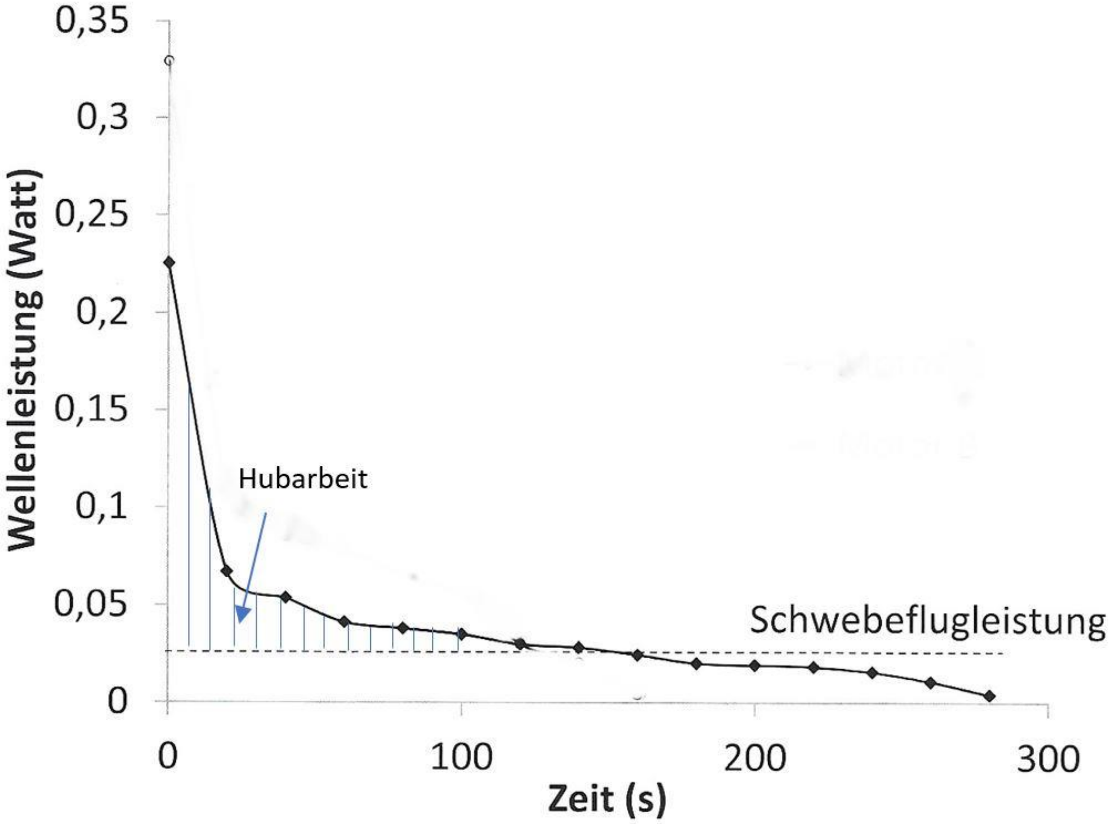
Der Wirkungsgrad der Luftschraube ergibt sich aus dem Larrabee-Programm mit 0,53. Der Gesamtwirkungsgrad (mit Reibungsverlusten Gummi + Lager) wird mit 0,45 angenommen. Die Schwebeflug-Geschwindigkeit wurde mit 1,2 m/s bestimmt.

Aufgelöst nach T ergibt sich:

$T = E_{GUMMI} * \varepsilon * \eta_{TOTAL} / W*V$ (s)

Die Flugzeit ohne Deckenbegrenzung ist mit 1 g Gummi und η_{TOTAL} = 0,45

$T = 8*1{,}0*0{,}45 / 0{,}006*1{,}2 = 500$ s



Berücksichtigung der Hallenhöhe

Das Modell baut beim Steigflug potentielle Energie auf (E_{pot} = m*g*h = G*h). Diese wird beim Sinkflug zurückgewonnen. Kratzt das Modell jedoch an der Hallendecke, ist die restliche Steigenergie verloren. Die fehlende potentielle Energie beträgt, falls die Hallenhöhe h und die nicht begrenzte Flughöhe H beträgt:

m*g*(H-h) = G*ΔH

Falls lt. Kennlinie 35% der Gummienergie zum Steigflug eingesetzt werden, stehen 8*0,45*0,35 = 1,26 Nm für den Steigflug zur Verfügung. Die maximale Steighöhe ergibt sich aus m*g*H= 1,26 → H= 42 m. Bei einer Hallenhöhe von 10 m werden demnach 0,96 Nm an der Hallendecke vernichtet: beim Abstieg des Modells fehlen 32 m Höhe. Der Höhenabbau erfolgt im letzten Drittel der Flugzeit erfahrungsgemäß etwa mit der natürlichen Sinkgeschwindigkeit von 0,24 m/s. Der Flug mit Deckenbegrenzung ist also 32/0,24=133 s kürzer als ohne Höhenbegrenzung, d. h. T = 367 s. Die Flugzeit des TH35-L wird bei 10 m Deckenhöhe etwa 6 Minuten betragen

Die Flugzeit eines **F1D-Modells** (m=1,8g, ε=0,4g) ergibt sich ohne Höhenbegrenzung mit η_{TOTAL} =0,80, W=0,0036 N, V=0,52 m/s zu 22,8 min. Die maximale Steighöhe würde 50 Meter betragen.

2021/04/21 Heinrich Eder