

Überprüfung einer einfachen Kopfrechenmethode zur Umrechnung der Fluggeschwindigkeit von CAS in TAS

Die Faustformel zur Umrechnung von CAS in TAS arbeitet mit erstaunlich hoher Genauigkeit.

Von Pilotinnen (gen. fem.) werden u. a. die sogenannten "Manual Flying Skills" gefordert [1]. Dabei müssen sie in der Lage sein, nach grundlegenden Instrumenten zu fliegen. Dafür sind neben Geschick auch Faustformeln erforderlich. Die Faustformeln müssen dafür verlässlich sein. In dieser Arbeit geht es exemplarisch darum, eine Faustformel zur Umrechnung der Kalibrierten Fluggeschwindigkeit (Calibrated Airspeed, CAS, v_c) in die Wahre Fluggeschwindigkeit (True Airspeed, TAS, v) zu überprüfen. Diese Faustformel wird von Pilotinnen angewendet, die schnellere Flugzeuge fliegen.

METHODIK

In Excel und Matlab werden die Ergebnisse aus den Berechnungen der Faustformel mit dem Ergebnis einer exakten Berechnungsweise anhand flugmechanischer Formeln verglichen. Dabei wird die Flughöhe und Fluggeschwindigkeit variiert. Es werden die Abweichungen ermittelt und in Diagrammen zwei- und dreidimensional visualisiert.

ERGEBNISSE

Die zu prüfende Faustformel liefert in dem für Sie vorgesehen Anwendungsbereich hinreichend genaue Ergebnisse mit Abweichungen unter 5 %. Dabei nehmen die Abweichung zu, umso weiter die Parameter (Höhe und Geschwindigkeit) von typischen Reiseflugbedingungen entfernt sind. (Figure 1)

BEDEUTUNG IN DER PRAXIS

Pilotinnen können bedenkenlos auf die in dieser Arbeit geprüfte Faustformel zurückgreifen und kommen so mit überschaubarem Kopfrechenaufwand auf relativ genaue Ergebnisse.

WERT

Diese Arbeit zeigt, wie mit mäßigem Zeitaufwand in Excel eine Faustformel über einen gesamten Bereich geprüft werden kann. Das Vorgehen kann auf weitere Faustformeln übertragen werden, sodass sich eine Pilotin ihr "Kniebrett" mit verifizierten Faustformeln füllen kann.

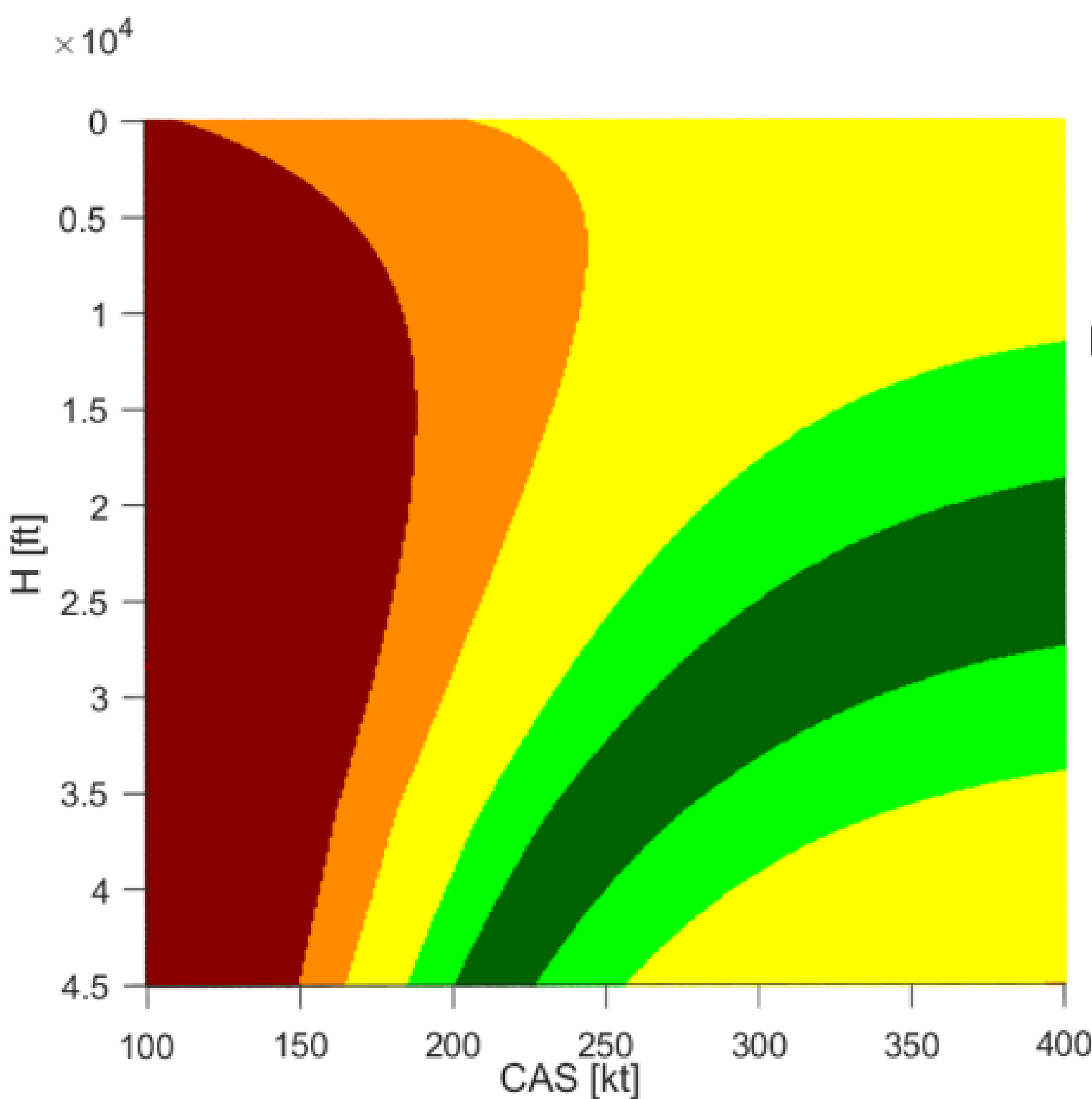
$$v = a_0 \sqrt{1 + \left(\frac{\Delta T - L \cdot H}{T_0}\right)} \cdot \sqrt{5 \left\{ \left[\frac{1}{\delta} \left\{ 1 + \frac{\gamma - 1}{2} \left(\frac{v_c}{a_0}\right)^2 \right\}^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} - 1 \right\} + 1 \right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right\}}$$

Verwendete Konstanten für Luft in der Troposphäre:
 $\gamma = 1,4$
 $g_0 = 9,80665 \text{ m s}^{-1}$
 $L = 6,5 \text{ K/km} = 0,0019812 \text{ K/ft}$
 $T_0 = 288,15 \text{ K}$
 $R_L = 287,053 \text{ J/(kg K)}$
 $a_0 = 661,48 \text{ kt}$

CAS => TAS mit einer Faustformel

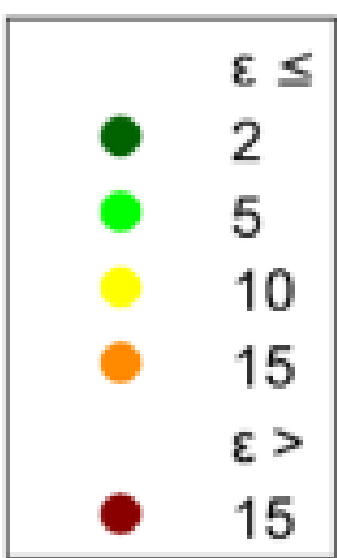
$$v_{ROT} = \frac{6 \cdot F_L}{10} + v_c + T_T \text{ in kt}$$

v_c Kalibrierte Fluggeschwindigkeit (Calibrated Air Speed, CAS) in kt
 F_L Flugfläche (Flight Level)
 T_T absolute Temperatur (Total Air Temperature) in °C
 v_{ROT} Wahre Fluggeschwindigkeit (True Air Speed, TAS) in kt berechnet aus der Rule of Thumb (ROT)



$$\delta = \left(1 - \frac{L \cdot H}{T_0 + \Delta T}\right)^{\left(\frac{\gamma}{\gamma-1}\right)}$$
$$\Delta T = 0$$

Fehler in Prozent



$$\epsilon = \left| \frac{v - TAS_{ROT}}{v} \right| \cdot 100$$

ϵ relativer Fehler in [%]

Figure 1: Berechnen der wahren Fluggeschwindigkeit (TAS) aus der kalibrierten Fluggeschwindigkeit (CAS) mit Hilfe einer Faustformel und deren Überprüfung hinsichtlich ihrer Genauigkeit.

Literaturhinweis:
[1] https://www.skybrary.aero/index.php/Pilot_Handling_Skills

Weitere Details im Bachelor-Projekt von Lucht (2019):
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:18302-aero2019-04-30.018>