

4.2 Flügel endlicher Länge

Aufgaben

Aufgabe 1

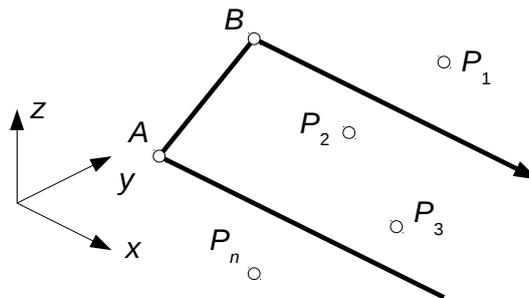
Schreiben Sie in GNU Octave eine Funktion

$$\mathbf{v} = \text{horseshoe}(\mathbf{rA}, \mathbf{rB}, \mathbf{rP}),$$

die die von einem Hufeisenwirbel mit der Wirbelstärke $\Gamma = 1$ induzierten Geschwindigkeiten an den Punkten P_n berechnet. Die Eingabeargumente sind:

\mathbf{rA} (3)	Koordinaten von Punkt A des Hufeisens
\mathbf{rB} (3)	Koordinaten von Punkt B des Hufeisens
\mathbf{rP} (3, :)	Koordinaten der Punkte P

Das Ausgabeargument \mathbf{v} (3, :) enthält die Komponenten der Geschwindigkeitsvektoren an den Punkten P_n .



Überprüfen Sie die Funktion anhand eines Hufeisenwirbels mit der Wirbelstärke $\Gamma = \pi$ und den Eckpunkten $A = [0, -1, 0]$ und $B = [0, 1, 0]$, indem Sie die Geschwindigkeiten an den Punkten $P_n = [n, 0, 0]$, $n = 1, \dots, 20$ berechnen.

Aufgabe 2

Schreiben Sie in GNU Octave eine Funktion

$$\mathbf{G} = \text{vlms}(\mathbf{rA}, \mathbf{rB}, \mathbf{rC}, \text{dw}, \text{alpha}),$$

die die Zirkulationsverteilung für einen Flügel in der xy-Ebene nach dem einfachen Wirbelgitterverfahren berechnet. Die Eingabeargumente sind:

rA(3, :)	Koordinaten der Punkte A der Hufeisen
rB(3, :)	Koordinaten der Punkte B der Hufeisen
rC(3, :)	Koordinaten der Kontrollpunkte
dw(:)	Abwind an den Kontrollpunkten infolge der Wölbung der Skelettlinie
alpha(:)	Liste von Anstellwinkeln

Das Ausgabeargument **G(:, :)** enthält die Wirbelstärken bezogen auf die Anströmgeschwindigkeit. Dabei enthält eine Spalte die Wirbelstärken für einen Anstellwinkel.

Verwenden Sie dabei die Funktion **horseshoe** aus Aufgabe 1.

Aufgabe 3

Verwenden Sie die Funktion **v1ms** aus Aufgabe 2, um für einen rechteckigen Flügel die auf die Anströmgeschwindigkeit bezogene Zirkulationsverteilung Γ/v_∞ , den Auftriebsbeiwert c_L und die Ableitung $dc_L/d\alpha$ zu berechnen.

Daten:

Spannweite: $b = 15$ m

Flügeltiefe: $c = 1,5$ m

Skelettlinie: $z_s(x) = 4h \frac{x}{c} \left(1 - \frac{x}{c}\right)$ mit $h = 2$ cm

Anstellwinkel: $\alpha_1 = 0^\circ$, $\alpha_2 = 2^\circ$

(Ergebnis: $c_{L1} = 0,1314$, $c_{L2} = 0,3034$, $dc_L/d\alpha = 4,928$)

Aufgabe 4

Gegeben ist der Tragflügel von Aufgabe 3. Berechnen Sie mit dem in Mefisto implementierten allgemeinen Wirbelgitterverfahren für die Anstellwinkel $\alpha_1 = 0^\circ$ und $\alpha_2 = 2^\circ$ den Druckbeiwert, den Auftriebsbeiwert und den Momentenbeiwert bezüglich der Viertelpunktlinie sowie den Auftriebsanstieg $dc_L/d\alpha$.

Ermitteln Sie den Verlauf des Druckbeiwerts in repräsentativen Flügelschnitten und stellen Sie ihn mit GNU Octave graphisch dar. Stellen Sie außerdem den Verlauf des Druckbeiwerts über die gesamte Flügelfläche mithilfe von Gmsh graphisch dar.

Vergleichen Sie die Ergebnisse mit denen aus Aufgabe 3.

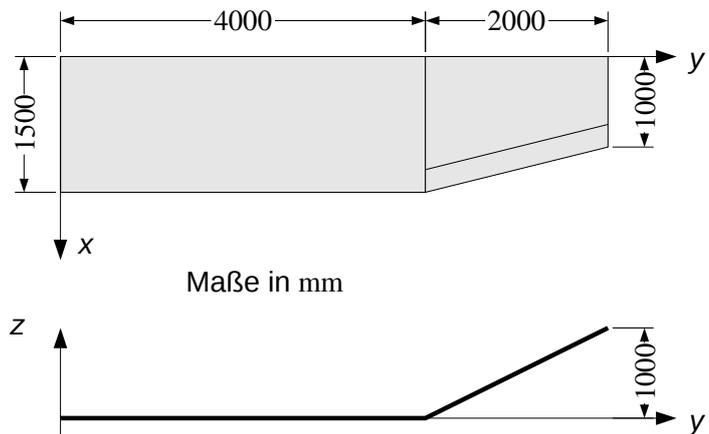
(Ergebnis: $c_{L1} = 0,1331$, $c_{L2} = 0,3032$, $dc_L/d\alpha = 4,875$, $c_{M1} = -0,0399$, $c_{M2} = -0,0389$)

Aufgabe 5

Berechnen Sie für den abgebildeten Knickflügel mit dem Profil NACA 43012 die Druckverteilung, den Auftriebsbeiwert und den Momentenbeiwert bezüglich der Flügelvorderkante für die Anstellwinkel $\alpha_1 = 0^\circ$ und $\alpha_2 = 2^\circ$ und die Querruderaus schläge $\eta_1 = 0^\circ$ und $\eta_2 = 5^\circ$.

Das Querruder hat ein Klappen tiefenverhältnis von 20 %. Die Anströmgeschwindigkeit beträgt 40 m/s, und die Dichte der Luft hat einen Wert von $1,21 \text{ kg/m}^3$.

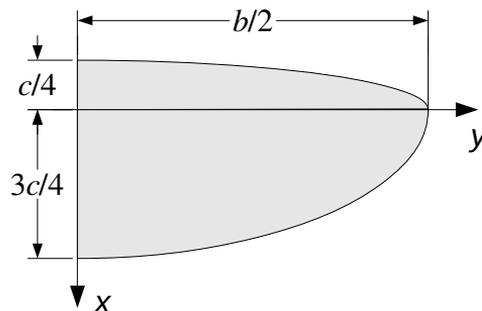
(Ergebnis: $\alpha = 0^\circ, \eta = 0^\circ: c_L = 0,0943, c_M = -0,0342$; $\alpha = 0^\circ, \eta = 5^\circ: c_L = 0,1579, c_M = -0,0615$; $\alpha = 2^\circ, \eta = 0^\circ: c_L = 0,2603, c_M = -0,0734$; $\alpha = 2^\circ, \eta = 5^\circ: c_L = 0,3239, c_M = -0,1008$)



Aufgabe 6

Der Flügel des Segelkunstflugzeugs Lo 100 besteht aus zwei Ellipsen, die so angeordnet sind, dass die Viertelpunktlinie gerade ist. Der Flügel hat ein [Clark Y](#)-Profil, dessen geometrische Daten Sie auf [Airfoil Tools](#) finden

- Berechnen Sie für die beiden Anstellwinkel $\alpha_1 = 0^\circ$ und $\alpha_2 = 5^\circ$ den Druckbeiwert, den Auftriebsbeiwert und den Momentenbeiwert bezogen auf die Viertelpunktlinie. Stellen Sie den Druckbeiwert mit Gmsh graphisch dar.
- Bestimmen Sie den Auftriebsanstieg $dc_L/d\alpha$.
- Welcher Anstellwinkel wird für einen stationären Geradeausflug mit einer Geschwindigkeit von 25 m/s benötigt?



Zahlenwerte: $b = 10 \text{ m}$, $c = 1,39 \text{ m}$, Luftdichte $\rho = 1,21 \text{ kg/m}^3$, Masse $m = 230 \text{ kg}$

(Ergebnis: a) $c_{L1} = 0,2995, c_{L2} = 0,7361, c_{M1} = -0,0686, c_{M2} = -0,0668$; b) $dc_L/d\alpha = 5,002$; c) $\alpha = 2,84^\circ$)