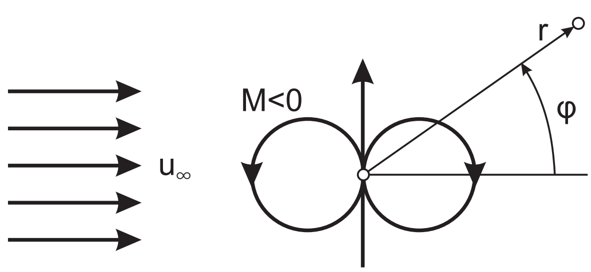
Tutorenprogramm - Strömungsmechanik II

Gemischte Aufgaben

1. Aufgabe



Gegeben sei ein Dipol, der mit seiner Achse normal zur Richtung einer Parallelströmung steht. Der Dipol mit Dipolmoment $M < 0$ sei im Ursprung eines Polarkoordinatensystems plaziert.

1. Die komplexe Potentialfunktion $F(z) = \frac{M}{2\pi z}$ beschreibt einen Dipol, dessen Achse in Strömungsrichtung ausgerichtet ist. Wie muss die komplexe Potentialfunktion verändert werden, damit die Dipolachse um 90° im mathematisch positiven Drehsinn rotiert wird? Geben Sie die komplexe Potentialfunktion an, die das obige Strömungsfeld beschreibt.

Unter Beachtung der Hinweise:

2. Bestimmen Sie die Geschwindigkeitskomponenten $u(r, \varphi)$ und $v(r, \varphi)$ in Abhängigkeit von M für $u_\infty = 1$.
3. Geben Sie alle Orte an, für die $v(r, \varphi) = 0$ gilt.
4. Bestimmen Sie die Dipolstärke M so, dass alle Staupunkte auf einem Kreis mit Radius $R = 1$ liegen und geben Sie die Staupunkte explizit an. Ersetzen Sie für die folgenden Teilaufgaben die Dipolstärke M durch den berechneten Wert.
5. Geben Sie die Gleichungen für die Staupunktstromlinien in der Form $r = f(\varphi)$ an.
6. Berechnen Sie für die obere Staupunktstromlinie die Asymptote $\lim_{r\to\infty} y(r, \varphi)$.
7. Zeichnen Sie unter Angabe der Staupunktstromlinien und der Staupunkte das Stromlinienbild im Nah- und Fernbereich. Arbeiten Sie die Ergebnisse der anderen Teilaufgaben sowie die Strömungsrichtung jeweils deutlich heraus.

Gegeben:

$u_\infty = 1$, $R = 1$

Winkeltabelle:

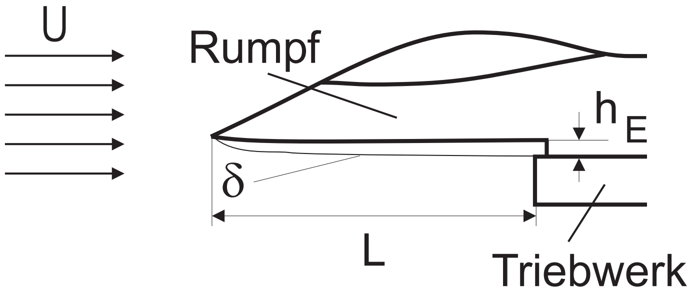
φ	$\frac{1}{4}\pi$	$\frac{1}{2}\pi$	$\frac{3}{4}\pi$	π	$\frac{5}{4}\pi$	$\frac{3}{2}\pi$	$\frac{7}{4}\pi$	2π
$\sin\varphi$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$	0
$\cos\varphi$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$	0	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	1

Hinweise:

- $z = x + iy = r \cdot e^{i\varphi} = r(\cos\varphi + i\sin\varphi)$
- Falls Sie Aufgabenteil a) nicht lösen konnten, rechnen Sie in den folgenden Aufgabenteilen mit der komplexen Potentialfunktion $F(z) = \left(\frac{1}{i}\right)\left(iu_\infty z - \frac{M}{2\pi z}\right)$.

Quelle: Herbst 2011

2. Aufgabe



Ein Flugzeug wird von einem Strahltriebwerk angetrieben, dessen Einlauf sich auf der Unterseite befindet. Es wird ein Unterschallflug mit der Geschwindigkeit U angenommen. Betrachten Sie die Grenzschicht, die sich an der Unterseite des Rumpfes ausbildet. Das Geschwindigkeitsprofil in der Grenzschicht lässt sich durch folgenden Polynomansatz darstellen:

$$\frac{u(x,y)}{U} = \sum_{i=0}^{4} a_i \left(\frac{y}{\delta}\right)^i .$$

1. Bestimmen Sie die Koeffizienten a_i unter der Annahme einer ebenen Strömung.
2. Erläutern Sie die physikalische Bedeutung der Verdrängungsdicke δ_1 und der Impulsverlustdicke δ_2.
3. Es gilt in diesem Fall $\frac{\delta_2}{\delta} = \frac{37}{315}$. Beweisen Sie mit Hilfe der von Kármánschen Integralbeziehung den Zusammenhang $\frac{\delta}{x} = \frac{5.84}{\sqrt{Re_x}}$.
4. Bestimmen Sie den Einlaufabstand h_E so, dass gerade keine Rumpfgrenzschicht in den Triebwerkseinlauf gerät.

Gegeben:

$\rho, \quad \eta, \quad L, \quad U = \text{const.}$

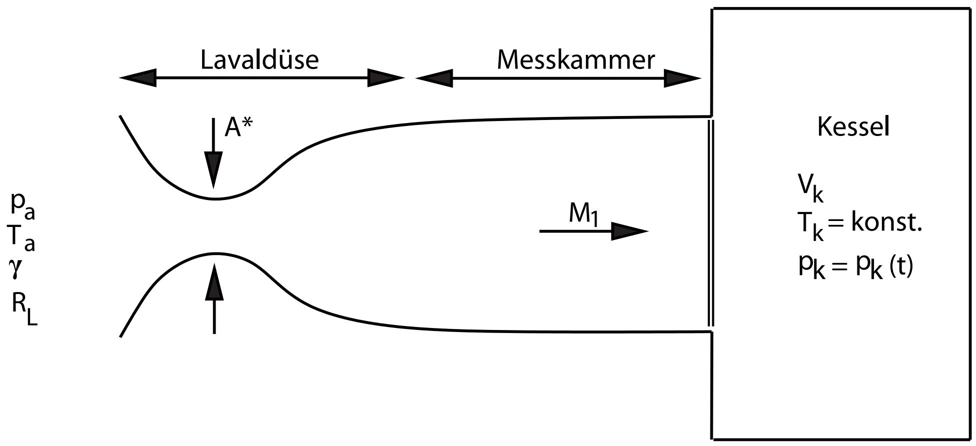
Hinweis:

von Kármánschen Integralbeziehung:
$\frac{d\delta_2}{dx} + \frac{1}{U}\frac{dU}{dx}\left(2\delta_2 + \delta_1\right) = \frac{\tau_w}{\rho U^2}$

Quelle: Herbst 2006

3. Aufgabe

Ein Überschallwindkanal besteht aus einer Lavaldüse, einer Messstrecke und einem großen Kessel mit dem Volumen V_K. Die Luft wird aus der Umgebung (p_a, T_a) durch die Lavaldüse und die Messstrecke in den Kessel adiabat und reibungsfrei gesaugt. Die Machzahl in der Messstrecke während der Messzeit beträgt M_1. Der Kessel ist zu Beginn eines Versuches evakuiert $(p_K(t=0) \ll p_a)$. Am Ende der Messzeit Δt steht am Übergang von der Messstrecke zum Kessel ein Verdichtungsstoß. Bis dahin ist die Strömung ungestört.



1. Leiten Sie ausgehend von der Energiegleichung für adiabate Strömungen ohne Leistungszufuhr eine Beziehung für das Temperaturverhältnis als Funktion der Machzahl her $\dfrac{T}{T_0} = f(M)$.
2. Bestimmen Sie den Massenstrom $\dot{m}$.
3. Bestimmen Sie die Messzeit Δt.

Gegeben: $p_a, T_a, \gamma, R_L, A^*, M_1, V_K, T_K = \text{konst.}, p_K(t=0) \ll p_a$

Hinweis:

- Isentropenbeziehungen: $\dfrac{T_a}{T_b} = \left(\dfrac{\rho_a}{\rho_b}\right)^{\gamma-1} = \left(\dfrac{p_a}{p_b}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$
- Druckverhältnis über senkrechten Verdichtungsstoß: $\dfrac{p_2}{p_1} = 1 + \dfrac{2\gamma}{\gamma+1}(M_1^2 - 1)$
- $c_p = \dfrac{\gamma R}{\gamma - 1}$

Quelle: Frühjahr 2014