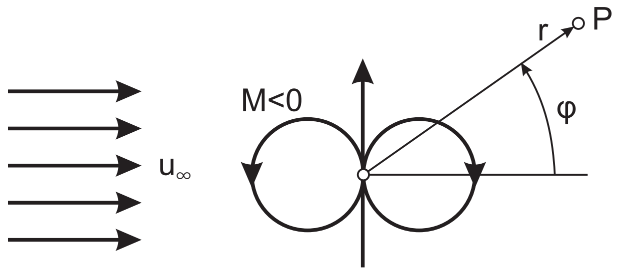
Tutorenprogramm - Strömungsmechanik II
Wintersemester 2012/2013
Gemischte Aufgaben

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 $\lim\limits_{r\to\infty} y(r,\varphi)$.
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:

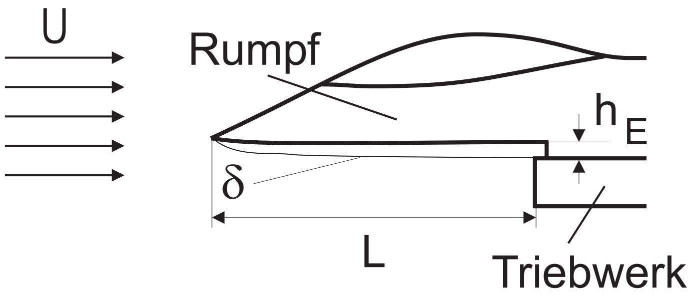
φ	$\frac{1}{4}\pi$	$\frac{1}{2}\pi$	$\frac{3}{4}\pi$	π	$\frac{5}{4}\pi$	$\frac{3}{2}\pi$	$\frac{7}{4}\pi$	2π
$\sin\varphi$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	1	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$	0
$\cos\varphi$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$	-1	$\frac{-1}{\sqrt{2}}$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

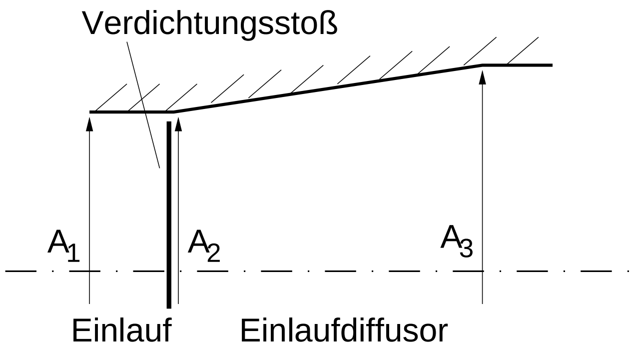
von Kármánschen Integralbeziehung:
$\frac{d\delta_2}{dx} + \frac{1}{U}\frac{dU}{dx}\left(2\delta_2 + \delta_1\right) = \frac{\tau_w}{\rho U^2}$

Quelle: Herbst 2006

3. Aufgabe

Für die Auslegung eines Staustrahltriebwerkes sollen die in den Triebwerkskomponenten herschenden Strömungsgrößen für verschiedene Betriebszustände ermittelt werden.

Im vorliegenden Fall tritt im Einlaufbereich des Triebwerks ein senkrechter Verdichtungsstoß auf. Im Querschnitt (1) unmittelbar vor dem Stoß werden dabei die statische Temperatur T_1 und der statische Druck p_1 gemessen. Die Machzahl wird dort zu $Ma_1 = 2$ bestimmt.



1. Berechnen Sie die Geschwindigkeit u_1 und die Totaltemperatur T_{01}.
2. Ermitteln Sie die Geschwindigkeit u_2 und die Temperatur T_2 im Querschnitt (2), d.h. unmittelbar nach dem Verdichtungsstoß.
3. Bestimmen Sie die Querschnittsfläche A_3, so dass die Geschwindigkeit u_3 im Endquerschnitt des Diffusors nur um 10% gegenüber u_2 verkleinert wird. Wie groß ist die Temperatur T_3?

Gegeben:

- Geometrie: $A_1 = A_2 = 0.1m^2$
- Konstanten: $R = 287m^2/s^2K, \quad \gamma = 1.4$
- Anströmmachzahl: $Ma_1 = 2$
- Luftwerte (Umgebung/Einlauf): $T_1 = 212K, \quad p_1 = 0.25bar$

Hinweis:

- Für isentrope Strömungen gilt: $\dfrac{T}{T_0} = \left(\dfrac{\varrho}{\varrho_0}\right)^{\gamma-1} = \left(\dfrac{p}{p_0}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$
- $(Ma_1^\star)^2 = \dfrac{\gamma+1}{\gamma-1+2/Ma_1^2}$

Quelle: Herbst 2008