

# Prüfungsfragen SLRF 2009/2010

19. Jänner 2010

## 1 Thermodynamik realer Fluide

Grundsätzlich beziehen sich die Fragen, wenn nicht ausdrücklich angegeben, auf die Interpretation der in der Vorlesung hergeleiteten Beziehungen und auf die daraus folgenden Konsequenzen für Strömungsphänomene. Die Punkte sollen den Stoffbereich eingrenzen, sind jedoch nicht als wortwörtliche Zusammenstellung von Prüfungsfragen zu verstehen.

### 1.1 Zustandsgleichungen

- Welche Informationen über das Materialverhalten benötigen Sie, um das thermodynamische Verhalten eines allgemeinen Fluids beschreiben zu können. Was ist aus Sicht des Anwenders der Vorteil einer solchen Darstellung.
- Gesetz korrespondierender Zustände, reduzierte Größen, Kompressibilität  $Z$ : Definition, ungefährender Wert am kritischen Punkt
- Nennen Sie drei bekannte Beziehungen für thermische Zustandsgleichungen und bewerten Sie kurz, deren Fähigkeit Realgasverhalten zu beschreiben.
- Van der Waals Gas: Formel und Benennung der Realgas-Effekte
- Van der Waals Gas konst. spezif. Wärmen: Diskussion der Isothermen, Isentropen im  $p_r, v_r$ -Diagramm, überlegen Sie sich auch
  - Abhängigkeit von  $\delta = R/c_{v,\infty}$ , wie kann man  $\delta$  interpretieren, wann ist  $\delta$  sehr klein?
  - Warum ist im  $p_r/v_r$ -Diagramm (beim Van der Waals-Gas!) die Sättigungskurve universell
  - $\delta \rightarrow 0$ ?
- Retrogrades Verhalten anhand  $T, s$ -Diagramm bzw.  $p_r, v_r$ -Diagramm erklären, für welche Fluide erwarten Sie dieses Verhalten,  $\delta$ ?

### 1.2 Fundamentableitung

- Definition der Schallgeschwindigkeit
- Definition von  $\Gamma$  (3 Varianten). Wert für ideales Gas? welches Vorzeichen hat  $\Gamma$  im Falle eines idealen Gas (sowie auch für die meisten bekannten Stoffe)

## VU Strömung realer Fluide (322.037) Matrikelnummer:

---

- Wofür ist  $\Gamma$  ein Maß im  $p, v$ -Diagramm? Welche Relevanz hat demnach das Vorzeichen von  $\Gamma$ . Zeichnen Sie das  $p_r, v_r$ -Diagramm für ein Medium mit  $\Gamma \geq 1$  in der Gasphase bzw. für ein BZT-Fluid (Sättigungskurve, krit. Isotherme, Isentrope u. Isotherme, achten Sie auf die qualitativ richtige Platzierung von Wendepunkten, etc.).
- Was versteht man unter einem BZT-Fluid? Ist ein BZT-Fluid immer ein retrogrades Fluid? Ist ein retrogrades Fluid immer auch ein BZT-Fluid?

### 1.2.1 Bedeutung der Fundamentalableitung in der Strömungsmechanik

- Herleitung der Änderung der Schallgeschwindigkeit (Glg. 1.37) bei isentroper Zustandsänderung, welche Wertbereiche von  $\Gamma$  sind hier zu unterscheiden. Nimmt die Schallgeschwindigkeit in einem idealen Gas bei isentroper Expansion zu oder ab? Wie sieht das bei einem BZT-Fluid aus?
- Herleitung der Machzahländerung bei isentroper Zustandsänderung (Glg. 1.38). Diskussion der Fallunterscheidungen.
- Herleitung des Zusammenhangs zw.  $M$ -Zahl und Stromfadenquerschnitt  $A$  (Glg. 1.39). Konsequenz für den stetigen Durchgang durch  $M = 1$  (nur Fallunterscheidung und Bild der sich ergebenden Laval-Düsenform, De L'Hospital muss nicht berechnet werden)
- Stoßentstehung
- Stoßadiabate: welche Stoßart ist nach dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik für ein Medium mit  $\Gamma > 0$  nur erlaubt? welche bei  $\Gamma < 0$  (keine Herleitung!)

## 2 Akustik

- Herleitung der Gleichungen, Voraussetzungen, ...
- Diskussion

## 3 Strömungen mit Energiezufuhr

- Kap. 3.1 und Kap. 3.2 ohne Einschränkung

### *Einschränkungen Kap. 3.3*

- Problemstellung (Skizze zu Beginn des Kap, integrale Bilanzen (Glg. 3.29), Definition & Bedeutung der dimensionslosen Zufuhren  $\alpha, \beta, \gamma$ )
- Interpretation der neuen exakten Lösungen des Gleichungssystems (Glg. 3.31 bis 3.34) (die Formeln für die Stoßbeziehungen müssen nicht auswendig gelernt werden bzw. hergeleitet werden, man sollte sich aber überlegen, was sie aussagen bzw. wie sie zu lesen sind). Welches bekannte Problem erhält man bei verschwindenden Zufuhren ( $\alpha = \beta = \gamma = 0$ )
- Interpretation der neuen Prandtlrelation, wie ändert sich Machzahl nach dem Stoß für die unterschiedlichen Zufuhren (Diskussion der Skizze  $\hat{M}$  für  $\alpha \neq 0, \beta = \gamma = 0$ , für  $\alpha = \gamma = 0, \beta \neq 0$ , für  $\alpha = \beta = 0, \gamma \neq 0$ ), kritische Zufuhren ( $\Lambda_c$ , Diskussion der Skizze  $F$ -vs.  $M$ ), kritische Wärmezufuhren. Diskussion der Skizze  $M$ -vs.  $D_{krit}$ , Definition der kritischen Damköhler Zahl, welche charakteristischen Zeiten setzt die Damköhlerzahl ins Verhältnis)
- Rankine-Hugoniot Kurven für Strömungen mit Wärmezufuhr: Welchen Zusammenhang stellt eine dynamische Adiabate her? Herleitung der Rayleigh-Gerade. Bedeutung der Rayleighgerade: im  $\hat{p}/p$ - vs.  $p/\hat{p}$ -Diagramm zusammen mit dynamische Adibaten mit- und ohne Wärmezufuhr qualitativ zeichnen und verschiedene Fälle diskutieren (Mehrdeutigkeit der Lösung, was bedeuten die unterschiedlichen Lösungen, welche sind mit Stoß, welche ohne, warum muss in einer Unterschallströmung die Stoßlösung, die ja

lt. Massen-, Impuls- und Energiebilanz eine zulässige Lösung ist, ausgeschlossen werden,...), Chapman-Jouget Pkte, ...

- wie bezeichnet man eine schockinduzierte Verbrennung?

#### 4 Ein mögliches Rechenbeispiel

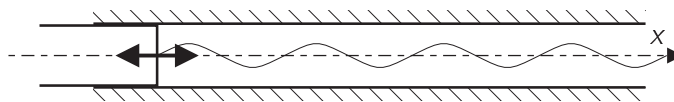
- Schallgeschwindigkeit in idealen Mischungen einer bestimmten Zusammensetzung  $x_1, \dots, x_i, \dots, x_N$  berechnen (siehe Übung). Formel für die Schallgeschwindigkeit der Gesamtmischung wird angegeben ( $c^2 = -v^2 \kappa (\partial p / \partial v)_T$ ).

- **Einfache Wellen.**

Gegeben ist ein einseitig offenes Rohr entsprechend nachstehender Abbildung. Eine Seite sei mit einem beweglichen Kolben verschlossen. Dieser Kolben erzeugt eine impulsartige Dichtestörung der Form

$$\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} = \begin{cases} \varepsilon a_0 \left(\frac{t}{t_0}\right) \left(1 - \frac{t}{t_0}\right) & \dots 0 \leq t \leq t_0 \\ 0 & \dots t \leq 0, t \geq t_0 \end{cases},$$

wobei  $0 < \varepsilon \ll 1$  und  $a_0 = \text{const}$  gilt.



- Geben Sie die betreffende Wellengleichung und ihre allgemeine Lösung an. Welche Einschränkungen bzw. Voraussetzungen sind dabei zu beachten?
- Bestimmen Sie die Dichtestörung im gesamten Rohr.
- Geben Sie die entsprechende Druckstörung an.
- Skizzieren Sie die Lösung.