

## Thermodynamik II Aufgabe 1.2

Themen:

*Fundamentalgleichungen, natürliche Variablen, Maxwell-Relationen, Zustandsgleichung realer Gase, Joule-Thomson-Koeffizient*

Als Stoffmodell für eine reine Substanz wird zur Simulation der Gasverflüssigung folgender Ansatz für die spezifische freie Enthalpie  $g$

$$g(T, p) = RT \left( c \left( 1 - \frac{T_0}{T} - \ln \left( \frac{T}{T_0} \right) \right) + \ln \left( \frac{p}{p_0} \right) \right) + b(p - p_0)$$

probiert. Darin sind  $R$  die spezielle Gaskonstante und  $b, c$  Konstanten.

- a) Welche physikalische Bedeutung besitzen folgende partielle Ableitungen:

$$\left( \left( \frac{\partial g}{\partial p} \right)_T \right) \quad \text{und} \quad \left( \left( \frac{\partial g}{\partial T} \right)_p \right) ?$$

- b) Leiten Sie die Maxwell-Relationen

$$\begin{aligned} \left( \frac{\partial T}{\partial v} \right)_s &= - \left( \frac{\partial p}{\partial s} \right)_v, & \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_v &= \left( \frac{\partial s}{\partial v} \right)_T \\ \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_s &= \left( \frac{\partial v}{\partial s} \right)_p, & - \left( \frac{\partial s}{\partial p} \right)_T &= \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \end{aligned}$$

her!

- c) Bestimmen Sie die thermische Zustandsgleichung  $f(p, v, T; b) = 0$  des Stoffes!
- d) Welche von einem idealen Stoff abweichende charakteristische Eigenschaft des Realstoffes soll durch das Modell erfasst werden?  
Sollte die Konstante  $b$  demnach einen positiven oder einen negativen Wert haben?  
Welcher Aggregatzustand des Stoffes kann durch diesen Ansatz modelliert werden?
- e) Bestimmen Sie die Entropiefunktion  $s = s(T, p)$  und die kalorische Zustandsgleichung der Enthalpie  $h = h(T, p)$ !
- f) Durch welche Zustandsgröße kann die Konstante  $c$  ausgedrückt werden?
- g) Hängt die innere Energie  $u$  außer von der Temperatur auch vom Druck oder dem Volumen ab (Herleitung!)?
- h) Wie wird sich die Temperatur einer durch das Modell beschriebenen Substanz beim Durchströmen einer adiabaten Drossel ändern?  
Ist demnach dieses Stoffmodell geeignet, um die Gasverflüssigung durch Drosseln des Gasstromes nach der prinzipiellen Idee von Linde zu modellieren?<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Siehe dazu die Vorlesung und die Übungsaufgabe zur Gasverflüssigung nach Linde.