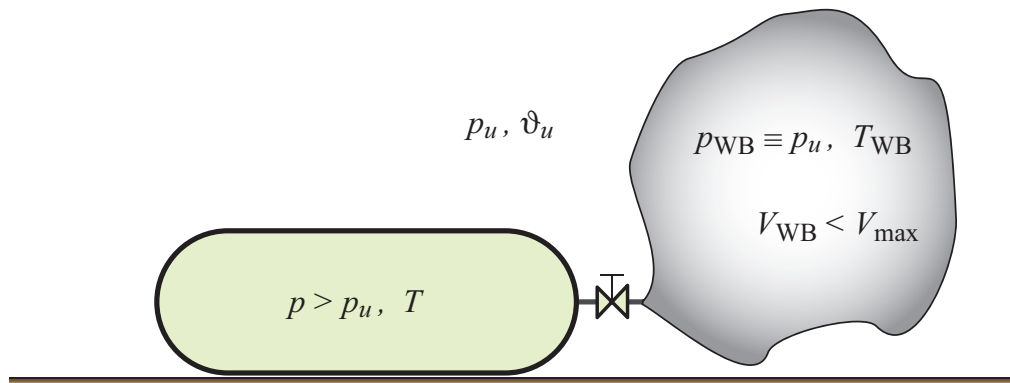


### Aufgabe 3 Thermodynamik I H12

Aus einer Druckflasche, die im gefüllten Zustand beim Druck  $p_0$  eine Masse  $m_0$  an Helium enthält, wird ein Wetterballon befüllt, bis dieser sein Füllvolumen  $V_{\max}$  annimmt. Die Skizze zeigt den Zustand von Druckflasche und Wetterballon zu einem beliebigen Zeitpunkt während des Füllvorganges, bei dem noch  $V_{\text{WB}} < V_{\max}$  ist.

Annahmen: Die Zustandsänderungen in Druckflasche und Wetterballon seien während des Füllvorgangs adiabat. Kinet. und pot. Energien sind zu vernachlässigen. Die Druckflasche sei starr. Die Hülle des Wetterballons sei anfänglich vollkommen leer und bis zum gewünschten Füllvolumen als ideal schlaff anzusehen (Druck im Inneren stets  $p_u$ ). Außerdem soll das Gewicht der Ballonhülle vernachlässigt werden. Helium und Luft sollen als ideale Gase mit konstanten spezifischen Wärmen betrachtet werden.

geg.:  $p_u, \vartheta_u, m_0, p_0, \vartheta_0 = \vartheta_u, p_1$  mit  $p_1 > p_u, V_{\text{WB},1}, R_{\text{He}}, c_{v,\text{He}}, R_L, (V_{\max})$



ges.:

- a) Zeigen Sie, dass für ein ideales Gas mit konstanten spezifischen Wärmen für das Verhältnis aus Enthalpie  $h$  und innerer Energie  $u$  gilt:

$$\frac{h}{u} = \frac{R_{\text{He}} + c_{v,\text{He}}}{c_{v,\text{He}}}$$

- b) Welche Masse  $\Delta m = m_0 - m_1$  strömt aus der Druckflasche, wenn das Gas in ihrem Inneren vom Druck  $p_0$  auf den Druck  $p_1$  expandiert?  
Hinweis: Stellen Sie eine Massen- und Energiebilanz für das Gas in der Druckflasche auf und leiten Sie eine Differentialgleichung der Form  $\frac{dm}{m} = \text{fkt}\left(\frac{du}{u}, \dots\right)$  her und integrieren Sie diese!
- c) Welches Temperaturverhältnis  $T_1/T_0$  besitzt das Helium in der Druckflasche nach dem Ausströmen der Gasmasse  $\Delta m$  und welche spezifische Entropieänderung stellt sich in der Druckflasche ein?
- d) Welches Temperaturverhältnis  $T_{\text{WB},1}/T_1$  besitzt das Helium im Wetterballon nach der Aufnahme der Gasmasse  $\Delta m$  für  $V_{\text{WB}} = V_{\text{WB},1} < V_{\max}$ ?
- e) Wie groß ist die irreversible Entropieproduktion  $S_{\text{irr}}$  bei diesem Füllvorgang?
- f) Welche minimale Temperatur  $T_{\text{WB},\min}$  darf das Helium im Wetterballon annehmen, so dass der Ballon unmittelbar nach dem Auffüllen noch Auftrieb besitzt und für welches maximale Volumen  $V_{\max}$  wird diese angenommen?