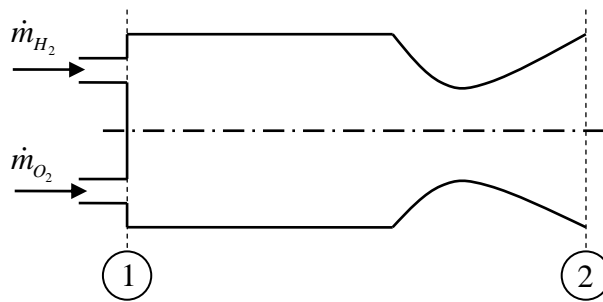


### Aufgabe 11.3

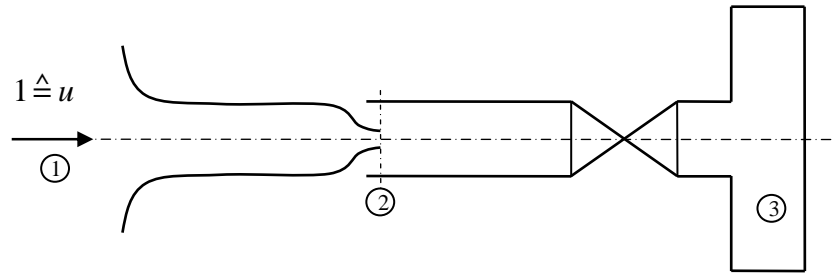


In einer Brennkammer werden stündlich 40 kg Wasserstoff ( $H_2$ ) stöchiometrisch mit Sauerstoff ( $O_2$ ) verbrannt.

Der Wasserstoff und der Sauerstoff werden der Brennkammer getrennt mit der gleichen Temperatur von  $\vartheta_1 = 127^\circ\text{C}$  und dem gleichen Druck von  $p_1 = 8\text{ bar}$  zugeführt. Im Anschluss an die Brennkammer durchströmt das Abgas eine Lavaldüse und expandiert auf einen Düsengegendruck von  $p_2 = 1\text{ bar}$ . Es kann angenommen werden, dass am Ende der Düse der Wasserstoff vollkommen verbrannt ist. Alle Komponenten können als ideale Gase behandelt werden. Die äußeren Energien am Brennkammereintritt und Änderungen potentieller Energien sind vernachlässigbar.

- Bestimmen Sie die Molenströme der in die Brennkammer eintretenden chemischen Komponenten!
- Die Temperatur des aus der Düse austretenden Abgases wurde zu  $\vartheta_2 = 1727^\circ\text{C}$  gemessen. Aus Werkstoffgründen müssen Brennkammer und Düse abgekühlt werden. Eine Messung ergab für Brennkammer und Düse zusammen eine Wärmeabgabe von  $|\dot{Q}_{12}| = 1844 \frac{\text{MJ}}{\text{h}}$ . Berechnen Sie die Düsenaustrittsgeschwindigkeit.
- Berechnen Sie den Exergieverlust des Gesamtprozesses pro  $\text{kmol } H_2$ , wenn die Wärme in die Umgebung abgegeben wird und die Umgebungstemperatur  $T_u = 300\text{ K}$  beträgt.

### Aufgabe 11.7



Zur Erzeugung einer hohen Unterschallgeschwindigkeit in einem Windkanal wird ein Kessel bis auf einen Zustand 3I teilweise evakuiert ( $p_{3I} = 0,2 \text{ bar}$ ,  $T_{3I} = 300 \text{ K}$ ). Für ein Zeitintervall von  $\Delta t_{I,II} = 10 \text{ s}$  wird anschließend Luft aus der Umgebung ( $p_u = 1 \text{ bar}$ ,  $T_u = 300 \text{ K}$ ) angesaugt und soweit expandiert, dass die Geschwindigkeit am Austritt der Mündung 80 % der örtlichen Schallgeschwindigkeit beträgt ( $c_2 = 0,8 \cdot c_{s_2}$ ). Mittels eines nachgeschalteten Regelventils bleibt der Druck  $p_2$  für die Dauer des Versuchs konstant, während der Druck im Kessel sich dabei erhöht. Ferner seien gegeben:

$$\begin{aligned} \text{Strömungsquerschnitt } A_2 &= 0,5 \text{ m}^2 & \kappa &= 1,4 \\ R &= 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} & c_p &= 1,004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \\ c_s &= \sqrt{\kappa \cdot R \cdot T} \quad \left| \text{Schallgeschwindigkeit eines idealen Gases} \right. \end{aligned}$$

Bestimmen Sie:

- die Zustandsgrößen  $T_2$ ,  $p_2$ ,  $c_2$  und die in der Versuchszeit eingeströmte Masse  $m$ ,
- die Temperatur  $T_{3II}$  und den Druck  $p_{3II}$  unmittelbar nach Versuchsende, wenn das Kesselvolumen  $V_3 = 7000 \text{ m}^3$  beträgt und die Volumina der Zuleitungen klein gegen  $V_3$  sind.