

Übungsserie 2

Adiabate Flammtemperatur

Aufgabe 1

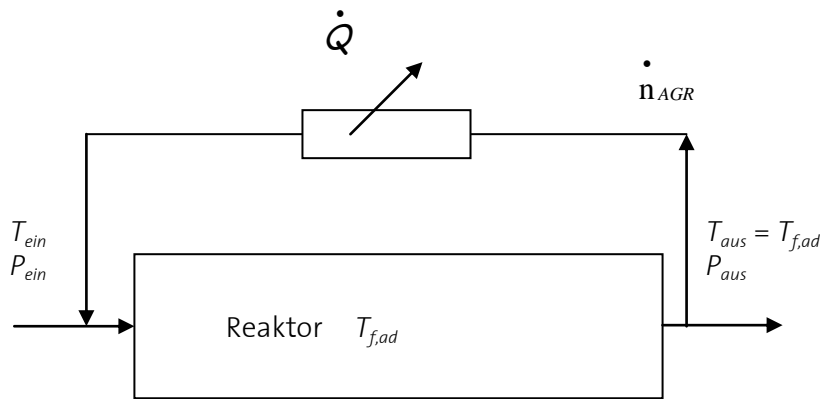
In einem idealen Reaktor wird Wasserstoff (H_2) mit Luft stöchiometrisch ($\lambda = 1$) bei einem konstanten Druck von 1 bar verbrannt. Es handelt sich um eine Vormischverbrennung und die Brennkammer kann als adiabat angenommen werden. Die Anfangstemperatur der Reaktanden beträgt $T_R = 298\text{ K}$. Dissoziation kann vernachlässigt werden. Alle Stoffe (Edukte und Produkte) befinden sich im gasförmigen Zustand.

- Berechne die adiabate Flammtemperatur, $T_{f,ad}$.
- Zeichne qualitativ die Abhängigkeit von $T_{f,ad}$ vom Luftverhältnis λ .
- Was passiert, wenn man den Wasserstoff anstelle von Luft mit reinem Sauerstoff (O_2) stöchiometrisch verbrennt? Zeichne qualitativ die Abhängigkeit der adiabaten Flammentemperatur von λ im selben Diagramm wie Aufgabe (b).
- Wie sieht die Abhängigkeit der adiabaten Flammentemperatur von λ aus, wenn man Ar anstelle von N_2 im anfänglichen H_2 /Luft-Gemisch hat? Zeichne erneut die $T_{f,ad} - \lambda$ Kurve in das selbe Diagramm ein.

Hinweise:

- Beachte, dass die Wärmekapazitäten von N_2 und Ar bei konstantem Druck folgende Abhängigkeit haben: $C_p(N_2) = 2C_p(Ar)$.
- Die Luft kann angenommen werden als 21% O_2 und 79% N_2 (Volumenanteile).

Aufgabe 2



In einem idealen adiabatischen Reaktor wird unter konstantem Druck ($P_{ein} = P_{aus} = 1 \text{ bar}$) ein vorgemischtes Methan-Luft-Gemisch verbrannt. Die Temperatur aller eintretenden Gase am Einlass des Reaktors beträgt $T_{ein} = 298 \text{ K}$. Um die adiabate Flammtemperatur und somit die Emissionen zu reduzieren, wird in diesem System AGR (Abgasrückführung) verwendet. Alle Stoffe (Edukte und Produkte) befinden sich im gasförmigen Zustand.

Berechne:

- Die adiabate Flammtemperatur $T_{f,ad}$ für die Luftverhältnisse $\lambda = 1$, $\lambda = 2$ und $\lambda = 0.5$ unter der Annahme, dass kein AGR eingesetzt wird und keine Dissoziationsreaktionen stattfinden.
- Den Anteil AGR (in Molanteil X_{AGR}), mit welchem eine adiabate Flammtemperatur $T_{f,ad} = 1300 \text{ K}$ mit $\lambda = 1$ erreicht wird.

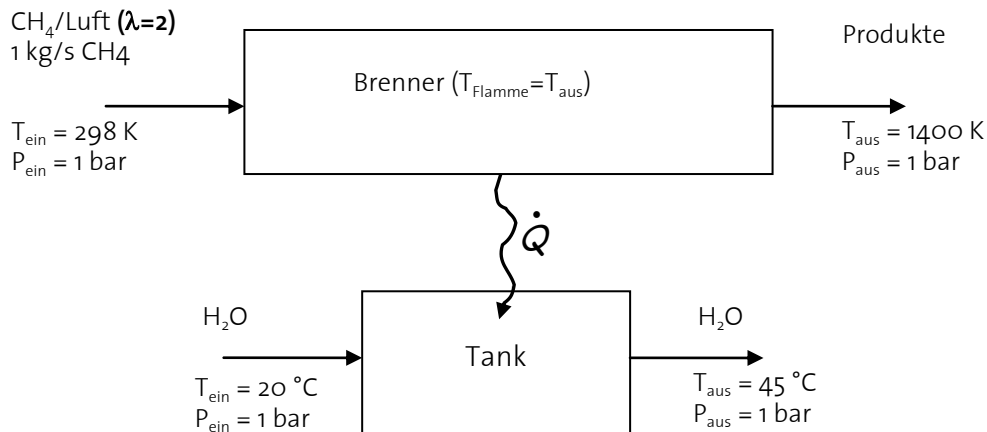
Die Molmassen der in der Reaktion auftretenden Stoffe sind:

$$\begin{aligned} M_{\text{CO}_2} &= 44 \text{ g/mol}, \\ M_{\text{H}_2\text{O}} &= 18 \text{ g/mol}, \\ M_{\text{N}_2} &= 28 \text{ g/mol}, \\ M_{\text{O}_2} &= 32 \text{ g/mol}, \\ M_{\text{CH}_4} &= 16 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Enthalpien für CH_4

T [K]	h(T) [J/mol]	T [K]	h(T) [J/mol]
298	10062	1700	105882
1000	48188	1800	114958
1100	55655	1900	124187
1200	63420	2000	133553
1300	71457	2100	143043
1400	79743	2200	152643
1500	88256	2300	162342
1600	96975	2400	172129

Aufgabe 3



In einem **nicht**-adiabaten Brenner wird unter konstantem Druck ($P_{\text{ein}} = P_{\text{aus}} = 1 \text{ bar}$) ein Methan-Luft-Gemisch mit einem konstanten Luftverhältnis $\lambda=2$ vollständig verbrannt. Der Massenstrom des gasförmig eintretenden Methans beträgt 1 kg/s. Die Temperatur aller eintretenden Gase am Einlass des Brenners beträgt $T_{\text{ein}} = 298 \text{ K}$. Die Austrittstemperatur der gasförmigen Produkte beträgt 1400 K. Die vom Brenner abgegebene Wärme \dot{Q} wird vollständig genutzt, um Wasser zu erwärmen. Alle Stoffe (Edukte und Produkte) befinden sich im gasförmigen Zustand.

Berechne:

- Die vom Brenner abgegebene Wärme \dot{Q} (in MW).
- Der an den Wassertank abgegebene Energieanteil (in %) der chemisch freigesetzten Energie.
- Das Volumen Wasser in m³ pro Tag, welches von 20 °C auf 45 °C erwärmt wird.

Die Molmassen der in der Reaktion auftretenden Stoffe sind:

$$M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g/mol}, M_{\text{H}_2\text{O}} = 18 \text{ g/mol}, M_{\text{N}_2} = 28 \text{ g/mol}, M_{\text{O}_2} = 32 \text{ g/mol}, M_{\text{CH}_4} = 16 \text{ g/mol}$$

Angaben für Wasser:

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (konstant)}, C_{p,\text{H}_2\text{O}} = 4180 \text{ J/kgK (konstant)}$$

Unterer Heizwert für Methan:

$$H_{u,\text{CH}_4} = 50 \text{ MJ/kg}$$

Enthalpien für CH₄:

T [K]	h(T) [J/mol]	T [K]	h(T) [J/mol]
298	10062	1300	71457
1000	48188	1400	79743
1100	55655	1500	88256
1200	63420	1600	96975

Hinweise/Annahmen:

- Alle Gase können als ideale Gase behandelt werden.