Aufgabe a)

$$C_{pG} = m_{H2} \cdot \frac{C_{pH2}}{m_G} + m_L \cdot \frac{C_{pL}}{m_G} \qquad C_{vG} = m_{H2} \cdot \frac{C_{vH2}}{m_G} + m_L \cdot \frac{C_{vL}}{m_G}$$

$$R_G = C_{pG} - C_{vG}$$

dann haben wir

$$R_G = \frac{m_{H2}}{m_G} \cdot \left(C_{pH2} - C_{vH2}\right) + \frac{m_L}{m_G} \cdot \left(C_{pL} - C_{vL}\right)$$

weil $R_{H2} = C_{pH2} - C_{vH2}$ $\qquad R_L = C_{pL} - C_{vL}$

dann $R_G = R_{H2} \cdot \frac{m_{H2}}{m_G} + R_L \cdot \frac{m_L}{m_G}$

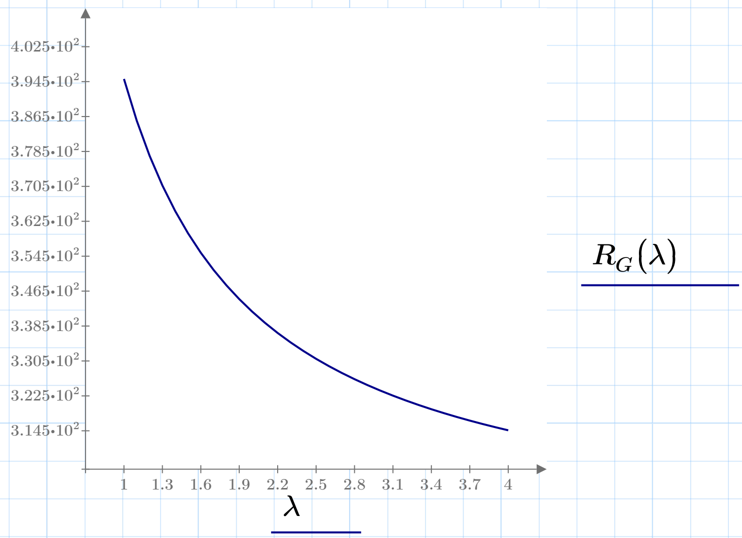
$\lambda = \frac{m_L}{m_{Lmin} \cdot m_{H2}}$ tranformieren $m_L = \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot m_{H2}$

und $m_G = m_L + m_{H2}$

also $R_G = \frac{R_{H2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot R_L}{1 + \lambda \cdot m_{Lmin}} = \frac{4125 + 9901.5\ \lambda}{1 + 34.5\ \lambda}$

$$\lambda := 1, 1.1 .. 4$$

$$R_G(\lambda) := \frac{4125 + 9901.5\ \lambda}{1 + 34.5\ \lambda}$$



$\kappa_{H2} := 1.41$ $\qquad \kappa_L := 1.4$ $\qquad R_L := 287 \ \dfrac{J}{kg \cdot K}$ $\qquad R_{H2} := 4125 \ \dfrac{J}{kg \cdot K}$

$m_{Lmin} := 34.5$

$$C_{vH2} := \frac{R_{H2}}{\kappa_{H2} - 1} = \left(1.006 \cdot 10^4\right) \frac{J}{kg \cdot K}$$

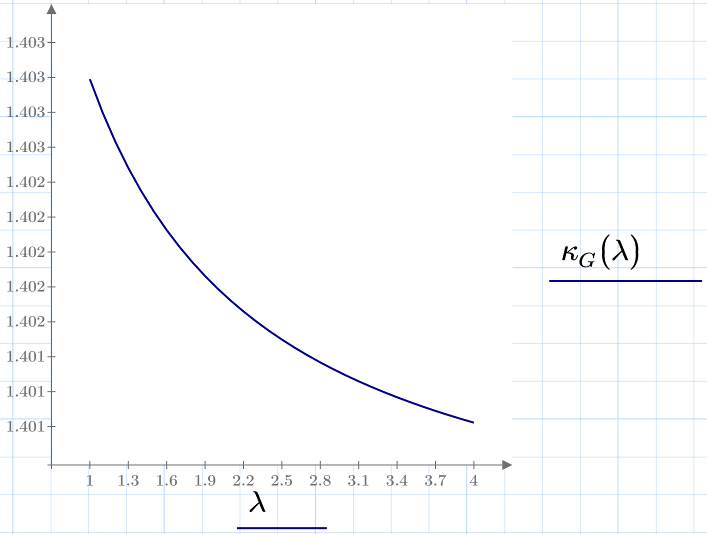
$$C_{pH2} := C_{vH2} \cdot \kappa_{H2} = \left(1.419 \cdot 10^4\right) \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$C_{vL} := \frac{R_L}{\kappa_L - 1} = \left(7.175 \cdot 10^2\right) \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$C_{pL} := C_{vL} \cdot \kappa_L = \left(1.005 \cdot 10^3\right) \frac{J}{kg \cdot K}$$

$$\kappa_G = \frac{C_{pG}}{C_{vG}} = \frac{m_{H2} \cdot C_{pH2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot m_{H2} \cdot C_{pL}}{m_{H2} \cdot C_{vH2} + \lambda \cdot m_{H2} \cdot C_{vL}} = \frac{C_{pH2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot C_{pL}}{C_{vH2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot C_{vL}}$$

$$\kappa_G(\lambda) := \frac{C_{pH2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot C_{pL}}{C_{vH2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot C_{vL}}$$



Aufgabe b)

$n_P := 2000\ min^{-1}$ $\quad p_{max} := 240\ bar$ $\quad \varepsilon := 12$

$p_u := 1\ bar$ $\quad V_H := 7755\ cm^3$

$\eta_g := 0.8$ $\quad \eta_m := 0.815$

$H_u := (120 \cdot 10^6)\ \frac{J}{kg}$

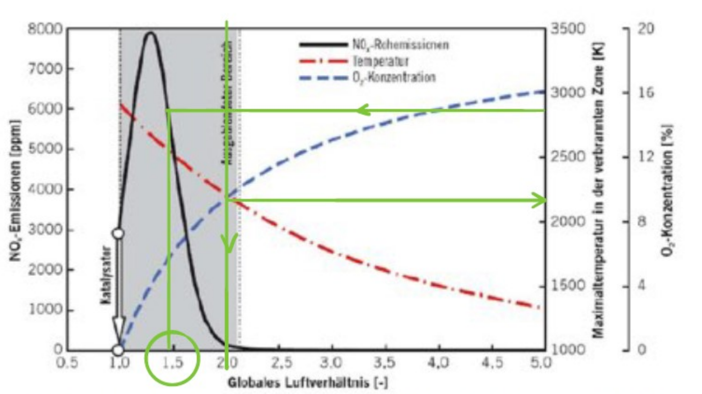
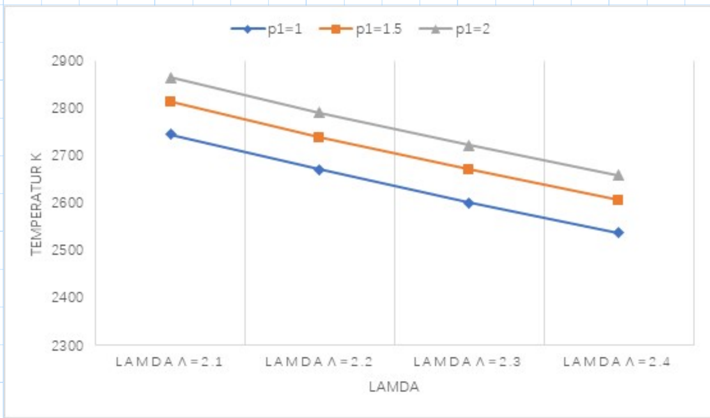


BILD 1 NO_x-, O_2-Konzentration und Verbrennungstemperatur im H_2-Betrieb mit äußerer Gemischbildung [4] (© H. Eichlseder et al.)

Da die maximale Verbrennungstemperatur soll unter 2800K sein, anhand dieser Bild können wir wissen, je höher λ ist, desto weniger wird NOx Emissionen entstehen, bei Temperatur 2800K wird $\lambda = 1.5$, aber es entsteht auch NOx.
wenn $\lambda \geq 2$ ist, wird es kleine NOx Emission entsteht, und die Temperatur ist kleiner als ca. 2200K.
und Startpunkt kann von λ=2 anfangen.
Durch viele iterative Rechnung, kann ich wissen:
wenn p1 fest ist, je höher λ ist, wird die Temperatur 4 sinken und die Abtriebsleistung sinken. Also ich wähle $\lambda = 2.1$ aus, da wenn $\lambda = 2.1$ mit verschiedene p1 ist, kann die Ergebnisse die Forderung nicht erfüllen.
Dann fangt von $\lambda := 2.1$ an.



Das Diagramm zeigt die Zusammenhang zwischen Temperatur und λ und p1.
und Tendenz der Zusammenhang zwischen Abtriebsleistung und λ und p1 ist gleich.

Mit fest Lamda und zunehmende p1 wird die Abtriebsleistung steigern, und die Temperatur wird erst steigern und dann sinken.

Mit fest p1 und zunehmende Lamda werden die Temperatur und die Abtriebsleistung sinken.

Nach vielmals Probieren wird ich eine optimierte Betriebspunkt gefunden:

$\lambda := 2.1$ $\quad p_1 := 2.5\ \mathbf{bar}$ um die mechanische Abtriebsleistung zu erreichen

Seiliger-Prozess

Punkt 1 Einlassschluss:

$$V_h := \frac{7755\ \mathbf{cm}^3}{4} = 1938.75\ \mathbf{cm}^3$$

$$V_1 := \frac{\varepsilon \cdot V_h}{\varepsilon - 1} = 2115\ \mathbf{cm}^3$$

$$p_1 := p_1 = 250000\ \mathbf{Pa}$$

$$T_1 := 300\ \mathbf{K} \left(\frac{p_1}{p_u}\right)^{0.2} = 360.337\ \mathbf{K}$$

$$S_1 := 1\ \frac{\mathbf{J}}{\mathbf{K}}$$

1-2 isentrope Kompression:

$$V_2 := V_1 - V_h = 176.25\ \mathbf{cm}^3$$

$$p_2 := p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa_L} = \left(8.106 \cdot 10^6\right)\ \mathbf{Pa}$$

$$T_2 := T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa_L - 1} = 973.603\ \mathbf{K}$$

$$dS_{12} := 0\ \frac{\mathbf{J}}{\mathbf{K}} \qquad S_2 := S_1 + dS_{12} = 1\ \frac{\mathbf{J}}{\mathbf{K}}$$

Punkt 2 Wasserstoffzufuhr (Einspritzen)

$m_L := \frac{p_1 \cdot V_1}{R_L \cdot T_1} = \left(5.113 \cdot 10^{-3}\right)\ kg$ $\qquad m_L = \frac{p_2 \cdot V_2}{R_L \cdot T_2}$

$m_{H2} := \frac{m_L}{m_{Lmin} \cdot \lambda} = \left(7.057 \cdot 10^{-5}\right)\ kg$

$m_G := m_L + m_{H2} = \left(5.183 \cdot 10^{-3}\right)\ kg$

$Q_{zu} := m_{H2} \cdot H_u = \left(8.468 \cdot 10^{3}\right)\ J$

bisher: reine Luft; ab jetzt: Gasgemisch (Luft+Wasserstoff)

$C_{pG} := m_{H2} \cdot \frac{C_{pH2}}{m_G} + m_L \cdot \frac{C_{pL}}{m_G} = \left(1.184 \cdot 10^{3}\right)\ \frac{J}{kg \cdot K}$

$C_{vL} := \frac{R_L}{\kappa_L - 1} = \left(7.175 \cdot 10^{2}\right)\ \frac{J}{kg \cdot K}$

$C_{vG} := m_{H2} \cdot \frac{C_{vH2}}{m_G} + m_L \cdot \frac{C_{vL}}{m_G} = \left(8.447 \cdot 10^{2}\right)\ \frac{J}{kg \cdot K}$

$C_{vL} := \frac{R_L}{\kappa_L - 1} = \left(7.175 \cdot 10^{2}\right)\ \frac{J}{kg \cdot K}$

$R_G := C_{pG} - C_{vG} = \left(3.393 \cdot 10^{2}\right)\ \frac{J}{kg \cdot K}$

2-3 isochore Wärmezufuhr

Vorauslegung der Temperatur für max. Druck $\qquad T_{3a} := \frac{p_{max} \cdot V_2}{m_G \cdot R_G} = 2405.491\ K$

Wärmemenge für max. Druck $\qquad Q_{23a} := m_G \cdot C_{vG} \cdot \left(T_{3a} - T_2\right) = \left(6.269 \cdot 10^{3}\right)\ J$

zugeführt Wärmemenge:

$$Q_{23} := \left\| \begin{array}{l} \text{if } Q_{23a} < Q_{zu} \\ \quad \| Q_{23a} \\ \text{if } Q_{23a} > Q_{zu} \\ \quad \| Q_{zu} \end{array} \right.$$

$Q_{23} = \left(6.269 \cdot 10^{3}\right)\ J$

$T_3 := T_2 + \frac{Q_{23}}{m_G \cdot C_{vG}} = 2405.491\ K$

$$V_3 := V_2$$

$$p_3 := \frac{m_G \cdot R_G \cdot T_3}{V_3} = \left(2.4 \cdot 10^{7}\right)\ Pa$$

$$dS_{23} := \left(C_{vG} \cdot \ln\left(\frac{T_3}{T_2}\right) + R_G \cdot \ln\left(\frac{V_3}{V_2}\right)\right) \cdot m_G = 3.96\ \frac{J}{K}$$

$$S_3 := S_2 + dS_{23} = 4.96\ \frac{J}{K}$$

3-4 isobare Wärmezufuhr:

$$Q_{34} := Q_{zu} - Q_{23} = \left(2.199 \cdot 10^{3}\right)\ J$$

$$T_4 := T_3 + \frac{Q_{34}}{m_G \cdot C_{pG}} = 2763.81\ K$$

$$p_4 := p_3$$

$$V_4 := \frac{m_G \cdot R_G \cdot T_4}{p_4} = \left(2.025 \cdot 10^{-1}\right)\ L$$

$$dS_{34} := \left(C_{vG} \cdot \ln\left(\frac{T_4}{T_3}\right) + R_G \cdot \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right)\right) \cdot m_G = \left(8.521 \cdot 10^{-1}\right)\ \frac{J}{K}$$

$$S_4 := S_3 + dS_{34} = 5.812\ \frac{J}{K}$$

4-5 isentrope Expansion:

$$V_5 := V_1 = \left(2.115 \cdot 10^{3}\right)\ cm^3 \qquad \kappa_G := \frac{C_{pH2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot C_{pL}}{C_{vH2} + \lambda \cdot m_{Lmin} \cdot C_{vL}}$$

$$p_5 := p_4 \cdot \left(\frac{V_4}{V_5}\right)^{\kappa_G} = \left(8.956 \cdot 10^{5}\right)\ Pa$$

$$T_5 := \frac{p_5 \cdot V_5}{m_G \cdot R_G} = 1077.222\ K$$

$$S_5 := S_4 = 5.812\ \frac{J}{K}$$

$$Q_{ab} := m_G \cdot C_{vG} \cdot \left(T_5 - T_1\right) = \left(3.139 \cdot 10^{3}\right)\ J$$

$\lambda = 2.1 \qquad p_1 = 2.5\ bar$

Wirkungsgrad: $\eta_{th} := \frac{Q_{zu} - Q_{ab}}{Q_{zu}} = 62.935\%$

effektiver Wirkungsgrad: $\eta_e := \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_{th} = 41.033\%$

Verbrennungstemperatur: $T_4 = 2763.81\ K$

$T_4 \leq 2800\ K$

thermodynamische Leistung: $P_{th} := \left(Q_{zu} - Q_{ab}\right) \cdot \frac{4}{2} \cdot n_P = 355.305\ kW$

mechanische Abtriebsleistung: $P_{ab} := P_{th} \cdot \eta_g \cdot \eta_m = 231.659\ kW$

Das ist die maximale mechanische Abtriebsleistung

Aufgabe c)

$\lambda := 2.1 \qquad p_1 := 1\ bar$

$\eta_e := \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_{th} = 41.2067\% \qquad T_4 = 2744.692\ K$

thermdyn. Wirkungsgrad: $\eta_{th} := \frac{Q_{zu} - Q_{ab}}{Q_{zu}} = 63.20049\%$

	p1			
Lamda	1	2	3	4
Lamda 1	63.316%	61.167%	57.983%	54.838%
Lamda 2	63.207%	63.208	62.11%	60.22%
Lmada 3	63.161%			
Lamda 4	63.136%			

wir können finden, wenn p1 gleich 1 ist, wird die Wirkungsgrad relative größer ist.

und wenn Lamda λ gleich 1 ist, wird die Wirkungsgrad realtive größer ist.

Anforderung: Tempertratur unter 2800K und Wirkungsgrad ober 41%

Probieren:

$\lambda := 2 \qquad p_1 := 1\ bar$

$\eta_e := \eta_g \cdot \eta_m \cdot \eta_{th} = 41.2107\% \qquad T_4 = 2825.064\ K$

thermdyn. Wirkungsgrad: $\eta_{th} := \frac{Q_{zu} - Q_{ab}}{Q_{zu}} = 63.20666\%$

Deswegen ist die höchste Betriebspunkt $\lambda = 2.1$ und $p_1 = 1$.