$\boxed{\text{Ü 67}}$

1. Turbinenluftstrahltriebwerk (TL)

a) Kreisprozeß

Zustand 1, Verdichtereintritt

Da Fluggeschwindigkeit $c_{Flug} = 0$ (Stand), gilt, falls der Einfluß der Gasturbinen-Zuströmgeschwindigkeit unberücksichtigt bleibt, bzw. mit den Totalzustandswerten (Ruhewerte) gerechnet wird:
Zustand 1 entspricht dem Umgebungszustand (Atmosphäre), also

$\underline{p_1} = p_b = \underline{1\ \text{bar}}$ und $\underline{t_1} = t_b = \underline{20\ ^\circ C}$

Zustand 2, Kompressoraustritt, zugleich Brennkammereintritt:

$$p_2 = \pi_K \cdot p_1 = 8{,}4 \cdot 1\ [\text{bar}] = 8{,}4\ \text{bar}$$

$$\Delta T_K = T_2 - T_1 = \eta_{K,s}^{-1} \cdot T_1 \cdot \left[\pi_K^{(\varkappa-1)/\varkappa} - 1\right] \qquad \textbf{(Erg. 13)}$$

$$\Delta T_K = 0{,}88^{-1} \cdot 293 \cdot \left[8{,}4^{(1,4-1)/1,4} - 1\right]\ [K]$$

$$\Delta T_K = 278{,}6\ K \approx 279\ K = T_2 - T_1 \qquad \text{Hieraus}$$

$$\underline{T_2} = T_1 + \Delta T_K = 293 + 279\ [K] = \underline{572\ K}$$

$$w_{t,K,s} = \Delta h_{K,s} = \frac{\varkappa}{\varkappa-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[\pi_K^{(\varkappa-1)/\varkappa} - 1\right]$$

$$\Delta h_{K,s} = \frac{1{,}4}{1{,}4-1} \cdot 287 \cdot 293 \cdot \left[8{,}4^{(1,4-1)/1,4} - 1\right]\ [J/kg]$$

$$\underline{\Delta h_{K,s}} = 246308\ J/kg \approx \underline{246\ kJ/kg}$$

$$w_{t,K} = w_{t,K,s}/\eta_{K,s} = \Delta h_{K,s}/\eta_{K,s}$$

$$\underline{w_{t,K}} = 246/0{,}88\ [kJ/kg] = \underline{279{,}5\ kJ/kg}$$

Zustand 3, Brennkammeraustritt, zugleich Turbineneintritt:

$$p_3 = p_2 - \Delta p_{BK} \qquad \text{mit geschätzt } \Delta p_{BK} = 0{,}04 \cdot p_2$$

$$p_3 = p_2 - 0{,}04 \cdot p_2 = 0{,}96 \cdot p_2 = 0{,}96 \cdot 8{,}4\ [\text{bar}]$$

$$\underline{p_3 = 8{,}06\ \text{bar}}$$

$$\underline{t_3 = 920\ ^\circ C} \longrightarrow T_3 = 1193\ K$$

Wärmezufuhr in Brennkammer gemäß **Erg. 13:**

$$q_{BK} = 996 \cdot (T_3 - T_2) + 0{,}11 \cdot (T_3^2 - T_1^2)\ [J/kg]$$

$$q_{BK} = 996 \cdot (1193 - 572) + 0{,}11 \cdot (1193^2 - 572^2)\ [J/kg]$$

$$\underline{q_{BK}} = 739083\ J/kg \approx \underline{739\ kJ/kg}$$

Zustand 4, Turbinenaustritt, zugleich Schubdüseneintritt:

Bedingung (vergleiche Ü 65) für den Antrieb des Erstkreis-Kompressors $w_{t,T} = w_{t,K}$. Damit

$$w_{t,T,s} = w_{t,T}/\eta_{T,s} = w_{t,K}/\eta_{T,s} = 279{,}5/0{,}9\ [kJ/kg]$$

$$w_{t,T,s} = 310{,}6\ kJ/kg$$

Hiermit folgt aus dem Isentropen-Enthalpiegefälle ($w_{t,T,s} = \Delta h_{T,s}$) und den Stoffwerten des Verbrennungsgases nach Unterabschnitt 11.4.4; $\varkappa = 1{,}37$ sowie $R = 277\ J/(kg \cdot K)$, das Turbinen-Druckverhältnis:

$$\Delta h_{T,s} = \frac{\varkappa}{\varkappa-1} \cdot R \cdot T_3 \cdot \left[1 - (1/\pi_T)^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right] \qquad \text{Hieraus}$$

$$1/\pi_T = \left[1 - \frac{\Delta h_{T,s}}{R \cdot T_3} \cdot \frac{\varkappa-1}{\varkappa}\right]^{\varkappa/(\varkappa-1)}$$

$$1/\pi_T = \left[1 - \frac{310600}{277 \cdot 1193} \cdot \frac{1{,}37-1}{1{,}37}\right]^{1,37/(1,37-1)}$$

$$1/\pi_T = 0{,}338 \longrightarrow \underline{\pi_T = 2{,}96} = p_3/p_4$$

$$\underline{p_4} = p_3/\pi_T = 8{,}06/2{,}96\ [\text{bar}] = \underline{2{,}72\ \text{bar}}$$

$$\Delta T_T = T_3 - T_4 = \eta_{T,s} \cdot T_3 \cdot \left[1 - (1/\pi_T)^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right] \qquad \textbf{(Ab 17.13)}$$

$$\Delta T_T = 0{,}9 \cdot 1193 \cdot \left[1 - 0{,}338^{(1,37-1)/1,37}\right]\ [K]$$

$$\Delta T_T = 272{,}7\ K \approx 273\ K = T_3 - T_4 \qquad \text{Hieraus}$$

$$\underline{T_4} = T_3 - \Delta T_T = 1193 - 277\ K = \underline{920\ K}$$

Zustand 5, Schubdüsenaustritt:

$$p_5 = p_1 = p_b = 1\ \text{bar}$$

$$\pi_{Dü} = p_4/p_1 = 2{,}72/1 = 2{,}72$$

Gemäß **Erg. 13:**

$$\Delta T_{Dü} = T_4 - T_5 = \eta_{Dü,s} \cdot T_4 \cdot \left[1 - (1/\pi_{Dü})^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right]$$

$$\Delta T_{Dü} = 0{,}95 \cdot 920 \cdot \left[1 - (1/2{,}72)^{(1,37-1)/1,37}\right]\ [K]$$

$$\Delta T_{Dü} = 207\ K = T_4 - T_5 \qquad \text{Hieraus}$$

$$\underline{T_5} = T_4 - \Delta T_{Dü} = 920 - 207 = \underline{713\ K}$$

$$\Delta h_{Dü,s} = \frac{\varkappa}{\varkappa-1} \cdot R \cdot T_4 \cdot \left[1 - (1/\pi_{Dü})^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right]$$

$$\Delta h_{Dü,s} = \frac{1{,}37}{1{,}37-1} \cdot 277 \cdot 920 \cdot \left[1 - (1/2{,}72)^{(1,37-1)/1,37}\right]$$

$$\Delta h_{Dü,s} = 223450\ J/kg \approx 223{,}5\ kJ/kg$$

$$\underline{\Delta h_{Dü}} = \eta_{Dü,s} \cdot \Delta h_{Dü,s} = 0{,}95 \cdot 223{,}5 = \underline{212{,}3\ kJ/kg}$$

Aus Energiegleichung bei c_4 vernachlässigt:

$$c_5 \equiv \underline{c_{Dü}} = \sqrt{2 \cdot \Delta h_{Dü}} = \sqrt{2 \cdot 212300}\ \left[\sqrt{J/kg}\right] = \underline{651{,}6\ m/s}$$

b) Luftdurchsatz: Aus Gl. **(11-30)**:

$$\underline{\dot m_{Lu}} = F_{S,St}/c_{Dü} = 45000/651{,}6\ [N/(m/s)] = \underline{69{,}06\ kg/s}$$

c) Brennstoffverbrauch:

$$\dot m_{Br} = \dot Q_{Br}/H_u \qquad \text{mit}$$

$H_u = 4{,}2 \cdot 10^6\ J/kgBr$ (Tab. **11-9**) und geschätzt

$\eta_{BK} = 0{,}97$ (Unterabschnitt 11.4.4) wird

$$\dot Q_{Br} = \frac{\dot Q_{BK}}{\eta_{BK}} = \frac{\dot m_{Lu} \cdot q_{BK}}{\eta_{BK}} = \frac{69{,}06 \cdot 739}{0{,}97}\ [kg/s \cdot kJ/kg]$$

$$\dot Q_{Br} = 52{,}614 \cdot 10^3\ kJ/s = 52{,}6\ MW$$

$\dot{m}_{Br} = (52{,}614 \cdot 10^6)/(42 \cdot 10^6) \quad [(J/s)/(J/kgBr)]$

$\dot{m}_{Br} = 1{,}253$ kg/s

d) Triebwerks-Wirkungsgrad:

$$\eta_{TW} = \frac{P_{Dü}}{P_{Br}} = \frac{\dot{m}_{Lu} \cdot \Delta h_{Dü}}{\dot{Q}_{Br}} = \frac{69{,}06 \cdot 212{,}3}{52600} \quad \left[\frac{(kg/s)\cdot(kJ/kg)}{kW}\right]$$

$\eta_{TW} = 0{,}279 \approx 0{,}28$

e) Theoretischer Schubwirkungsgrad:

Nach Gl. (11-29) mit $c_{Flug} = 620$ km/h $= 172{,}22$ m/s

$$\eta_{S,th} = \frac{2}{1 + c_{Dü}/c_{Flug}} = \frac{2}{1 + 651{,}6/172{,}2} = 0{,}42$$

Fortbewegungs-Wirkungsgrad:

$\eta_{Fort} = \eta_{TW} \cdot \eta_{S,th} = 0{,}28 \cdot 0{,}42 = 0{,}12$

Schub: Nach Gl. (11-29)

$F_S = \dot{m}_{Lu} \cdot (c_{Dü} - c_{Flug})$

$F_S = 62{,}06 \cdot (651{,}6 - 172{,}1) \quad [(kg/s)\cdot(m/s)] = 29751{,}6$ N

$F_S \approx 29{,}7$ kN

2. Zweikreisluftstrahltriebwert (ZTL)

Der Bläserkreis - kurz Kreis II - ist kürzer und zum Berechnen von Kreis I, dem Antriebsprozeß, notwendig. Daher wird Kreis II zuerst berechnet.

Zustand 1_{II}, Bläsereintritt: Wie TL

$p_{1,II} = p_1 = 1$ bar und $t_{1,II} = t_1 = 20$ °C

Zustand 2_{II}, Bläseraustritt, zugleich Bläser-Schubdüsen-Eintritt (Index BL...Bläser).

$p_{2,II} = \pi_{BL} \cdot p_{1,II} = 1{,}56 \cdot 1$ [bar] $= 1{,}56$ bar

Gemäß mit $\eta_{BL,s} = \eta_{K,s} = 0{,}88$

$\Delta T_{BL} = T_{2,II} - T_{1,II} = \eta_{BL,s}^{-1} \cdot T_{1,II} \left[\pi_{BL}^{(\varkappa-1)/\varkappa} - 1\right]$

$\Delta T_{BL} = 0{,}88^{-1} \cdot 293 \cdot \left[1{,}56^{(1{,}4-1)/1{,}4} - 1\right]$ [K]

$\Delta T_{BL} = 45{,}1 \approx 45$ K $= T_{2,II} - T_{1,II}$ Hieraus

$T_{2,II} = T_{1,II} + \Delta T_{BL} = 293 + 45$ [K] $= 338$ K

$\Delta h_{BL,s} = \frac{\varkappa}{\varkappa-1} \cdot R \cdot T_{1,II} \cdot \left[\pi_{BL}^{(\varkappa-1)/\varkappa} - 1\right]$

$\Delta h_{BL,s} = \frac{1{,}4}{1{,}4-1} \cdot 287 \cdot 293 \cdot \left[1{,}56^{(1{,}4-1)/1{,}4} - 1\right]$ [J/kg]

$\Delta h_{BL,s} = 39873{,}5$ J/kg ≈ 40 kJ/kg

$w_{t,BL} = w_{t,s}/\eta_{BL,s} = \Delta h_{BL,s}/\eta_{BL,s}$

$w_{t,BL} = 40/0{,}88$ [kJ/kg] $= 45{,}5$ kJ/kg

Zustand 3_{II}, Bläserschubdüsen-Austritt:

$p_{3,II} = p_b = 1$ bar

Gemäß mit $\eta_{Dü,II,s} = \eta_{Dü,I,s} = 0{,}95$

$\Delta T_{Dü,II} = T_{2,II} - T_{3,II} = \eta_{Dü,II,s} \cdot T_{2,II} \cdot \left[1 - (1/\pi_{BL})^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}\right]$

$\Delta T_{Dü,II} = 0{,}95 \cdot 338 \cdot \left[1 - (1/1{,}56)^{(1{,}4-1)/1{,}4}\right]$ [K]

$\Delta T_{Dü,II} = 38{,}3 \approx 38$ K $= T_{2,II} - T_{3,II}$ Hieraus

$T_{3,II} = T_{2,II} - \Delta T_{Dü,II} = 338 - 38 = 300$ K

$\pi_{Dü,II} = p_{2,II}/p_{3,II} = 1{,}56/1 = 1{,}56$ Dazu

$\Delta h_{Dü,II,s} = \frac{\varkappa}{\varkappa-1} \cdot R \cdot T_{2,II} \cdot \left[1 - (1/\pi_{Dü,II})^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right]$

$\Delta h_{Dü,II,s} = \frac{1{,}4}{1{,}4-1} \cdot 287 \cdot 338 \cdot \left[1 - (1/1{,}56)^{(1{,}4-1)/1{,}4}\right] \left[\frac{J}{kg}\right]$

$\Delta h_{Dü,II,s} = 40509$ J/kg $\approx 40{,}5$ kJ/kg

Unterschied gegenüber $\Delta h_{BL,s}$ bedingt durch Reibungswärme.

$\Delta h_{Dü,II} = \eta_{Dü,II,s} \cdot \Delta h_{Dü,II,s} = 0{,}95 \cdot 40{,}5 = 38{,}5$ kJ/kg

Düsenaustrittsgeschwindigkeit aus Energiegleichung bei Vernachlässigen der Zuström-, d.h. Bläserabströmgeschwindigkeit.

$c_{Dü,II} = \sqrt{2 \cdot \Delta h_{Dü,II}} = \sqrt{2 \cdot 38500} \quad \left[\sqrt{m^2/s^2}\right] = 277{,}5$ m/s

Kreis I: Arbeitsprozeß

Zustand 1_I, Verdichtereintritt: Wie Bläser (Kreis II)

$p_{1,I} = p_{1,II} = 1$ bar und $t_{1,I} = t_{1,II} = 20$ °C

Zustand 2_I, Kompressoraustritt. Wie TL:

$\pi_{K,I} = 8{,}4$; $p_{2,I} = 8{,}4$ bat ; $T_{2,I} = 572$ K

$\Delta h_{K,I,s} = 246$ kJ/kg ; $w_{t,K,I} = 279{,}5$ kJ/kg

Zustand 3_I, Brennkammeraustritt, zugleich Turbineneintritt. Wie TL:

$p_{3,I} = 8{,}06$ bar , $T_{3,I} = 1193$ K ; $q_{BK} = 739$ kJ/kg

Zustand 4_I, Turbinenaustritt, zugleich Schubdüseneintritt.

Leistungsgleichgewicht: $P_T = P_K$ mit

$P_T = P_{T,I}$ und $P_K = P_{K,I} + P_{K,II}$ Ausgewertet:

$w_{t,T} \cdot \dot{m}_{Lu,I} = w_{t,K,I} \cdot \dot{m}_{Lu,I} + w_{t,K,II} \cdot \dot{m}_{Lu,II}$

Ansatz durch $\dot{m}_{Lu,I}$ dividiert und $\dot{m}_{Lu,II}/\dot{m}_{Lu,I} = \delta$ gesetzt, ergibt:

$w_{t,T} = w_{t,K,I} + \delta \cdot w_{t,K,II}$ mit $w_{t,K,II} \equiv w_{t,BL}$

$w_{t,T} = 279{,}5 + 3{,}5 \cdot 45{,}5$ [kJ/kg] $= 438{,}75$ kJ/kg

$\Delta h_{T,s} \equiv w_{t,T,s} = w_{t,T}/\eta_{T,s} = 438{,}75/0{,}9 = 487{,}5$ kJ/kg

Hierzu aus Isentropen-Energiegefälle-Beziehung mit den Rauchgas-Stoffwerten:

$\Delta h_{T,s} = \frac{\varkappa}{\varkappa-1} \cdot R \cdot T_{3,I} \cdot \left[1 - (1/\pi_T)^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right]$ Umgestellt:

$$1/\pi_T = \left[1 - \frac{\Delta h_{T,s}}{R \cdot T_{3,I}} \cdot \frac{\varkappa-1}{\varkappa}\right]^{\varkappa/(\varkappa-1)}$$

$$1/\pi_T = \left[1 - \frac{487500}{277 \cdot 1193} \cdot \frac{1{,}37-1}{1{,}37}\right]^{1{,}37/(1{,}37-1)}$$

$1/\pi_T = 0{,}1533 \longrightarrow \pi_T = 6{,}56$ Hiermit

$p_{4,I} = p_3/\pi_T = 8{,}06/6{,}56$ [bar] $= 1{,}23$ bar

Gemäß Erg. 13:

$\Delta T_{T,I} = T_{3,I} - T_{4,I} = \eta_{T,s} \cdot T_{3,I} \cdot \left[1 - (1/\pi_T)^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right]$

$\Delta T_{T,I} = 0{,}9 \cdot 1193 \cdot \left[1 - (1/6{,}56)^{(1{,}37-1)/1{,}37}\right]$ [K]

$\Delta T_{T,I} = 427{,}7\ \mathrm{K} \approx 428\ \mathrm{K} = T_{3,I} - T_{4,I}$ Hieraus

$\underline{T_{4,I}} = T_{3,I} - \Delta T_{T,I} = 1193 - 428$ [K] $= \underline{765\ \mathrm{K}}$

Zustand 5_I, Schubdüsenaustritt:

$p_{5,I} = p_{3,II} = p_1 = p_b = 1$ bar

$\pi_{Dü,I} = p_{4,I}/p_{5,I} = 1{,}23/1 = 1{,}23$ Oder

$\pi_{Dü,I,th} = \pi_K/\pi_T = 8{,}4/6{,}56 = 1{,}28$

$\pi_{Dü,I,th}$ berücksichtigt den Druckverlust (4 %) in der Brennkammer nicht, weshalb

$\underline{\pi_{Dü,I}} = 0{,}96 \cdot \pi_{Dü,I,th} = 0{,}96 \cdot 1{,}28 = \underline{1{,}23}$

$\Delta h_{Dü,I,s} = \frac{\varkappa}{\varkappa-1} \cdot R \cdot T_{4,I} \cdot \left[1 - (1/\pi_{Dü,I})^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right]$

$\Delta h_{Dü,I,s} = \frac{1{,}37}{1{,}37-1} \cdot 277 \cdot 765 \cdot \left[1 - (1/1{,}23)^{(1{,}37-1)/1{,}37}\right]$

$\Delta h_{Dü,I,s} = 42664\ \mathrm{J/kg} \approx 42{,}7\ \mathrm{kJ/kg}$

$\Delta h_{Dü,I} = \eta_{Dü,I,s} \cdot \Delta h_{Dü,I,s} = 0{,}95 \cdot 42{,}7 = 40{,}5\ \mathrm{kJ/kg}$

Wieder aus Energiegleichung

$\underline{c_{Dü,I}} = \sqrt{2 \cdot \Delta h_{Dü,I}} = \sqrt{2 \cdot 40500}$ $\left[\sqrt{\mathrm{m^2/s^2}}\right]$ $= \underline{284{,}6\ \mathrm{m/s}}$

Gemäß Ab. 17.13

$\Delta T_{Dü,I} = \eta_{Dü,I,s} \cdot T_{4,I} \cdot \left[1 - (1/\pi_{Dü,I})^{(\varkappa-1)/\varkappa}\right]$

$\Delta T_{Dü,I} = 0{,}95 \cdot 765 \cdot \left[1 - (1/1{,}23)^{(1{,}37-1)/1{,}37}\right]$ [K]

$\Delta T_{Dü,I} = 39{,}5\ \mathrm{K} = T_{4,I} - T_{5,I}$ Hieraus

$\underline{T_{5,I}} = T_{4,I} - \Delta T_{Dü,I} = 765 - 39{,}5 = \underline{725{,}5\ \mathrm{K}}$

b) Luftdurchsatz: Gemäß Gl (11-29):

$F_{S,St} = \dot{m}_{Lu,I} \cdot c_{Dü,I} + \dot{m}_{Lu,II} \cdot c_{Dü,II}$

Mit $\delta = \dot{m}_{Lu,II}/\dot{m}_{Lu,I} = 3{,}5$

$F_{S,St} = \dot{m}_{Lu,I}\ (c_{Dü,I} + \delta \cdot c_{Dü,II})$ Hieraus

$\dot{m}_{Lu,I} = \frac{F_{S,St}}{c_{Dü,I} + \delta \cdot c_{Dü,II}} = \frac{45000}{284{,}6 + 3{,}5 \cdot 277{,}5}$ $\left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m/s}}\right]$

$\underline{\dot{m}_{Lu,I} = 35{,}83\ \mathrm{kg/s}}$

$\underline{\dot{m}_{Lu,II}} = \delta \cdot \dot{m}_{Lu,I} = 3{,}5 \cdot 35{,}83 = \underline{125{,}4\ \mathrm{kg/s}}$

c) Kraftstoffverbrauch

$\dot{m}_{Br} = \dot{Q}_{Br}/H_u$ Mit

$\dot{Q}_{Br} = \frac{\dot{Q}_{BK}}{\eta_{BK}} = \frac{\dot{m}_{Lu,I} \cdot q_{BK}}{\eta_{BK}} = \frac{35{,}83 \cdot 739}{0{,}97}$ $\left[\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{s}} \cdot \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{kg}}\right]$

$\dot{Q}_{Br} = 27297\ \mathrm{kJ/s} \approx 27{,}3\ \mathrm{MW}$ Damit

$\underline{\dot{m}_{Br}} = 27{,}3/4{,}2$ [MW/(MWs/kgBr)] $= \underline{0{,}65\ \mathrm{kg/s}}$

Sind etwa 50 % des Verbrauchs von TL (bei gleichem Standschub).

d) Triebwerks-Wirkungsgrad

$\eta_{TW} = P_{Dü}/P_{Br}$ Mit

$P_{Dü} = \dot{m}_{Lu,I} \cdot \Delta h_{Dü,I} + \dot{m}_{Lu,II} \cdot \Delta h_{Dü,II}$

$= \dot{m}_{Lu,I} \cdot (\Delta h_{Dü,I} + \delta \cdot \Delta h_{Dü,II})$

$= 35{,}83 \cdot (40{,}5 + 3{,}5 \cdot 38{,}5)$ [kg/s·kJ/kg]

$= 6279\ \mathrm{kJ/s} \approx 6{,}3\ \mathrm{MW}$

$P_{Br} = \dot{Q}_{Br} = 27{,}3\ \mathrm{MW}$

$\underline{\eta_{TW}} = 6{,}3/27{,}3 = \underline{0{,}23}$

Trotz halbem Kraftstoffverbrauch ist im Stand der Wirkungsgrad des ZTL geringer als der vom TL.

e) Theoretischer Schubwirkungsgrad:

Nach Gl. (11-31) mit $c_{Dü,I} \approx c_{Dü,II} \approx 280\ \mathrm{m/s} = c_{Dü}$

$\underline{\eta_{S,th}} = \frac{2}{1 + c_{Dü}/c_{Flug}} = \frac{2}{1 + 280/172} = \underline{0{,}76}$

Fortbewegungs-Wirkungsgrad:

$\underline{\eta_{Fort}} = \eta_{TW} \cdot \eta_{S,th} = 0{,}23 \cdot 0{,}76 = \underline{0{,}17}$

Wert um etwa 50 % höher als vom TL. Damit bestätigt sich, daß ZTL bei niedrigeren Fluggeschwindigkeiten wirtschaftlicher als TL sind.

Schub, nach Gl. (11-29):

$F_S = \dot{m}_{Lu,I} \cdot (c_{Dü,I} - c_{Flug}) + \dot{m}_{Lu,II} \cdot (c_{Dü,II} - c_{Flug})$

$F_S = (\dot{m}_{Lu,I} + \dot{m}_{Lu,II}) \cdot (c_{Dü} - c_{Flug})$

$F_S = \dot{m}_{Lu,I} \cdot (1 + \delta) \cdot (c_{Dü} + c_{Flug})$

$F_S = 35{,}83 \cdot (1 + 3{,}5) \cdot (280 - 172{,}2)$ [kg/s·m/s]

$\underline{F_S} = 17381\ \mathrm{N} \approx \underline{17{,}4\ \mathrm{kN}}$