AKADEMIE DER PÄDAGOGISCHEN WISSENSCHAFTEN DER DDR
Institut für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht
Forschungsgruppe Physik/Astronomie

P h y s i k , Klasse 11

E r g ä n z u n g e n für Spezialschulen mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Richtung

L ö s u n g s h e f t

Herausgeber: Dr. Christian Hache

(Als Manuskript gedruckt)
- 1988 -

Inhaltsverzeichnis

4.2. Elektromagnetische Schwingungen und Wellen

4.2.1. Für die Reihenschaltung Kondensator - Lampe (ohmscher Widerstand) gelten:

$U_g^2 = U_R^2 + U_c^2$, $Z^2 = R^2 + X_c^2$, $X_c = 1/(\omega \cdot C)$,

$R = U_R/I$ und $Z = U_g/I$. Daraus gewinnt man:

$$C = \frac{I}{2 \cdot f \cdot \sqrt{U_g^2 - U_R^2}} \quad \text{und } \underline{\underline{C = 1{,}45\ \mu F}} \ .$$

4.2.2. a) Aus $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$, $X_L^2 = Z^2 - R^2$,

$R = U_1/I_1 = 12\ \Omega$, $Z = U_2/I_2 = \underline{\underline{42\ \Omega}}$ gewinnt man:

$L = \sqrt{Z^2 - R^2}\ /(2\pi \cdot f)$, $\underline{\underline{L = 128\ \text{mH}}}$

$\varphi = \arctan (X_L/R) = \underline{\underline{74^\circ}}$ $\underline{73{,}4^\circ}$

b) $P_s = U \cdot I = \underline{\underline{0{,}945\ V \cdot A}}$, $P_W = P_s \cdot \cos\varphi = 0{,}26$ W.

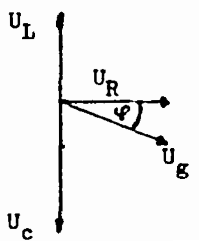
$P_B = P_s \cdot \sin\varphi = \underline{\underline{0{,}91\ W}}$

4.2.3. a) Für die Stromstärke gilt $I = U/\sqrt{R^2 + (X_L - X_c)^2}$

$\underline{\underline{I = 38\ \text{mA}}}$

$U_R = I \cdot R = \underline{\underline{7{,}6\ V}}$, $U_L = I \cdot X_L = \underline{\underline{3{,}6\ V}}$,

$U_c = I \cdot X_c = \underline{\underline{10\ V}}$

b) 

c) $\varphi = \arctan\ (X_L - X_c)/R$

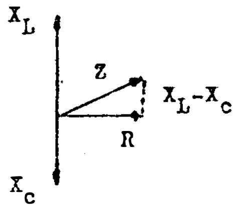
$= \underline{\underline{40\ ^{\circ}}}$

U_R und I eilen gegenüber U_g um 40° voraus, U_L um 130°. U_g eilt gegenüber U_c um 50° voraus.

4.2.4. a) Aus $\varphi = \arctan\ (X_L - X_c)/R\ = \pi/4$ und $\tan(\pi/4) = 1$ folgt:

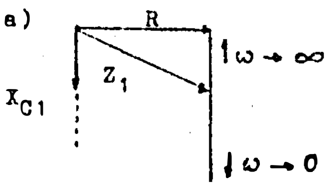
$C = 1\ /\ [(X_L - R) \cdot 2\pi \cdot f]$

$\underline{\underline{C = 100\ \mu F}}$



b) $\varphi(10\ \text{Hz}) = -84{,}3^{\circ}$, $\varphi(1\ \text{kHz}) = 89{,}9^{\circ}$.

4.2.5. a)



b) Lösungsansatz ähnlich 4.2.4.

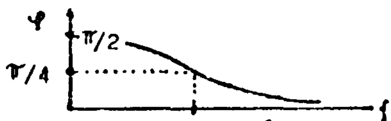
$X_c = R$

$f = 1/(2\pi \cdot R \cdot C)$

$= \underline{\underline{7{,}8\ \text{Hz}}}$

4.2.6. Wegen $\omega_g = 1/(R \cdot C)$ und $g(\omega) = 1/\sqrt{\omega^2 \cdot R^2 \cdot C^2 + 1}$ stimmen die Grafen der drei Tiefpässe vollständig überein. ($\omega_g = 1000/s$)

4.2.7.



$f_g = \underline{\underline{796\ \text{Hz}}}$

$\varphi = \arccos \dfrac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$

4.2.8. Bandpaßverhalten, bei $f_g = 159$ Hz bzw. $\omega_g = 1000/s$ ist U_2/U_1 maximal und gleich 1/3.

4.2.9. a) $Z = \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L - 1/\omega \cdot C)^2}$, $I = \frac{U_o}{Z + R_i}$

bei $f = 1/(2\pi\sqrt{L \cdot C}) = 252$ Hz hat Z das Minimum R und I das Maximum $I_m = U_o/(R + R_i) = 0{,}5$ A

b) $U_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} \cdot I_m = \underline{\underline{79{,}2\ V}}$

$U_C = X_C \cdot I_o = \underline{\underline{79{,}1\ V}}$

5. Optik

5.1. Wellenoptik

5.1.1. (Skizze wie 5.1.2.) $\alpha + \beta = 60^\circ$

$$n = \frac{\sin(60^\circ - \beta)}{\sin\beta} = \frac{\sin 60^\circ \cdot \cos\beta - \cos 60^\circ \cdot \sin\beta}{\sin\beta}$$

$$n = \frac{\sin 60^\circ}{\tan\beta} - \cos 60^\circ$$

$$\tan\beta = \frac{\sin 60^\circ}{n + \cos 60^\circ} \qquad \underline{\underline{\beta = 25^\circ}}$$

5.1.2. $\alpha = \alpha'$, $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$, $\alpha + \beta = 90^\circ$

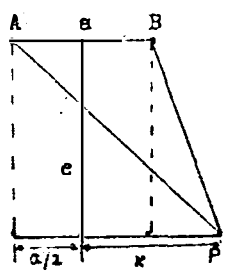
$$\frac{\sin\alpha}{\sin(90^\circ - \alpha)} = n = \tan\alpha$$

$$\alpha = \text{arc}\tan n = \underline{\underline{53{,}1^\circ}}$$

5.1.3. $\frac{\lambda_1}{a} = \frac{s_1}{e} \qquad \frac{3 \cdot \lambda_2}{a} = \frac{s_2}{e}$

$$\lambda_2 = \frac{s_2 \cdot \lambda_1}{3 \cdot s_1} = \underline{\underline{606\ \text{nm}}}$$

5.1.4.



$$\Delta s = \overline{PA} - \overline{PB}$$

$$\overline{PA}^2 = e^2 + (x + \tfrac{a}{2})^2$$

$$\overline{PB}^2 = e^2 + (x - \tfrac{a}{2})^2$$

$$\overline{PA}^2 - \overline{PB}^2 = (\overline{PA} - \overline{PB}) \cdot (\overline{PA} + \overline{PB})$$

$$\overline{PA} + \overline{PB} \approx 2e$$

geometrischer Gangunterschied: $\underline{\underline{\Delta s = \frac{a \cdot x}{e}}}$

In Luft $\Delta_0 = \Delta s = 3{,}0\ \mu m$,

in Wasser $\Delta_0 = n \cdot \Delta s = 3{,}9\ \mu m$

Wegen $s_k = \frac{k \cdot \lambda \cdot e}{a}$ gilt in Luft $s_2 - s_1 = \frac{\lambda \cdot e}{a} = 60$ mm

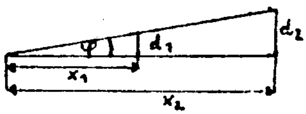
und in Wasser $s_2 - s_1 = \frac{\lambda \cdot e}{n \cdot a} = 46$ mm. Der Abstand wird geringer.

5.1.5. a) $\alpha = 0^\circ$ $\quad \underline{\underline{d_V = 122\ nm}}$ $\quad \underline{\underline{d_A = 244\ nm}}$

b) $\alpha = 30^\circ$ $\quad \underline{\underline{d_V = 129\ nm}}$ $\quad \underline{\underline{d_A = 257\ nm}}$

In beiden Fällen auch für $d_A \longrightarrow 0$.

5.1.6.



$k = 0 \qquad d_1 = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$

$k = 1 \qquad d_2 = \frac{3 \cdot \lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$

$\tan\varphi = \frac{d_1}{x_1} = \frac{d_2}{x_2} \qquad x_2 - x_1 = \frac{d_2 - d_1}{\tan\varphi}$

$$x_2 - x_1 = \frac{\lambda}{2 \cdot \tan\varphi \cdot \sqrt{n^2 - \sin^2\alpha}}$$

$\underline{\underline{x_2 - x_1 = 13\ \mu m}}$

5.1.7. Beim vierten dunklen Ring ist $k = 3$

$\lambda = \frac{r_n^2}{k \cdot R} \qquad \underline{\underline{\lambda = 785\ nm}}$

5.1.8. $r_1^2 = \frac{3 \cdot \lambda \cdot R}{2n} \qquad (k = 1)$

In Luft: $\underline{\underline{d = 5{,}18\ mm}}$

In Wasser: $\underline{\underline{d = 4{,}49\ mm}}$

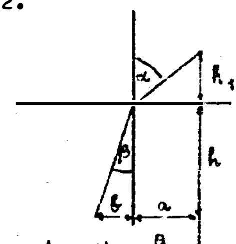
5.1.9. $\arctan \frac{n_{Gl}}{n_W} = 48{,}37^\circ$ $\arctan \frac{n_D}{n_{Gl}} = 58{,}18^\circ$

5.1.10. $n = 1{,}36$ Ethanol

5.2. <u>Strahlenoptik</u>

5.2.1. Vgl. z. B. Stroppe, Physik. VEB Fachbuchverlag Leipzig, S. 345.

5.2.2.



geg.: $h_1 = 50$ cm ges.: s

$h = 2$ m

$\alpha = 30^\circ$

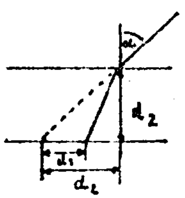
$n = 1{,}3$

$\tan\alpha = \frac{a}{h_1}$ $\tan\beta = \frac{b}{h}$ $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$

$s = a + b = h_1 \cdot \tan\alpha + h \cdot \tan\beta$

$s = 1{,}12$ m

5.2.3.



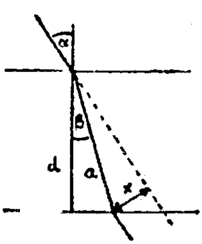
$\alpha = 45^\circ$ $n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$

$d_1 = 2{,}1$ cm

$d_2 = 4{,}5$ cm $\tan\beta = \frac{d_2 - d_1}{d_2}$

$n = 1{,}5$

5.2.4.



$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ $\cos\beta = \frac{d}{a}$

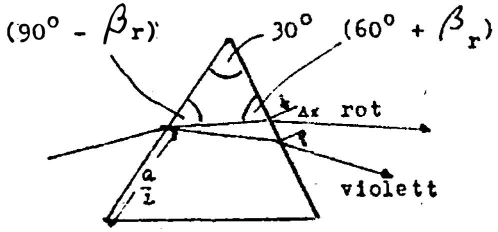
$\sin(\alpha - \beta) = \frac{x}{a}$

$x = \frac{d}{\cos\beta} \cdot \sin(\alpha - \beta)$

$x = 3{,}07$ mm

5.2.5. $\delta = 19{,}43^\circ$

5.2.6. $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$; $\frac{2\cdot\sin(60^\circ - \beta_r)}{a} = \frac{\sin(90^\circ - \beta_r)}{x_r}$



$$\Delta x = \frac{a}{2}\cdot\left|\frac{\sin(90^\circ - \beta_r)}{\sin(60^\circ + \beta_r)} - \frac{\sin(90^\circ - \beta_v)}{\sin(60^\circ + \beta_v)}\right|$$

$\Delta x = 0{,}1$ mm

5.2.7. $D = \frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$

D ≈ 6,9 Dioptrien

5.2.8. $\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e}{f_1\cdot f_2}$, $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$, und $y/y' = s/s'$

Daraus ergibt sich die allgemeine Lösung:

$$e = f_1 \cdot f_2 \cdot \left[\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{1}{s}\cdot\left(1 + \frac{y}{y'}\right)\right]$$

$e = 87$ mm

5.2.9. Bildgröße 36 mm = 3,6 cm

$\frac{y_1}{y_1'} = \frac{s_1}{s_1'}$; $\frac{y_1}{y_2'} = \frac{s_2}{s_1' + 2\text{m}}$, $\frac{1}{f} = \frac{1}{s_1} + \frac{1}{s_1'}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s_2} + \frac{1}{s_1' + 2\text{m}}$ $\qquad \frac{y_1}{y_1'} = \frac{3{,}6}{80}$ $\qquad \frac{y_1}{y_2'} = \frac{3{,}6}{200}$

$f = 6{,}0$ cm $\qquad s_1' = 1{,}4$ m $\qquad s_2' = 3{,}4$ m

5.2.10. $\frac{1}{F_1} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e_1}{f_1 \cdot f_2}$ $\qquad$ $\frac{1}{F_2} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{e_2}{f_1 \cdot f_2}$

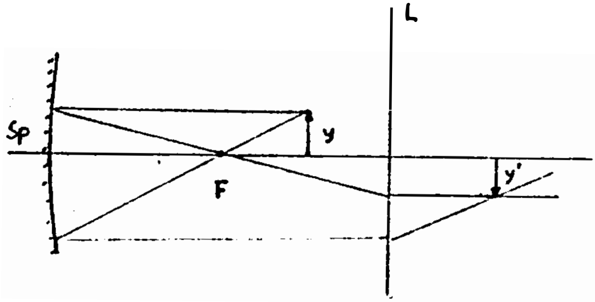
$\underline{\underline{f_1 = 10 \text{ cm}}}$ $\qquad$ $\underline{\underline{f_2 = 8 \text{ cm}}}$

5.2.11. $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s + a}$ $\qquad$ $a = 20 \text{ cm}$

$s^2 + (a - 2f) \cdot s - f \cdot a = 0$

$\underline{\underline{s_1 = 14{,}1 \text{ cm}}}$ $\qquad$ $\underline{\underline{s_1' = 34{,}1 \text{ cm}}}$

5.2.12.



Das reelle Bild entsteht innerhalb der einfachen Brennweite vor der Linse.

6. Thermodynamik

6.1. Zustandsgleichung des idealen Gases

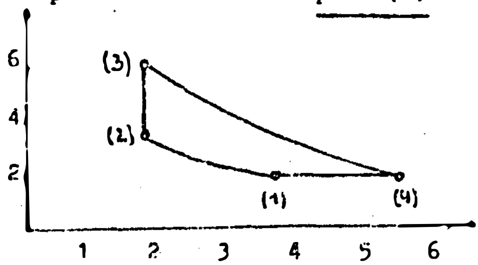
6.1.1. T = konst. , $p \cdot V = 3$ MJ

V/m^3	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0
p/MPa	1,5	0,75	0,50	0,38	0,30	0,25

6.1.2. a)

Zustand	p in kPa	V in dm^3	T in K
1	196	3,6	298
2	392	1,8	298
3	602	1,8	458
4	196	5,5	458

b) p in 10^5 Pa   p = f(V)   (Skizze)



c) isobare Zustandsänderung

6.1.3. $T_e = \dfrac{T_a \cdot p_e}{p_a} = \underline{\underline{625\ K}}$

6.1.4. Beide Größen werden vervierfacht:

Aus $p = \dfrac{m \cdot \overline{v^2}}{3 \cdot V}$ folgt $p \sim \overline{v^2}$ und

aus $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3 \cdot R \cdot T}$ folgt $T \sim \overline{v^2}$

6.1.5. Mit E_{th} = const. und $N_2 = 2\,N_1$ folgt $\overline{v_1^2} : \overline{v_2^2} = 2 : 1.$

Mit V = const. und $\overline{v_1^2} = 2\overline{v_2^2}$ folgt $\underline{\underline{p_1 : p_2 = 1 : 1.}}$

Aus $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ folgt mit p = const., V = const.

und $m_2 = 2\,m_1$ $\quad \underline{\underline{T_1 : T_2 = 2 : 1.}}$

6.1.6. $\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\dfrac{3 \cdot p}{\varrho}} = \underline{\underline{1{,}4\ \text{km/s}}}$ $\qquad E_{th} = \frac{1}{2}\,m \cdot \overline{v^2} = \underline{\underline{2{,}16\ \text{MJ}}}$

6.1.7. $R_{He} = 2077$ J/kg · K , $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$

$\underline{\underline{m = 71\ \text{kg},}}$ V = const. also p/T = const.

$\underline{\underline{T_e = 141\ \text{K}}}$

6.1.8. $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ $\qquad \underline{\underline{m = 35{,}7\ \text{kg}}}$

6.1.9. Aus $p_o \cdot V = m \cdot R \cdot T_o$ und $\varrho_o = \frac{m}{V}$ folgt

$$R = \frac{p_o}{\varrho_o \cdot T_o} = \underline{\underline{608\ \text{Nm/kg} \cdot \text{K}}}$$

6.1.10. Aus $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ mit $R_N = 297$ J/kg · K

$\underline{\underline{T = 280\ \text{K}}}$

6.1.11. Wie 6.1.10., $\underline{\underline{m = 1{,}13\ \text{kg}}}$

6.1.12. a) Aus $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ mit $R_{H_2} = 4124$ J/kg · K

$\underline{\underline{p = 1{,}5\ \text{MPa}}}$

b) p = const. $\underline{\underline{V_e = 6{,}1\ \text{m}^3}}$, $\underline{\underline{T_e = 369\ \text{K}}}$

6.1.13. Aus $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ und $\varrho = m/V$ mit $p = const.$

$$\varrho_e = \varrho_a \cdot T_a/T_e = \underline{\underline{3,47\ kg/m^3}}$$

6.1.14. $k = m \cdot R/N$, $N = \underline{\underline{3 \cdot 10^{23}}}$ Moleküle

6.1.15. Aus $k = m \cdot R/N$ und $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ folgt

$$N = \frac{p \cdot V}{T \cdot k} = \underline{\underline{3,2 \cdot 10^{11}}}$$

6.1.16. Aus $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$ und $p \cdot V = \frac{2}{3} N \cdot \bar{E}_k$

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{3 \cdot R \cdot T} = \underline{\underline{5 \cdot 10^5 m/s}}$$

6.1.17. $\varrho = 3 \cdot p / \overline{v^2} = \frac{3 \cdot p \cdot m}{2 \cdot E_{th}} = \underline{\underline{0,74\ kg/m^3}}$

6.2. Erster Hauptsatz

6.2.1. $c \cdot m_1 (\vartheta_1 - \vartheta_m) = (c \cdot m_2 + K)(\vartheta_m - \vartheta_2)$

$$m_1 = (m_2 + K/c) \frac{\vartheta_m - \vartheta_2}{\vartheta_1 - \vartheta_m}$$

$$\underline{\underline{m_1 = 14\ kg}}$$

6.2.2. $\vartheta_m = \frac{c_S \cdot m_S \cdot \vartheta_S + c_Ö \cdot m_Ö \cdot \vartheta_Ö}{c_S \cdot m_S + c_Ö \cdot m_Ö} = \underline{\underline{44\ ^oC}}$

6.2.3. Wegen $m_H \gg m_{St}$ ist $m_H + m_{St} \approx m_H$ und die geschwindigkeit Hammer - Nagel nach unelastischem Stoß v_H .

$$(1/2) \cdot N \cdot m_H \cdot v_H^2 /2 = c_{St} \cdot m_{St} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = N \cdot m_H \cdot v^2 / (4 \cdot c_{St} \cdot m_{St})$$

$$\underline{\underline{\Delta T = 12\ K}}$$

6.2.4. $T_1 = T_a \cdot (V_a / V_1)^{\varkappa - 1} = \underline{\underline{673\ K}}$

$p_1 = p_a (V_a / V_1)^{\varkappa} = \underline{\underline{1{,}8\ MPa}}$

Es strömen $\underline{\underline{0{,}35\ l}}$ Luft aus, 50 cm^3 verbleiben.

Das Endvolumen bei 100 °C ist $\underline{\underline{64\ cm^3}}$.

6.2.5. $T_2 = T_1 \cdot (V_1/V_2)^{\varkappa - 1}$

$T_2 = 804\ K$

$W_m = m \cdot R \cdot (T_2 - T_1)/(\varkappa - 1)$ und $m \cdot R = \frac{p_1 \cdot V_1}{T_1}$

$$W_m = \frac{p_1 \cdot V_1 (T_2 - T_1)}{T_1 \cdot (\varkappa - 1)} \qquad (V_1 = 286\ cm^3)$$

$$\underline{\underline{W_m = 92\ J}}$$

6.2.6. $\eta = P \cdot t/(H \cdot m)$ $\qquad m = \varrho \cdot V$

$$\underline{\underline{\eta = 23\ \%}}$$

6.2.7. $\eta = 1 - T_2/T_1$

$$\underline{\underline{\eta = 27\ \%}}$$

6.2.8. $\varepsilon = -Q_1/W_{el}$ und $\varepsilon = T_1/(T_1 - T_2)$, $\underline{\underline{Q = 5{,}43\ kWh}}$

6.4. Thermodynamisches Verhalten der Stoffe

6.4.1. Aus $W_{el} = J^2 \cdot R \cdot t, \quad Q = c \cdot m \cdot \Delta T,$

$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T, \; R = \rho_{el} \cdot l / A$ und

$m = \rho_m \cdot A \cdot l$ folgt:

$$\Delta l = \frac{\alpha \cdot I^2 \cdot R^2 \cdot t}{c \cdot \rho_m \cdot \rho_{el} \cdot l}$$

$\underline{\underline{\Delta l = 0{,}45 \text{ mm}}}$, ohne Berücksichtigung der Temperaturabhängigkeit des Widerstandes

6.4.2. $\Delta V' = V_{20} \cdot \Delta T \cdot (\gamma_w - \gamma_G)$ mit $\gamma_G \approx 3 \cdot \alpha_G$

$\underline{\underline{\Delta V' = 0{,}17 \text{ cm}^3}}$

6.4.3. c) $c_w \cdot m_w \cdot \Delta T_w = c_E \cdot m_E \cdot \Delta T_E + \frac{1}{2} m_E \cdot q_S$

$$m_w = \frac{c_E \cdot m_E \cdot \Delta T_E + m_E \cdot q_S/2}{c_w \cdot \Delta T_w}$$

$\underline{\underline{m_w \approx 1{,}12 \text{ kg}}}$

6.4.4. $R_{wg} = \Delta T_g / \phi \quad , \quad R_{wg} = R_{w1} + R_{w2} + R_{w3}$

$R_{w1} = R_{w3} = \frac{1}{\alpha \cdot A} \quad , \quad R_{w2} = \frac{1}{\lambda \cdot A}$

$R_{wg} = \frac{1}{A} \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right)$

Heizleistung $P = \phi = \Delta T_g \cdot A / \left(\frac{1}{\lambda} + \frac{2}{\alpha} \right)$

$\underline{\underline{P = 60 \text{ kW}}}$