

# **Formelsammlung**

**für das  
Profil bildende Leistungskursfach**

## **Ingenieurwissenschaften Fachbereich Technik**

im Bildungsgang D 15a des Beruflichen Gymnasiums

<b>Winkelfunktionen</b>	
$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}}$ $\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}}$ $\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}}$	Winkel $[\alpha] = ^\circ$ Sinus $[\sin]$ Cosinus $[\cos]$ Tangens $[\tan]$
<b>Gewichtskraft</b>	
$F_G = m \cdot g$	Gewichtskraft $[F_G] = \text{N}$ Masse $[m] = \text{kg}$ Erdbeschleunigung $[g] = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
<b>Drehmoment</b>	
$M = F \cdot l$	Drehmoment, Moment $[M] = \text{Nm}$ Kraft $[F] = \text{N}$ Hebellänge $[l] = \text{m}$
<b>Geschwindigkeit</b>	
Geradlinige Bewegung $v = \frac{s}{t}$ Kreisförmige Bewegung $v = \pi \cdot d \cdot n$	Weg $[s] = \text{m}$ Zeit $[t] = \text{s}$ Durchmesser $[d] = \text{m}$ Drehzahl, Drehfrequenz $[n] = \frac{1}{\text{s}}$
<b>Arbeit, mechanische Leistung und Wirkungsgrad</b>	
Hubarbeit $W_H = m \cdot g \cdot h$	Masse $[m] = \text{kg}$ Erdbeschleunigung $[g] = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ Höhe $[h] = \text{m}$ Hubarbeit $[W_H] = \text{J}$
Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{W_2}{W_1} \cdot 100\%$ Gesamtwirkungsgrad $\eta_{ges} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \dots \cdot \eta_n$	zugeführte Leistung $[P_1] = \text{W}$ abgeführte Leistung $[P_2] = \text{W}$ zugeführte Arbeit $[W_1] = \text{J}$ abgeführte Arbeit $[W_2] = \text{J}$ Wirkungsgrad $[\eta] = \%$
Leistung bei geradliniger Bewegung $P = \frac{W}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$	Arbeit $[W] = \text{J}$ Kraft $[F] = \text{N}$ Weg $[s] = \text{m}$ Zeit $[t] = \text{s}$ Geschwindigkeit $[v] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Leistung $[P] = \text{W} = \frac{\text{J}}{\text{s}} = \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$
Leistung bei kreisförmiger Bewegung $P = F \cdot v = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$	Kraft $[F] = \text{N}$ Geschwindigkeit $[v] = \frac{\text{m}}{\text{s}}$ Moment $[M] = \text{Nm}$ Drehfrequenz/Drehzahl $[n] = \text{s}^{-1}$

<b>Zugversuch</b>	
Streckgrenze $R_e = \frac{F_e}{S_0}$ Dehngrenze $R_{P0,2} = \frac{F_{P0,2}}{S_0}$ Zugfestigkeit $R_m = \frac{F_m}{S_0}$ Bruchdehnung $A = \frac{L_U - L_0}{L_0} \cdot 100\% = \frac{\Delta L}{L_0} \cdot 100\%$ Zugspannung $\sigma_z = \frac{F_z}{S}$	Zugkraft an der Streckgrenze $[F_e] = N$ Anfangsquerschnitt der Probe $[S_0] = \text{mm}^2$ Zugkraft an der Dehngrenze $[F_{P0,2}] = N$ Höchstzugkraft $[F_m] = N$ Probenlänge nach dem Bruch $[L_U] = \text{mm}$ Anfangsmesslänge der Probe $[L_0] = \text{mm}$ Verlängerung der Probe $[\Delta L] = \text{mm}$ Zugkraft $[F_z] = N$ Bauteilquerschnitt $[S] = \text{mm}^2$
<b>Schnittgrößen beim Bohren</b>	
Drehzahl $n = \frac{v_c}{\pi \cdot d}$ Vorschubgeschwindigkeit $v_f = f \cdot n$	Drehzahl, Drehfrequenz $[n] = \frac{1}{\text{min}}$ Schnittgeschwindigkeit $[v_c] = \frac{\text{m}}{\text{min}}$ Durchmesser $[d] = \text{mm}$ Vorschubgeschwindigkeit $[v_f] = \frac{\text{mm}}{\text{min}}$ Vorschub $[f] = \text{mm}$
<b>Beanspruchung auf Biegung</b>	
Biegespannung $\sigma_b = \frac{M_b}{W}$	Biegespannung $[\sigma_b] = \frac{N}{\text{mm}^2}$ Biegemoment $[M_b] = \text{Nmm}$ axiales Widerstandsmoment $[W] = \text{mm}^3$
<b>Zusammengesetzte Beanspruchung (Biegung und Torsion) für Voll- und Hohlwellen</b>	
$\frac{M_V}{W} \leq \sigma_{zul}$ $\sigma_{zul} = \frac{\sigma_{grenz}}{\nu_D}$ für Voll- und Hohlwellen: $M_V = \sqrt{M_b^2 + 0,75 \cdot (\alpha_0 \cdot M_t)^2}$ Anstrengungsverhältnis $\alpha_0$ für Stahl: Biegung wechselnd, Torsion statisch oder schwelend: $\alpha_0 \approx 0,7$ Biegung und Torsion im gleichen Lastfall: $\alpha_0 \approx 1,0$ Biegung statisch oder schwelend, Torsion wechselnd: $\alpha_0 \approx 1,5$ für eine Vollwelle: $d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_V}{\pi \cdot \sigma_{zul}}}$	Vergleichsmoment $[M_V] = \text{Nmm}$ axiales Widerstandsmoment $[W] = \text{mm}^3$ zulässige Spannung $[\sigma_{zul}] = \frac{N}{\text{mm}^2}$ Grenzspannung $[\sigma_{grenz}] = \frac{N}{\text{mm}^2}$ Sicherheitszahl $[\nu_D] = ./.$ Biegemoment $[M_b] = \text{Nmm}$ Torsionsmoment $[M_t] = \text{Nmm}$ Wellendurchmesser $[d] = \text{mm}$

<b>Dimensionierung von Passfedern</b>	
<p>mittlere Flächenpressung</p> $p_m = \frac{2 \cdot M_t}{d \cdot h_{tr} \cdot l_{tr} \cdot i \cdot \varphi} \leq p_{zul}$ <p>für Passfedern Bauformen A, C und E  <math>l_{tr} = l - b</math></p> <p>für Passfedern Bauformen B, D und F  <math>l_{tr} = l</math></p> <p>für tragende Passfederhöhe in der Nabe  <math>h_{tr} = h - t_1</math></p> <p>für tragende Passfederhöhe in der Welle  <math>h_{tr} = t_1</math></p> <p>Traganteil Passfedern            eine Passfeder <math>\varphi = 1</math>            zwei Passfedern <math>\varphi = 0,75</math></p> <p>zulässige Flächenpressung</p> $p_{zul} = \frac{R_e}{S_F} = \frac{R_m}{S_B}$	<p>mittlere Flächenpressung <math>[p_m] = \frac{N}{mm^2}</math></p> <p>zulässige Flächenpressung <math>[p_{zul}] = \frac{N}{mm^2}</math></p> <p>Torsionsmoment an der Welle <math>[M_t] = Nm</math></p> <p>Wellendurchmesser <math>[d] = mm</math></p> <p>tragende Passfederhöhe <math>[h_{tr}] = mm</math></p> <p>tragende Passfederlänge <math>[l_{tr}] = mm</math></p> <p>Anzahl Passfedern <math>[i] = ./.</math></p> <p>Traganteil Passfedern <math>[\varphi] = ./.</math></p> <p>Passfederlänge <math>[l] = mm</math></p> <p>Breite der Passfeder <math>[b] = mm</math></p> <p>Höhe der Passfeder <math>[h] = mm</math></p> <p>Traghöhe Wellennut <math>[t_1] = mm</math></p> <p>Zugfestigkeit <math>[R_m] = \frac{N}{mm^2}</math></p> <p>Sicherheitszahl Streckgrenze <math>[S_F] = ./.</math></p> <p>Sicherheitszahl Zugfestigkeit <math>[S_B] = ./.</math></p>
<b>Zahnradmaße</b>	
<p>Modul</p> $m = \frac{p}{\pi} = \frac{d}{z}$ <p>Kopfkreisdurchmesser</p> $d_a = d + 2 \cdot m = m \cdot (z + 2)$	<p>Modul <math>[m] = mm</math></p> <p>Teilung <math>[p] = mm</math></p> <p>Teilkreisdurchmesser <math>[d] = mm</math></p> <p>Zähnezahl <math>[z] = ./.</math></p>
<b>Übersetzungen</b>	
<p>Übersetzungsverhältnis</p> $i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{M_2}{M_1}$ <p>Gesamtübersetzungsverhältnis</p> $i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots$ <p>1: treibendes Rad            2: getriebenes Rad</p>	<p>Übersetzungsverhältnis <math>[i] = ./.</math></p> <p>Zähnezahl <math>[z] = ./.</math></p> <p>Drehfrequenz/Drehzahl <math>[n] = s^{-1}</math></p> <p>Teilkreisdurchmesser <math>[d] = mm</math></p>
<b>Kräfte am Zahnrad</b>	
<p>Tangentialkraft (Umfangskraft)</p> $F_t = \frac{2 \cdot M_t}{d}$ <p>Radialkraft</p> $F_r = F_t \cdot \tan \alpha$	<p>Tangentialkraft <math>[F_t] = N</math></p> <p>Radialkraft <math>[F_r] = N</math></p> <p>Drehmoment <math>[M_t] = Nm</math></p> <p>Teilkreisdurchmesser <math>[d] = mm</math></p> <p>Eingriffswinkel <math>[\alpha] = ^\circ</math></p>
<b>Tragfähigkeit und Lebensdauer von Wälzlagern</b>	
<p>Äquivalente Belastung</p> $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$	<p>Radiallastfaktor <math>[X] = ./.</math></p> <p>Axiallastfaktor <math>[Y] = ./.</math></p> <p>Radialkraft <math>[F_r] = kN</math></p> <p>Axialkraft <math>[F_a] = kN</math></p>

<p>Lebensdauer in Umdrehungen</p> $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 10^6$ <p>Lebensdauer in Stunden</p> $L_{10h} = \frac{L_{10}}{60 \cdot n}$	<p>Lebensdauer <math>[L_{10}] = ./.</math></p> <p>Lebensdauer <math>[L_{10h}] = h</math></p> <p>dynamische Tragzahl <math>[C] = kN</math></p> <p>Drehzahl <math>[n] = \frac{1}{\text{min}}</math></p>																											
<b>Dezimale Vielfache oder Teile von Einheiten als Zehnerpotenz</b>																												
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Mega</td> <td style="padding: 5px;">Kilo</td> <td style="padding: 5px;">–</td> <td style="padding: 5px;">Dezi</td> <td style="padding: 5px;">Zenti</td> <td style="padding: 5px;">Milli</td> <td style="padding: 5px;">Mikro</td> <td style="padding: 5px;">Nano</td> <td style="padding: 5px;">Pikto</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">M</td> <td style="padding: 5px;">k</td> <td style="padding: 5px;">–</td> <td style="padding: 5px;">d</td> <td style="padding: 5px;">c</td> <td style="padding: 5px;">m</td> <td style="padding: 5px;">μ</td> <td style="padding: 5px;">n</td> <td style="padding: 5px;">p</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><math>10^6</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^3</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^0</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^{-1}</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^{-2}</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^{-3}</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^{-6}</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^{-9}</math></td> <td style="padding: 5px;"><math>10^{-12}</math></td> </tr> </table>	Mega	Kilo	–	Dezi	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Pikto	M	k	–	d	c	m	μ	n	p	$10^6$	$10^3$	$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	
Mega	Kilo	–	Dezi	Zenti	Milli	Mikro	Nano	Pikto																				
M	k	–	d	c	m	μ	n	p																				
$10^6$	$10^3$	$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$																				
<b>Ohmsches Gesetz</b>																												
$I = \frac{U}{R}$	<p>Widerstand <math>[R] = \Omega</math></p> <p>Strom <math>[I] = A</math></p> <p>Spannung <math>[U] = V</math></p>																											
<b>Reihenschaltung von Widerständen im Gleichstromsystem</b>																												
$R_{ges} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ $U_{ges} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ $I_{ges} = I_1 = I_2 = \dots = I_n$	<p>Widerstand <math>[R] = \Omega</math></p> <p>Strom <math>[I] = A</math></p> <p>Spannung <math>[U] = V</math></p> <p>Anzahl der Widerstände <math>[n] = ./.</math></p>																											
<b>Parallelschaltung von Widerständen im Gleichstromsystem</b>																												
$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$ $G_{ges} = G_1 + G_2 + \dots + G_n$ $U_{ges} = U_1 = U_2 = \dots = U_n$ $I_{ges} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$	<p>Widerstand <math>[R] = \Omega</math></p> <p>Leitwert <math>[G] = S</math></p> <p>Strom <math>[I] = A</math></p> <p>Spannung <math>[U] = V</math></p> <p>Anzahl der Widerstände bzw. Strompfade <math>[n] = ./.</math></p>																											
<b>Widerstand eines Leiters</b>																												
$R = \frac{l}{\kappa \cdot q}$ $R = \frac{l \cdot \rho}{q}$ $\kappa = 56 \frac{A \cdot m}{V \cdot mm^2} \text{ (Kupfer)}$	<p>Widerstand <math>[R] = \Omega</math></p> <p>Leitungslänge <math>[l] = m</math></p> <p>Leitungsquerschnitt <math>[q] = mm^2</math></p> <p>spezifischer Leitwert <math>[\kappa] = \frac{A \cdot m}{V \cdot mm^2}</math></p> <p>spezifischer Widerstand <math>[\rho] = \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}</math></p>																											

<b>Wechselspannung und Wechselstrom im Zeitdiagramm</b>	
Scheitelwert und Effektivwert: $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$ $I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$	Effektivspannung $[U] = V$ Scheitelspannung $[\hat{u}] = V$ Effektivstrom $[I] = A$ Scheitelstrom $[\hat{i}] = A$
Umrechnung zwischen Phasenverschiebung und zeitlicher Verschiebung: $t_0 = \frac{\varphi}{360^\circ} \cdot T$ Zusammenhang Frequenz und Periodendauer: $[f] = \frac{1}{T}$	Phasenverschiebungswinkel $[\varphi] = ^\circ$ Periodendauer von Wechselspannung und Wechselstrom $[T] = s$ Frequenz von Wechselspannung und Wechselstrom $[f] = \text{Hz}$ zeitliche Verschiebung zwischen Strom und Spannung $[t_0] = s$
Augenblickswerte: $u(t) = \hat{u} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot (t - t_0))$ $i(t) = \hat{i} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot (t - t_0))$	sinusförmige Wechselspannung in Abhängigkeit von der Zeit $[u(t)] = V$ sinusförmiger Wechselstrom in Abhängigkeit von der Zeit $[i(t)] = A$
<b>Frequenzabhängige Widerstände im Wechselstromsystem</b>	
$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ $X_L = \omega \cdot L$ $X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$	Kreisfrequenz $[\omega] = \frac{1}{s}$ Frequenz $[f] = \text{Hz}$ induktiver Blindwiderstand $[X_L] = \Omega$ Induktivität $[L] = \text{H}$ kapazitiver Blindwiderstand $[X_C] = \Omega$ Kapazität $[C] = \text{F}$
<b>Reihenschaltung von Widerständen im Wechselstromsystem</b>	
$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ $\sin \varphi = \frac{X}{Z}$ $Z^2 = R^2 + X^2$ $R = \frac{U_w}{I}$ $X = \frac{U_b}{I}$ $Z = \frac{U}{I}$	Wirkwiderstand $[R] = \Omega$ Blindwiderstand $[X] = \Omega$ Scheinwiderstand $[Z] = \Omega$ Phasenverschiebungswinkel $[\varphi] = ^\circ$ Wirkspannung $[U_w] = V$ Blindspannung $[U_b] = V$ Scheinspannung $[U] = V$ Strom $[I] = A$
<b>Widerstände im Wechselstromsystem</b>	
$G = \frac{1}{R}$ $B = \frac{1}{X}$ $Y = \frac{1}{Z}$ $\cos \varphi = \frac{G}{Y}$	Leitwert $[G] = S$ Blindleitwert $[B] = S$ Scheinleitwert $[Y] = S$ Wirkwiderstand $[R] = \Omega$ Blindwiderstand $[X] = \Omega$ Scheinwiderstand $[Z] = \Omega$ Phasenverschiebungswinkel $[\varphi] = ^\circ$

$\sin \varphi = \frac{B}{Y}$ $Y^2 = G^2 + B^2$ $R = \frac{U}{I_w}$ $X = \frac{U}{I_b}$ $Z = \frac{U}{I}$	Wirkstrom $[I_w] = A$ Blindstrom $[I_b] = A$ Scheinstrom $[I] = A$ Spannung $[U] = V$
<b>Leistung im Wechselstromsystem</b>	
$P = U_w \cdot I_w = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ $P = \frac{U^2}{R} = I_w^2 \cdot R$ $Q = U_b \cdot I_b = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ $Q = \frac{U^2}{X} = I_b^2 \cdot X$ $S = U \cdot I$ $S = \frac{U^2}{Z} = I^2 \cdot Z$ $S^2 = P^2 + Q^2$	Wirkleistung $[P] = W$ Blindleistung $[Q] = \text{var}$ Scheinleistung $[S] = \text{VA}$
<b>Leistung im Drehstromsystem</b>	
$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi$ $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$ $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$ $Q = P \cdot \tan \varphi$	Außenleiterstrom $[I] = A$ Außenleiterspannung $[U] = V$ Wirkleistung $[P] = W$ Blindleistung $[Q] = \text{var}$ Scheinleistung $[S] = \text{VA}$ Phasenverschiebungswinkel $[\varphi] = ^\circ$
<b>Blindleistungskompensation im Drehstromsystem</b>	
benötige kapazitive Blindleistung pro Strang $Q_{C \text{ Einzel}} = \frac{P}{3} \cdot (\tan \varphi_{\text{alt}} - \tan \varphi_{\text{neu}})$ benötigte Kondensatorkapazität $C = \frac{Q_{C \text{ Einzel}}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2}$	benötigte kapazitive Blindleistung für jeden Einzelkondensator $[Q_{C \text{ Einzel}}] = \text{var}$ Phasenverschiebungswinkel ohne Kompensation $[\varphi_{\text{alt}}] = ^\circ$ Phasenverschiebungswinkel mit Kompensation $[\varphi_{\text{neu}}] = ^\circ$ benötigte Kondensatorkapazität $[C] = F$
<b>Spannungsfall</b>	
Spannungsfall einphasig $\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q}$ Spannungsfall dreiphasig $\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q}$ $\kappa = 56 \frac{\text{A} \cdot \text{m}}{\text{V} \cdot \text{mm}^2} \text{ (für Kupfer)}$	Strom $[I] = A$ Leitungslänge $[l] = m$ Leitungsquerschnitt $[q] = \text{mm}^2$ spezifischer Leitwert $[\kappa] = \frac{\text{A} \cdot \text{m}}{\text{V} \cdot \text{mm}^2}$ Leistungsfaktor $[\cos \varphi]$

<b>Korrektur der Strombelastbarkeit von Leitungen</b>	
zulässiger Betriebsstrom $I_b = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot I_Z$	zulässiger Betriebsstrom $[I_b] = A$ Korrekturfaktoren: Umgebungstemperatur $[f_1] = ./.$ gehäufte Leitungsverlegung $[f_2] = ./.$ mehrere belastete Adern $[f_3] = ./.$ zulässige Strombelastbarkeit der Leitung $[I_Z] = A$
<b>Betondruckfestigkeit</b>	
$f_{c,dry,cube} = \frac{f_{ck,cube} + v}{0,92}$	charakteristische Druckfestigkeit $[f_{c,cube}] = \frac{N}{mm^2}$ Vorhaltemaß $[v] = \frac{N}{mm^2}$ Druckfestigkeit bei Trockenlagerung $[f_{c,dry,cube}] = \frac{N}{mm^2}$
<b>Körnungsziffer</b>	
$k = \frac{\sum \text{aller Rückstände}}{100}$	Rückstände ab 0,25 mm $[./.] = \%$ Körnungsziffer $[k] = ./.$
<b>Stoffraumrechnung</b>	
$1000 \frac{dm^3}{m^3} = \frac{z}{\rho_z} + \frac{f}{\rho_f} + \frac{w}{\rho_w} + \frac{g}{\rho_g} + p$	Bedarf für 1 m <sup>3</sup> Frischbeton: Zementgehalt $[z] = \frac{kg}{m^3}$ Zusatzstoffgehalt $[f] = \frac{kg}{m^3}$ Wassergehalt $[w] = \frac{kg}{m^3}$ Gehalt an Gesteinskörnung $[g] = \frac{kg}{m^3}$ Porenvolumen $[p] = dm^3$ Dichte des Zementes $[\rho_z] = \frac{kg}{dm^3}$ Dichte der Zusatzstoffe $[\rho_f] = \frac{kg}{dm^3}$ Dichte des Wassers $[\rho_w] = \frac{kg}{dm^3}$ Rohdichte der Gesteinskörnung $[\rho_g] = \frac{kg}{dm^3}$



Dimensionierung von Stahlbetonbalken	
$l_{eff} = 1,05 \cdot l_w$ $e_d = \sum \gamma_G \cdot g_{ki} + \gamma_Q \cdot q_k$  $\gamma_G = 1,35$ $\gamma_Q = 1,5$  $d = h - c_{nom} - d_{s,Bü} - 0,5 \cdot d_{s,l}$  $k_d$ -Wert $k_d = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Ed}}{b}}}$  erforderlicher Betonstahlquerschnitt $A_s = k_s \cdot \frac{M_{Ed}}{d}$	Mindeststützweite [ $l_{eff}$ ] = m lichte Weite [ $l_w$ ] = m Bemessungswert [ $e_d$ ] = $\frac{kN}{m}$ Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen [ $\gamma_G$ ] = ./. Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen [ $\gamma_Q$ ] = ./. Eigenlasten [ $g_{ki}$ ] = $\frac{kN}{m}$ Nutzlasten [ $q_k$ ] = $\frac{kN}{m}$  statische Höhe [ $d$ ] = cm Höhe des Bauteils [ $h$ ] = cm Betondeckung [ $c_{nom}$ ] = cm Durchmesser des Bügels [ $d_{s,Bü}$ ] = cm Durchmesser des Tragstabs [ $d_{s,l}$ ] = cm  $k_d$ - Wert [ $k_d$ ] = ./. $k_s$ - Wert [ $k_s$ ] = ./. statische Höhe [ $d$ ] = cm maximales Biegemoment [ $M_{Ed}$ ] = kNm Breite [ $b$ ] = m Gesamtquerschnittsfläche [ $A_s$ ] = cm <sup>2</sup>
Wärmeschutz	
$R = \frac{d}{\lambda}$ $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$ $U = \frac{1}{R_T}$  $U_m = \frac{U_1 \cdot b_1 + U_2 \cdot b_2 + \dots + U_n \cdot b_n}{\sum b_i}$ $U_m = \frac{U_1 \cdot p_1 + U_2 \cdot p_2 + \dots + U_n \cdot p_n}{100 \%}$ $U_m = \frac{U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots + U_n \cdot A_n}{\sum A_i}$	Wärmedurchlasswiderstand [ $R$ ] = $\frac{K \cdot m^2}{W}$ Baustoffdicke [ $d$ ] = m Wärmeleitfähigkeit [ $\lambda$ ] = $\frac{W}{K \cdot m}$ Wärmedurchgangswiderstand [ $R_T$ ] = $\frac{K \cdot m^2}{W}$ Wärmeübergangswiderstand innen [ $R_{si}$ ] = $\frac{K \cdot m^2}{W}$ außen [ $R_{se}$ ] = $\frac{K \cdot m^2}{W}$ Wärmedurchgangskoeffizient [ $U$ ] = $\frac{W}{K \cdot m^2}$ mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient [ $U_m$ ] = $\frac{W}{K \cdot m^2}$ Breitenanteil [ $b$ ] = m Prozentanteil [ $p$ ] = % Flächenanteil [ $A$ ] = m <sup>2</sup>
Temperaturverlauf $\Delta \vartheta_{Schicht} = (\vartheta_{innen} - \vartheta_{außen}) \cdot \frac{R_{Schicht}}{R_T}$	Temperaturdifferenz [ $\Delta \vartheta_{Schicht}$ ] = K Temperatur innen [ $\vartheta_{innen}$ ] = °C Temperatur außen [ $\vartheta_{außen}$ ] = °C

<b>Feuchteschutz</b>	
relative Luftfeuchte $\varphi = \frac{p}{p_{sat}} \cdot 100\%$	relative Luftfeuchte $[\varphi] = \%$ Teildruck $[p] = \text{Pa}$ Wasserdampf-sättigungsdruck $[p_{sat}] = \text{Pa}$
äquivalente Luftschichtdicke $s_d = \mu \cdot d$ $s_{d,c} = \sum \mu_{min} \cdot d$ $s_{d,T} - s_{d,c} = \sum \mu_{max} \cdot d$	äquivalente Luftschichtdicke $[s_d] = \text{m}$ äquivalente Luftschichtdicke für den Taubereich $[s_{d,c}] = \text{m}$ äquivalente Luftschichtdicke für den Verdunstungsbereich $[s_{d,T} - s_{d,c}] = \text{m}$ Baustoffdicke $[d] = \text{m}$ Wasserdampfdiffusionswiderstandsfaktor $[\mu] = ./.$
Gesamtdiffusionsstrom in der Tauperiode $g_c = \delta_0 \cdot \left( \frac{p_i - p_c}{s_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c}} \right)$ $m_c = g_c \cdot t_c$ $\delta_0 = 2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{kg}}{\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}}$ $t_c = 7,776 \cdot 10^6 \text{ s}$	Gesamtdiffusionsstrom $[g_c] = \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$ Wasserdampf-Diffusions-Leitkoeffizient in der Luft $[\delta_0] = \frac{\text{kg}}{\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}}$ Wasserdampfteildruck innen $[p_i] = \text{Pa}$ Wasserdampfteildruck außen $[p_e] = \text{Pa}$ Wasserdampf-sättigungspunkt $[p_c] = \text{Pa}$ äquivalente Luftschichtdicke für den Taubereich $[s_{d,c}] = \text{m}$ Verdunstungsbereich $[s_{d,T} - s_{d,c}] = \text{m}$ Wassermasse während der Tauperiode $[m_c] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ Dauer Tauperiode $[t_c] = \text{s}$
Gesamtdiffusionsstrom in der Verdunstungsperiode $g_{ev} = \delta_0 \cdot \left( \frac{p_c - p_i}{s_{d,c}} + \frac{p_c - p_e}{s_{d,T} - s_{d,c}} \right)$ $m_{ev} = g_{ev} \cdot t_{ev}$ $\delta_0 = 2 \cdot 10^{-10} \frac{\text{kg}}{\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}}$ $t_{ev} = 7,776 \cdot 10^6 \text{ s}$	Gesamtdiffusionsstrom $[g_{ev}] = \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}^2}$ Wasserdampf-Diffusions-Leitkoeffizient in der Luft $[\delta_0] = \frac{\text{kg}}{\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}}$ Wasserdampfteildruck innen $[p_i] = \text{Pa}$ Wasserdampfteildruck außen $[p_e] = \text{Pa}$ Wasserdampf-sättigungspunkt $[p_c] = \text{Pa}$ äquivalente Luftschichtdicke für den Taubereich $[s_{d,c}] = \text{m}$ Verdunstungsbereich $[s_{d,T} - s_{d,c}] = \text{m}$ Wassermasse während der Verdunstungsperiode $[m_{ev}] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ Dauer Verdunstungsperiode $[t_{ev}] = \text{s}$