

Formelsammlung

für die
HB3/9 Prüfung

Charpoan Kong HB9HJN

Inhaltsverzeichnis

1	Ohmisches/Leistungs Dreieck & Wellenlänge	1
1.1	Spannung	1
1.2	Strom	1
1.3	Widerstand	1
1.4	Leistung	1
1.5	Wellenlänge & Frequenz	1
2	Widerstand & Leistung	2
2.1	Serieschaltung	2
2.2	Parallelschaltung	2
2.3	Leiterwiderstand	2
2.4	Spannungsteiler	2
2.5	Wirkungsgrad	2
3	Wechselstrom	3
3.1	Effektivspannung	3
3.1.1	Sinus	3
3.1.2	Dreieck	3
3.1.3	Rechteck	3
4	Kondensator	4
4.1	Kapazität	4
4.2	Serieschaltung	4
4.3	Parallelschaltung	4
4.4	τ /Zeitkonstante	4
4.5	Dreh-/Plattenkondensator	4
4.6	Kapazitiver Blindwiderstand	5
4.7	Verlustfaktor/Güte	5
5	Spule	6
5.1	Induktivität	6
5.2	Induktion- & Selbstinduktionsspannung	6

5.3	Serieschaltung	6
5.4	Parallelschaltung	6
5.5	τ /Zeitkonstante	6
5.6	Verlustfaktor/Güte	7
5.7	Induktiver Blindwiderstand	7
6	Impedanz	8
6.1	Serieschaltung	8
6.2	Parallelschaltung	8
7	Transformator/Übertrager	9
7.1	Spannungs-/Strom-/Windungs-/ Widerstandsübersetzung	9
7.2	Stromdichte	9
8	RC-Glied	10
8.1	Grenzfrequenz	10
8.2	Shape-Faktor	10
9	Dezibel	11
9.1	Dezibel bei Leistug	11
9.2	Dezibel bei Spannung	11
10	LC-Schwingkreis	12
10.1	Resonanzfrequenz	12
10.2	Bandbreite	12
10.3	Güte	12
11	Diode	13
11.1	Vorwiderstand	13
11.2	Spannungsfestigkeit/Max. Spannung	13
12	Transistor/FET	14
12.1	Stromverstärkungsfaktor	14

12.2	R_1	14
12.3	R_C	14
12.4	I_C	15
12.5	P_V	15
13	Operationsverstärker	16
13.1	Invertierender Verstärker	16
13.2	Nichtinvertierender Verstärker	16
13.3	Differenzialverstärker	17
14	Elektromagnetisches Feld	18
14.1	Elektrische Feldstärke	18
14.2	Magnetische Feldstärke	18
14.3	Magnetische Flussdichte	18
14.4	Strahlungsdichte Kuglestrahler	18
14.5	Feldwellenwiderstand	18
14.6	Ersatzfeldstärke	19
14.6.1	Allgemein	19
14.6.2	Dipol	19
14.7	Brauchbare Grenzfrequenz	19
14.8	Optimale Grenzfrequenz	19
15	Antennentechnik	20
15.1	Dipol	20
15.1.1	Länge	20
15.1.2	Verkürzung	20
15.2	Antennengewinn	20
15.2.1	zum Dipol	20
15.2.2	zum isotropen Strahler	21
15.2.3	ERP	21
15.2.4	ERIP	22
15.2.5	Q-Match/ $\frac{\lambda}{4}$ - Trafo	22

16 Leitungen	23
16.1 Wellenwiderstand	23
16.1.1 Paralleldrahtleitung	23
16.1.2 Koaxialleitung	23
16.2 Verkürzungsfaktor	23
16.3 Dämpfung	23
16.4 Transformationsleitung	24
16.4.1 Koaxialleitung	24
17 Signale	25
17.1 Effektivspannung	25
17.1.1 Sinus	25
17.1.2 Dreieck	25
17.1.3 Rechteck	25
17.2 Wellenlänge & Frequenz	25
17.3 Bandbreite	25
17.3.1 DSB	25
17.3.2 SSB	26
17.3.3 FM	26
17.3.4 CW	26
17.3.5 RTTY	26
17.4 Modulationsindex FM	26
17.5 Besselfunktion	26
17.6 Peak Envelope Power	27
18 Modulation - Demodulation	28
18.1 Modulationsgrad	28
19 Frequenzaufbereitung	29
19.1 Überlagerung	29
19.1.1 $f_{osc} > f_e$	29
19.1.2 $f_{osc} < f_e$	29
19.2 Frequenz 3.Ordnung	29

20 Übertragungstechnik	30
20.1 Nquisttheorem	30
20.2 Dynamik	30
20.3 Baudrate	30
20.4 FSK	30
20.4.1 Bandbreite	30
20.5 PSK	31
20.5.1 Bandbreite	31
20.6 Totales Verbindungssystem	31
21 Messtechnik	32
21.1 Wheatstonsche Messbrücke	32
21.2 Shunt	32
21.3 SWR/VSWR	32
22 Gerätetechnik	33
22.1 Empfindlichkeit	33
23 EMV und Sicherheit	34
23.1 Windlast	34
23.2 Biegemoment	34
23.3 Sicherheitsabstand	34

1 Ohmisches/Leistungs Dreieck & Wellenlänge

1.1 Spannung

$$U = RI = \frac{P}{I} = \sqrt{PR}$$

1.2 Strom

$$I = \frac{P}{U} = \frac{U}{R} = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

1.3 Widerstand

$$R = \frac{U}{I} = \frac{P}{I^2} = \frac{U^2}{P}$$

1.4 Leistung

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = RI^2$$

1.5 Wellenlänge & Frequenz

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$c = \text{Lichtgeschwindigkeit} \approx 3 * 10^8$$

$$c = 2.99792458 * 10^8$$

2 Widerstand & Leistung

2.1 Serieschaltung

$$R_{\Sigma} = \sum R_i$$

2.2 Parallelschaltung

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_i}}$$

2.3 Leiterwiderderstand

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad \rho = \text{spezifischer Widerstand}$$

2.4 Spannungsteiler

$$U_x = R_x \frac{U}{R_{ges}}$$

2.5 Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad P_V = \text{Verlustleistung}$$

$$P_{in} = P_{out} + P_V$$

3 Wechselstrom

3.1 Effektivspannung

3.1.1 Sinus

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

3.1.2 Dreieck

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$$

3.1.3 Rechteck

$$U_{eff} = \hat{U} \sqrt{DutyCycle}$$

4 Kondensator

4.1 Kapazität

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{A}{d}$$

ε_0 = Elektrische Feldkonstante

ε_r = Permittivität

$\varepsilon_0 = 8.854187817 * 10^{-12}$

4.2 Serieschaltung

$$C_{\Sigma} = \frac{1}{\sum \frac{1}{C_i}}$$

4.3 Parallelschaltung

$$C_{\Sigma} = \sum C_i$$

4.4 τ /Zeitkonstante

$$\tau = RC$$

$$\lim_{U \rightarrow 0\%/100\%} \Delta t = 5\tau$$

4.5 Dreh-/Plattenkondensator

$$C_p = \frac{f_u^2 \Delta C}{f_o^2 - f_u^2} - C_a$$

C_p = Parallellkapazität

C_a = Anfangskapazität

f_u = untere Frequenz

f_o = obere Frequenz

ΔC = Kapazität des Drehko

4.6 Kapazitiver Blindwiderstand

$$X_c = \frac{U}{I} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_c} = \frac{1}{2\pi f X_c}$$

$$f = \frac{1}{2\pi X_c C}$$

$$I = \frac{U}{X_c}$$

4.7 Verlustfaktor/Güte

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_c} = \frac{X_c}{R_p}$$

$$Q = \frac{R_p}{X_c}$$

R_p = paralleler Verlustwiderstand

I_R = Strom durch R_p

I_C = Strom durch Kondensator

5 Spule

5.1 Induktivität

$$L = \frac{\mu_0 \mu_r A N^2}{l} = A_L N^2$$

$$A_L = \frac{\mu_0 \mu_r A}{l}$$

μ_0 = Permeabilität im luftleeren Raum
 μ_r = Permeabilität des Kernmaterials
 A_L = Wert vorgefertigter Kerne

5.2 Induktion- & Selbstinduktionsspannung

$$U_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L = -U_{ind} \frac{\Delta t}{\Delta I}$$

5.3 Serieschaltung

$$L_{\Sigma} = \sum L_i$$

5.4 Parallelschaltung

$$L_{\Sigma} = \frac{1}{\sum \frac{1}{L_i}}$$

5.5 τ /Zeitkonstante

$$\tau = \frac{L}{R}$$

5.6 Verlustfaktor/Güte

$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_L} = \frac{R_s}{X_L}$$

R_s = serielle Verlustwiderstand

I_R = Strom durch R_v

I_L = Strom durch Spule

$$Q = \frac{X_L}{R_s}$$

5.7 Induktiver Blindwiderstand

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$f = \frac{X_L}{2\pi L}$$

6 Impedanz

6.1 Serieschaltung

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

6.2 Parallelschaltung

$$Z = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$$

7 Transformator/Übertrager

7.1 Spannungs-/Strom-/Windungs-/ Widerstands- übersetzung

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

$$I_1 = I_2 \frac{U_2}{U_1} = I_2 \frac{N_2}{N_1} = I_2 \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}$$

$$I_2 = I_1 \frac{U_1}{U_2} = I_1 \frac{N_1}{N_2} = I_1 \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

7.2 Stromdichte

$$S = \frac{I}{A}$$

8 RC-Glied

8.1 Grenzfrequenz

$$f_g = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$C = \frac{1}{2\pi f_g R}$$

$$R = \frac{1}{2\pi f_g C}$$

8.2 Shape-Faktor

$$ShapeFaktor = \frac{Bandbreite\ bei\ 60db}{Bandbreite\ bei\ 6db}$$

9 Dezibel

9.1 Dezibel bei Leistung

$$\nu = 10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

9.2 Dezibel bei Spannung

$$\nu = 20 \log \left(\frac{U_{out}}{U_{in}} \right)$$

10 LC-Schwingkreis

10.1 Resonanzfrequenz

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{f_{max} + f_{min}}{2}$$

$$L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C}$$

$$C = \frac{1}{(2\pi f)^2 L}$$

10.2 Bandbreite

$$b = f_{max} - f_{min} = \frac{f_{res}}{Q}$$

10.3 Güte

$$Q = \frac{1}{R_s} * \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{f_{res}}{b} = \frac{R_p}{X_L} =$$

$$\frac{X_L}{R_s}$$

$$b = \frac{R_s}{2\pi L}$$

$$R_s = \frac{1}{Q} * \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$R_{res} = \frac{2\pi f_{res} L}{Q}$$

R_s = serieller Verlustwiderstand
 R_{res} = Resonanz Verlustwiderstand
 R_p = paralleler Verlustwiderstand

11 Diode

11.1 Vorwiderstand

$$R = \frac{U_{cc} - U_F}{I_F}$$

11.2 Spannungsfestigkeit/Max. Spannung

$$U = U_{in} * \sqrt{2} \text{ oder anderer Faktor Spitzenspannung}$$

12 Transistor/FET

12.1 Stromverstärkungsfaktor

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

12.2 R_1

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1}$$

$$I_{R_1} = 11 * I_B$$

$$U_{R_1} = U - U_{BE}$$

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}}$$

12.3 R_C

$$I_B = \frac{I_2}{9}$$

$$I_C = I_B \beta$$

$$U_{R_C} = U - U_C$$

$$R_C = \frac{U_{R_C}}{I_c}$$

12.4 I_C

$$I_E = \frac{U_E}{R_E}$$

$$I_B = \frac{I_E}{\beta + 1}$$

$$I_C = I_B \beta$$

12.5 P_V

$$U_{R_C} = R_C I_C$$

$$U_{Transistor} = U - U_{R_C}$$

$$P_{Verlust} = U_{Transistor} * I_C$$

13 Operationsverstärker

13.1 Invertierender Verstärker

$$U_{out} = -U_{in} \frac{R_2}{R_1}$$

13.2 Nichtinvertierender Verstärker

$$U_{out} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

13.3 Differenzialverstärker

$$\nu_{U1} = \frac{R_3}{R_1}$$

$$\nu_{U2} = \frac{1 + \frac{R_3}{R_1}}{1 + \frac{R_2}{R_4}}$$

$$U_{out} = U_{in2} * \nu_{U2} - U_{in1} * \nu_{U1}$$

14 Elektromagnetisches Feld

14.1 Elektrische Feldstärke

$$E = \frac{U}{d}$$
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

14.2 Magnetische Feldstärke

$$H = \frac{I}{d}$$

14.3 Magnetische Flussdichte

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

$\mu_0 = \text{Permeabilität } 4\pi * 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$
 $\mu_r = \text{Permeabilität des Materials}$

14.4 Strahlungsdichte Kuglestrahler

$$S = \frac{P_{ERP}}{4\pi r^2}$$

$P_{ERP} = \text{Leistung isotroper Strahler}$

14.5 Feldwellenwiderstand

$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 120\pi\Omega$$

$Z_0 = \text{Feldwellenwiderstand}$

14.6 Ersatzfeldstärke

14.6.1 Allgemein

$$E = \frac{\sqrt{30\Omega P_{ERIP}}}{r}$$

$$E = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{Z_0}{4\pi}} P_{ERIP}$$

P_{ERIP} = Leistung isotroper Strahler

14.6.2 Dipol

$$E \approx 7 \frac{\sqrt{P}}{r}$$

14.7 Brauchbare Grenzfrequenz

$$MUF \approx \frac{f_k}{\sin \alpha}$$

MUF = maximum usable frequency
 f_k = kritische Frequenz

14.8 Optimale Grenzfrequenz

$$f_{opt} \approx 0.85 MUF$$

MUF = maximum usable frequency
 f_{opt} = optimale Frequenz

15 Antennentechnik

15.1 Dipol

15.1.1 Länge

$$l = n \frac{\lambda}{2} \quad n \in \mathbb{N}$$

15.1.2 Verkürzung

$$l = k \frac{\lambda}{2} \quad n \in [0.93, 0.97]$$

15.2 Antennengewinn

15.2.1 zum Dipol

$$G_D = \frac{P_V}{P_D}$$

$$g_d = 10 \log_{10} \left(\frac{P_V}{P_D} \right) \text{ dbd}$$

$$g_d = 20 \log_{10} \left(\frac{E_V}{E_D} \right) \text{ dbd}$$

15.2.2 zum isotropen Strahler

$$G_i = \frac{P_V}{P_i}$$

$$g_i = 10 \log_{10} \left(\frac{P_V}{P_i} \right) \text{ dbd}$$

$$g_i = 20 \log_{10} \left(\frac{E_V}{E_i} \right) \text{ dbd}$$

15.2.3 ERP

$$P_{ERP} = \frac{P_{ERIP}}{1.64}$$

$$P_{ERP} = G_D P_S$$

$$P_{ERP} = P_S \overline{10 \frac{g_d}{10} \text{ db}}$$

$$P_{ERP} = G_D (P_{Sender} - P_{Verlust})$$

15.2.4 ERIP

$$P_{ERIP} = 1.64 P_{ERP}$$

$$P_{ERIP} = G_i P_S$$

$$P_{ERIP} = P_S \frac{g_i}{10 \log 10 db}$$

$$P_{ERIP} = G_i (P_{Sender} - P_{Verlust})$$

15.2.5 Q-Match/ $\frac{\lambda}{4}$ - Trafo

$$Z_{Kabel} = \sqrt{Z_{Ant} Z_{Leitung}}$$

16 Leitungen

16.1 Wellenwiderstand

$$Z_w = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$$

16.1.1 Paralleldrahtleitung

$$Z_w = \frac{120\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \left(\frac{2a}{d} \right)$$

16.1.2 Koaxialleitung

$$Z_w = \frac{60\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \ln \left(\frac{D}{d} \right)$$

16.2 Verkürzungsfaktor

$$\nu = \frac{1}{\sqrt{L'C'}}$$

$$k = \frac{\nu}{c}$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}}$$

16.3 Dämpfung

$$n = \sqrt{\frac{f_{hoch}}{f_{niedrig}}}$$

16.4 Transformationsleitung

$$R_i = Z_w = Z_{ant}$$

$$Z = \sqrt{Z_1 Z_2}$$

$$l = (2n - 1) \frac{\lambda}{4} k$$

16.4.1 Koaxialleitung

$$Z = \frac{138\Omega}{\sqrt{\varepsilon_r}} \left(\frac{D}{d} \right)$$

$$D = d \sqrt{\frac{Z}{138\Omega}}$$

17 Signale

17.1 Effektivspannung

17.1.1 Sinus

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$

17.1.2 Dreieck

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{3}}$$

17.1.3 Rechteck

$$U_{eff} = \hat{U} \sqrt{DutyCycle}$$

17.2 Wellenlänge & Frequenz

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$u = \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\begin{aligned} c &= \text{Lichtgeschwindigkeit} \approx 3 * 10^8 \\ c &= 2.99792458 * 10^8 \end{aligned}$$

17.3 Bandbreite

17.3.1 DSB

$$b_{AM} = 2f_{mod}$$

17.3.2 SSB

$$b_{SSB} = f_{NFmax} - f_{NFmin}$$

$$b_{SSB} \approx f_{mod}$$

17.3.3 FM

$$b_{FM} = 2(\Delta f_T + f_{mod})$$

$$b_{FM} \approx 2 \Delta f_T \quad f_{mod} \ll \Delta f_T$$

$$b_{FM} \approx 2 f_{mod} \quad m < 0.5$$

17.3.4 CW

$$b_{CW} = \frac{5 * WPM}{1.2}$$

17.3.5 RTTY

$$b_{RTTY} = 2 \left(\frac{\Delta f}{2} + 1.6Bd \right)$$

17.4 Modulationsindex FM

$$m = \frac{\Delta f_t}{f_{mod}}$$

17.5 Besselfunktion

$$u = {}_0 \sin(\omega_t t - m \cos(\omega_m t))$$

17.6 Peak Envelope Power

$$PEP = P_c(1 + m)^2$$

PEP = PeakEnvelopePower

P_c = Carrier – Power (Trägerleistung)

m = Modulationsgrad bei AM

18 Modulation - Demodulation

18.1 Modulationsgrad

$$m = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T}$$

19 Frequenzauflbereitung

19.1 Überlagerung

19.1.1 $f_{osc} > f_e$

$$f_z = \frac{f_{sp} - f_e}{2}$$

$$f_{osc} = f_e + f_z$$

f_e = Eingangsfrequenz
 f_{osc} = Ueberlagerungsfrequenz
 f_z = Zwischenfrequenz
 f_{sp} = Spiegelfrequenz

19.1.2 $f_{osc} < f_e$

$$f_z = f_e - f_{osc}$$

$$f_{sp} = f_e - 2f_z$$

f_e = Eingangsfrequenz
 f_{osc} = Ueberlagerungsfrequenz
 f_z = Zwischenfrequenz
 f_{sp} = Spiegelfrequenz

19.2 Frequenz 3.Ordnung

$$2f_1 - f_2 \wedge 2f_2 - f_1$$

20 Übertragungstechnik

20.1 Nquisttheorem

$$f_{abt} > 2f_{imax}$$

20.2 Dynamik

$$D = 20 \log \left(\frac{U_{max}}{U_{min}} \right) dB$$

20.3 Baudrate

$$\nu_u = \frac{1}{t_{1bit}} Bd$$

20.4 FSK

20.4.1 Bandbreite

$$b_{FSK} = 2(\Delta f_T + f_{mod})$$

$$b_{FSK} \approx 2 \left(\frac{\Delta F}{2} + 1.6 f_u \right)$$

20.5 PSK

20.5.1 Bandbreite

$$b_{PSK} = 2(\Delta f_T + f_{mod})$$

$$b_{PSK} = 2 \frac{\nu_u}{2} = \nu_u$$

20.6 Totales Verbindungssystem

$$N = S \frac{S-1}{2}$$

$$\begin{array}{l} N = \text{Strecken} \\ S = \text{Stationen} \end{array}$$

21 Messtechnik

21.1 Wheatstonsche Messbrücke

$$R = \frac{R_4 R_1}{R_3}$$

21.2 Shunt

$$U = R_{Instr} I_{Instr} = R_p I_p$$

$$I_p = I_{Messbereich} - I_{Instrument}$$

$$R_p = \frac{U}{I_p}$$

$$R_p = \frac{R_{Instr}}{n - 1}$$

$$R_s = R_{Instr}(n - 1)$$

R_{Instr} = Instrumentwiderstand
 R_p = Shuntwiderstand parallel
 R_s = Shuntwiderstand seriell
 I_p = Strom durch Shunt
 I_{instr} = Instrumentenstrom
 n = Messbereichserweiterungsfraktor

21.3 SWR/VSWR

$$s = \frac{U_{max}}{U_{min}} = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r} = \frac{1 + |r|}{1 - |r|} =$$

$$\frac{\sqrt{P_v} + \sqrt{P_r}}{\sqrt{P_v} - \sqrt{P_r}}$$

$$|r| = \frac{U_r}{U_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}} = \frac{s - 1}{s + 1}$$

$$s = \frac{R_2}{Z} \quad R_2 \geq Z$$

$$s = \frac{Z}{R_2} \quad R_2 \leq Z$$

s = SWR/VSWR
 r = Reflexionsfaktor
 Z = Wellenwiderstand (der Leitung)
 R_2 = Abschlusswiderstand
 U_v = hinlaufende Welle
 U_r = rcklaufende Welle

22 Gerätetechnik

22.1 Empfindlichkeit

$$P_R = kT_0bF$$

$$U_R = \sqrt{kT_0bRF}$$

$k = 1.38 * 10^{-23}$ (Boltzmann Konstante)

T_0 = Temperatur [K]

b = Bandbreite [Hz]

R = Eingangswiderstand

F = Rauschfaktor

P_R = Rauschleistung

U_R = Rauschspannung

23 EMV und Sicherheit

23.1 Windlast

$$F_A = pA$$

$$p = \text{Staudruck} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

$$A = \text{Wirckflche} [\text{m}^2]$$

23.2 Biegemoment

$$M_A = \sum F_i l_i$$

23.3 Sicherheitsabstand

$$d = \frac{\sqrt{30\Omega P_{ERIP}}}{E}$$