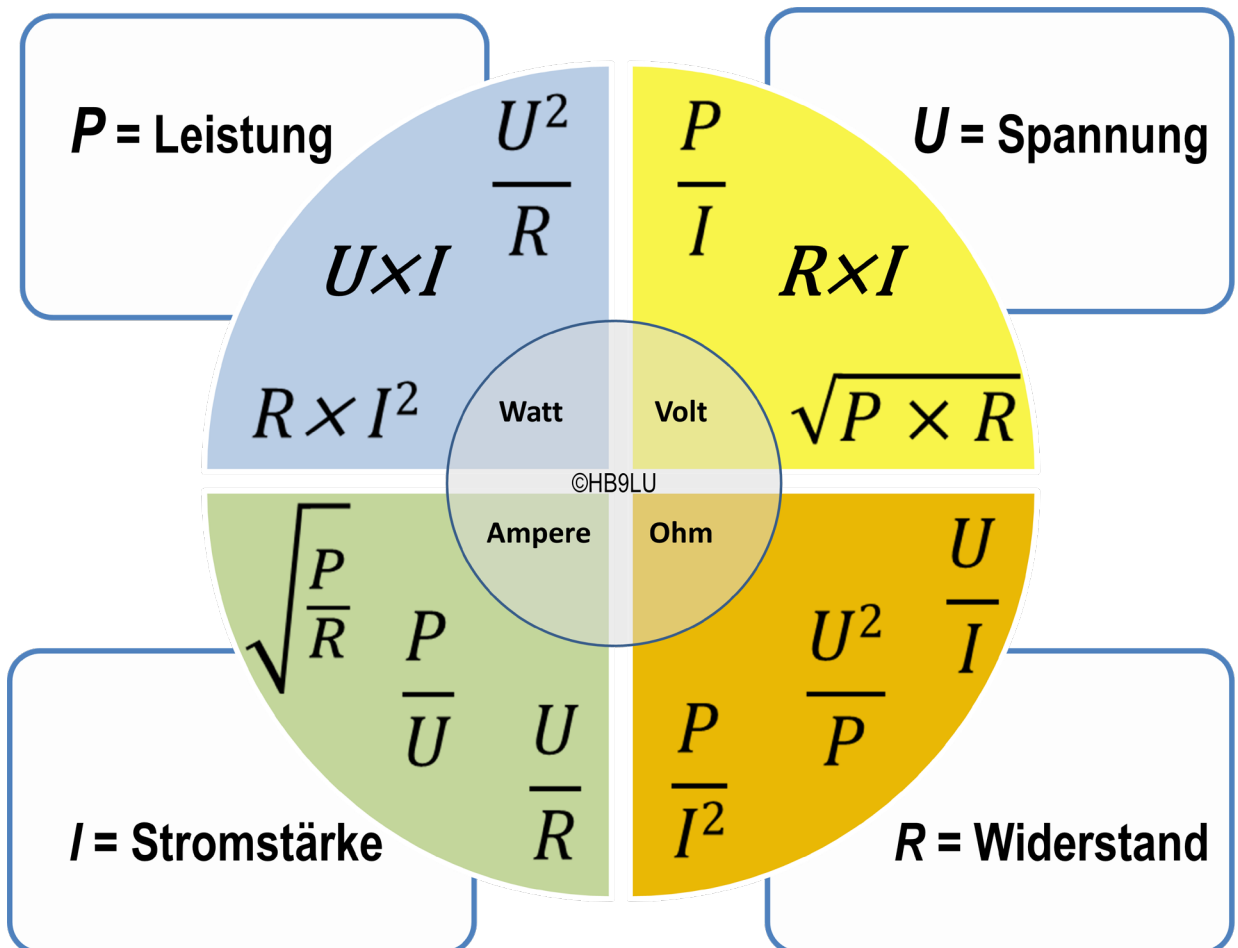


Formelsammlung

für die Funkamateurrprüfung



Formeln für die Funkamateurlprüfung

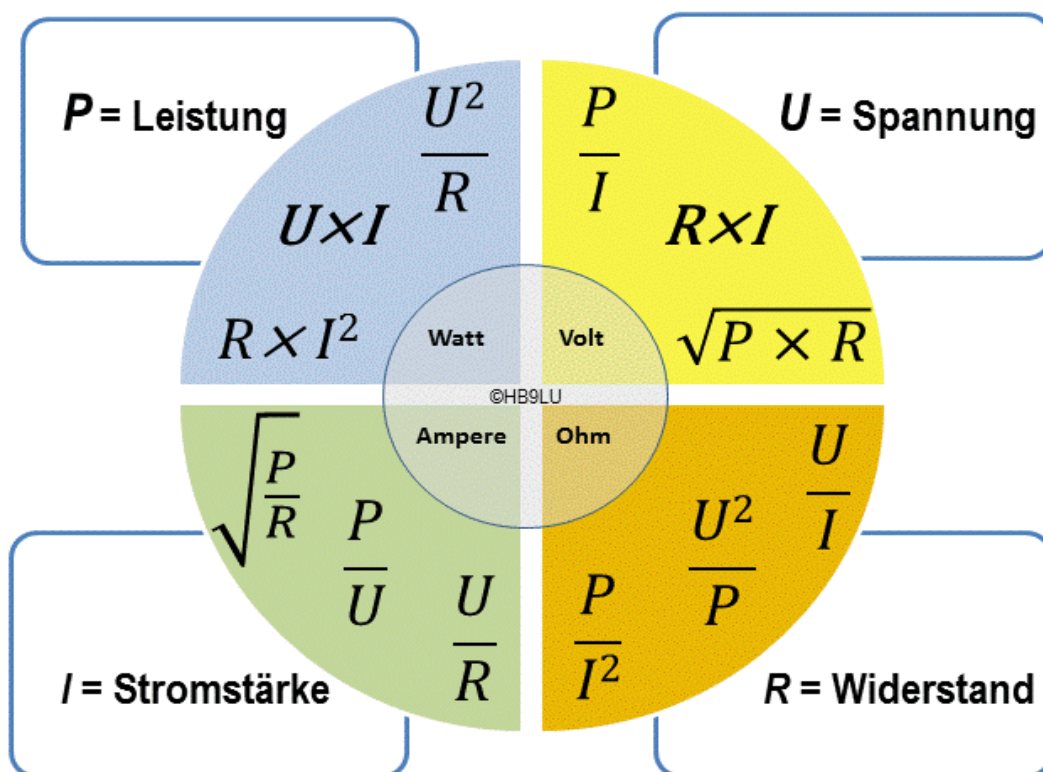
Zusammengestellt von HB9THJ

Überarbeitungen / Korrekturen / Ergänzungen

HB9MBS	2023 August, Korrektur Amplitudenmodulationsindex kleines «m»
HB9ENL	2021 Dezember, Korrekturen Feldstärke
HB9HNL	2021 November, Korrekturen Kondensator
HB9THJ	2021 Oktober, komplett neu geschrieben, neuer Formeleditor
HB9JCB / HB9THJ	2015 September, kleine Anpassungen
HB9THJ	2015 Mai, Anpassung Abkürzung Ig ->log
HB9JCB / HB9THJ	2014 August, Operationsverstärker
HB9JCB	2014 Februar PURI
HB9JCB	2013 November dB-Tabelle entfernt, SI-Einheiten
HB9JCB	2013 Oktober N2, Bandbreite(CW), Potenzen, Korrekturen
HE9BEN	2013 Juli, diverse Erweiterungen
HE9BEN	2012 Dezember, diverse Erweiterungen
HB9THJ	1996 Erstellung Formelbuch

Hier eine Liste von Links für den AfuKurs

Bakom:	Anbieter von Kursen für den Amateurfunk (admin.ch)
DJ4UF Moltrecht:	Amateurfunklehrgang von Eckart K.W. Moltrecht Willkommen (dj4uf.de)
DARC:	DARC-Online-Lehrgang - DARC
Hamradiotrainer:	HamRadioTrainer
Buchtipps:	Amateurfunk - Harald Zisler DL6RAL, Rheinwerk Verlag



Formeln für die Funkamateurlprüfung

Kreis:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \quad A = \pi \cdot r^2 \quad d = 2 \cdot \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$U = d \cdot \pi \quad U = 2\pi \cdot r \quad d = \frac{U}{\pi}$$

Leitungswiderstand:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad l = \frac{R \cdot A}{\rho} \quad A = \frac{\rho \cdot l}{R}$$

Trafo:

$$N_2 = \sqrt{\frac{N_1^2 \cdot R_2}{R_1}}$$

$$\ddot{u} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$$

$$U_1 = U_2 \cdot \ddot{u} = \frac{P}{I_1} = \sqrt{P \cdot Z_1} \quad U_2 = \frac{U_1}{\ddot{u}} = \frac{P}{I_2} = \sqrt{P \cdot Z_2}$$

$$I_1 = \frac{I_2}{\ddot{u}} = \frac{P}{U_1} = \sqrt{\frac{P}{Z_1}} \quad I_2 = I_1 \cdot \ddot{u} = \frac{P}{U_2} = \sqrt{\frac{P}{Z_2}}$$

$$R_1 = R_2 \cdot \ddot{u}^2 \quad R_2 = \frac{R_1}{\ddot{u}^2}$$

$$Z_1 = Z_2 \cdot \ddot{u}^2 = \frac{U_1^2}{P} \quad Z_2 = \frac{Z_1}{\ddot{u}^2} = \frac{U_2^2}{P}$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 \quad P_2 = P_1 - P_v$$

Ohmsches Gesetz / Leistung:

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

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

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

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

Wechselspannung Sinus:

$$U = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot u_s \quad u_s = \sqrt{2} \cdot U \quad u_{ss} = 2\sqrt{2} \cdot U$$

$$\omega = 2\pi \cdot f$$

A	=	Fläche	m ²
d	=	Durchmesser	m
r	=	Radius	m
U	=	Umfang	m
D	=	Drahtdurchmesser	mm
L	=	Leiterlänge	m
R	=	Leiterwiderstand bei T	Ω
A	=	Leiterquerschnitt	mm ²
P	=	Spezifischer Widerstand	$\frac{\Omega \text{mm}^2}{2}$

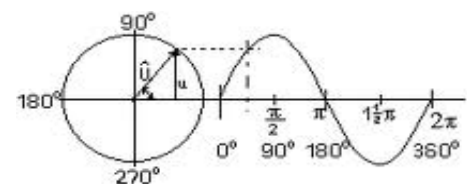
1	=	Eingangsseite / primär
2	=	Ausgangsseite / sekundär
Ü	=	Übersetzungsverhältnis
N	=	Windungszahl

I	=	Strom	A
R	=	Widerstand	Ω
L	=	Induktivität	H
C	=	Kapazität	F
Z	=	Impedanz	Ω
U	=	Spannung	V
P	=	Wirkleistung	W

η	=	Wirkungsgrad in	%
P _v	=	Verlustleistung	W

U	=	Spannung	V
R	=	Widerstand	Ω
I	=	Strom	A
P	=	Leistung	W

U	=	Effektivwert	V
U _s	=	Spitzenwert	V
U _{ss}	=	Spitzen-Spitzenwert	V
ω	=	Kreisfrequenz	1/s



Formeln für die Funkamateurlprüfung

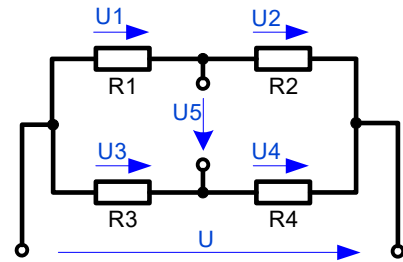
Brückenschaltung

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_4}$$

$$R_2 = R_1 \cdot \frac{R_4}{R_3}$$

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2}$$

$$R_4 = R_3 \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

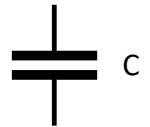


Zeitkonstante

$$\tau = R \cdot C$$

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

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



C Aufladung an U=

Vollständige Lade- und Entladedauer $t \approx 5 \cdot \tau$

$$1\tau = 0.63 \cdot U$$

$$4\tau = 0.98 \cdot U$$

$$Q = I \cdot t = U \cdot C$$

$$t = \frac{Q}{I}$$

$$U = \frac{Q}{C}$$

$$C = \frac{Q}{U}$$

$$u_c = U(1 - e^{-t/RC}) = \frac{I \cdot t}{C} \quad i_c = I \cdot e^{-t/RC}$$

C Entladung an U=

$$1\tau = 0.37 \cdot U$$

$$4\tau = 0.02 \cdot U$$

$$u_c = U \cdot e^{-t/RC}$$

$$i_c = I \cdot e^{-t/RC}$$

$$t = -1 \cdot R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{u_c}{U}\right)$$

$$C = \frac{-t}{R \cdot \ln\left(\frac{u_c}{U}\right)}$$

$$R = \frac{-t}{C \cdot \ln\left(\frac{u_c}{U}\right)}$$

Q	= Ladung im Kondensator in Coulomb	As
u_c	= Augenblickswert der Kondensatorspannung in	V
i_c	= Augenblickswert der Kondensatorstromes in	A
U; I	= Anfangs bzw. Endwert von Spannung und Strom	
e	= Basis des natürlichen Logarithmus	[1]
		[INV]
		[LNx]

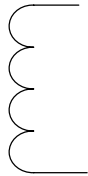
Formeln für die Funkamateurlprüfung

Zeitkonstante

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

$$L = R \cdot \tau$$

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



L Einschalten an U=

$$u_L = U \cdot e^{-t/\tau}$$

$$L = \frac{U_L \cdot \Delta t}{\Delta I}$$

$$i = I(1 - e^{-t/\tau}) = \frac{U}{R}$$

$$U_L = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

L Ausschalten von U=

$$i = I \cdot e^{-t/\tau} = \frac{U}{R}$$

$$\tau = \frac{-t}{LN \cdot \left(1 - \left(\frac{i}{I}\right)\right)}$$

$$L = \frac{U_L \cdot \Delta t}{\Delta I}$$

$$-t = \tau \cdot LN \cdot \left(1 - \left(\frac{i}{I}\right)\right)$$

u_L	=	Augenblickswert der Spulenspannung in	V
i_L	=	Augenblickswert des Spulenstromes in	A
U, I	=	Anfangs bzw. Endwert von Spannung und Strom	
e	=	Basis des natürlichen Logarithmus	[1] [INV] [LNx]

Spulenwicklung

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

$$N_1 = \sqrt{\frac{L_1 \cdot N_2^2}{L_2}}$$

$$N_2 = \sqrt{\frac{L_2 \cdot N_1^2}{L_1}}$$

$$L_1 = \frac{L_2 \cdot N_1^2}{N_2^2}$$

$$L_2 = \frac{L_1 \cdot N_2^2}{N_1^2}$$

$$2 \cdot N \rightarrow 4 \cdot L \rightarrow 4 \cdot U_L$$

L	=	Induktivität in	V_s/A
N	=	Windungszahl	
l	=	Mittlere Feldlinienlänge in	m
A_L	=	Spulenkonzentrationsfaktor	V_s/A
μ_0	=	magnetische Feldkonstante	
μ_r	=	Relative Permeabilität	

Formeln für die Funkamateurlprüfung

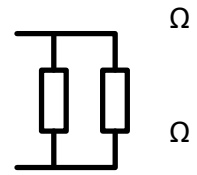
R – parallel

$$R_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

$$R_1 = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} - \dots - \frac{1}{R_n}}$$

$$R_{ges} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot R_{ges}}{R_2 - R_{ges}}$$



C – parallel:

$$C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3$$

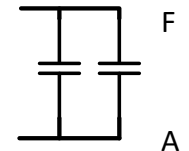
$$X_C = \frac{1}{\frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \frac{1}{X_{C3}}}$$

$$I_{C1} = \frac{I_{ges}}{C_1 + C_2} \cdot C_1 \quad (\text{wenn } C_1 > C_2)$$

$$I_{C2} = \frac{I_{ges}}{C_1 + C_2} \cdot C_2 \quad (\text{wenn } C_1 > C_2)$$

$$C_1 = \frac{C_2 \cdot I_{C1}}{I_{ges} - I_{C1}} = \frac{C_2 \cdot I_{C1}}{I_{C2}}$$

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot I_{C2}}{I_{ges} - I_{C2}} = \frac{C_1 \cdot I_{C2}}{I_{C1}}$$

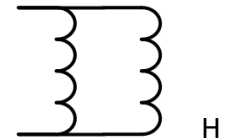


L – parallel:

$$L_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n}}$$

$$L_1 = \frac{1}{\frac{1}{L} - \frac{1}{L_2} - \frac{1}{L_3} - \dots - \frac{1}{L_n}}$$

$$X_{L_{gesamt}} = \frac{1}{\frac{1}{X_{L1}} + \frac{1}{X_{L2}} + \frac{1}{X_{L3}} + \dots + \frac{1}{X_{Ln}}}$$



RC – parallel – Schaltung:

$$I_{ges} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

$$I_C = \sqrt{I^2 - I_R^2}$$

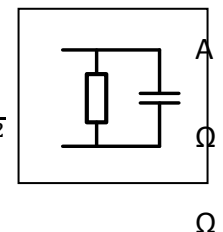
$$I_R = \sqrt{I^2 - I_C^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X_C^2}$$

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$



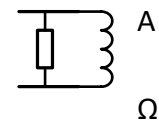
Formeln für die Funkamateurlprüfung

RL – parallel – Schaltung:

$$I_{ges} = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

$$I_L = \sqrt{I^2 - I_R^2}$$

$$I_R = \sqrt{I^2 - I_L^2}$$



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

RLC – parallel - Schaltung

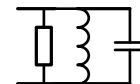
$$I_{ges} = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$$I_C = I_L + \sqrt{I_{ges}^2 - I_R^2}$$

$$I_L = I_C - \sqrt{I_{ges}^2 - I_R^2}$$

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

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$



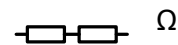
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z_{res} = \frac{L}{C \cdot R_v}$$

$$R_v = \frac{L}{C \cdot Z_{res}}$$

R – serie:

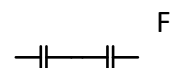
$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3$$



C - serie

$$C_{ges} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

$$C_1 = \frac{1}{\frac{1}{C} - \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3} - \dots - \frac{1}{C_n}}$$



$$X_{C_{ges}} = X_{C_1} + X_{C_2} + X_{C_3} + \dots + X_{C_n}$$

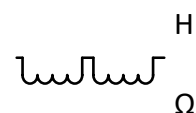
$$U_1 = \frac{C_2 \cdot U}{C_2 + C_1}$$

$$U_2 = \frac{C_1 \cdot U}{C_1 + C_2}$$

L serie

$$L_{ges} = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

$$X_{L_{ges}} = X_{L_1} + X_{L_2} + \dots + X_{L_n}$$



RC-serie - Schaltung:

$$Z \rightarrow \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

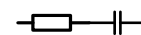
$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X_C^2}$$

$$U_{ges} = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$$

$$U_C = \sqrt{U_{ges}^2 - U_R^2}$$

$$U_R = \sqrt{U_{ges}^2 - U_C^2}$$



$$f_{gr} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

Grenzfrequenz von Tiefpass in

Hz

Formeln für die Funkamateurlprüfung

RL-serie - Schaltung:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X_L^2}$$

$$U_{ges} = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$$

$$U_L = \sqrt{U_{ges}^2 - U_R^2}$$

$$U_R = \sqrt{U_{ges}^2 - U_L^2}$$

RLC – serie – Schaltung:

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

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

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

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot l$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad U_{ges} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

Kapazitiver Blindwiderstand:

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} \quad f = \frac{1}{X_C \cdot 2\pi \cdot C}$$

induktiver Blindwiderstand:

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

Drehkondensator, Variometer

$$f_u^2 \cdot C_e = f_o^2 \cdot C_a \quad f_u^2 \cdot L_e = f_o^2 \cdot L_a$$

$$f_o = \sqrt{\frac{C_e}{C_a} \cdot f_u^2}$$

$$f_u = \sqrt{\frac{C_a}{C_e} \cdot f_o^2}$$

$$f_v = \frac{f_o}{f_u} = \sqrt{\frac{C_e}{C_a}} = \sqrt{\frac{L_e}{L_a}}$$

$$f_v^2 = \frac{C_e}{C_a} = \frac{L_e}{L_a}$$

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

$$C_p = \frac{f_u^2 \cdot C_e - f_o^2 \cdot C_a}{f_o^2 - f_u^2}$$

Parallel – Kondensator zum Drehkondensator

$$f_u^2 \cdot (C_e + C_p) = f_o^2 \cdot (C_a + C_p)$$

$$f_v = \frac{f_o}{f_u} = \sqrt{\frac{C_e + C_p}{C_a + C_p}}$$

$$f_v^2 = \frac{C_e + C_p}{C_a + C_p} = C_{vere}$$

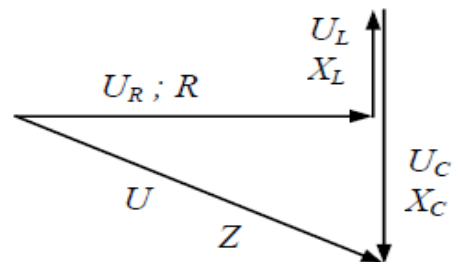
$$C_p = \frac{C_e - C_{vere} \cdot C_a}{C_{vere} - 1}$$

$$C_{vere} = f_v^2 = \left(\frac{f_o}{f_u}\right)^2$$

Spezialfall wenn $f_o = 2 \cdot f_u$ dann ist $C_e + C_p = 4 \cdot (C_a + C_p)$

$$C_p = \frac{C_e - 4 \cdot C_a}{3}$$

$$U = Z \cdot I$$



U Wechselfspannung
Z Impedanz/Scheinwiderstand
X Blindwiderstand

f_u untere Grenzfrequenz Hz
 f_o obere Grenzfrequenz Hz

C_a Anfangskapazität (ausgedreht) F
 C_e Endkapazität (eingedreht) F
 ΔC Veränderbare Kapazität (Anfang – Ende)

f_v Frequenzverhältnis f_o zu f_u
 L_a Anfangsinduktivität H
 L_e Endinduktivität H

C_{vere} C Verhältnis erforderlich

C_p Parallelkondensator zu LC F

Formeln für die Funkamateurlprüfung

Periodendauer Schwingkreis

$$t = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

Resonanzfrequenz Schwingkreis LC bei $X_L=X_C$:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad f_{res} = b \cdot Q = \frac{f_o + f_u}{2} \quad C = \frac{1}{(2\pi \cdot f_{res})^2 \cdot L} \quad L = \frac{1}{(2\pi \cdot f_{res})^2 \cdot C}$$

Bandbreite:

$$b = \frac{f_{res}}{Q} = \frac{R_v}{2\pi \cdot L} = f_o - f_u \quad R_v = 2\pi \cdot L \cdot b$$

Güte:

$$Q = \frac{f_{res}}{b} = \frac{f_o + f_u}{2 \cdot (f_o - f_u)} = \frac{1}{d}$$

Güte Parallelschwingkreis: $Z_{res}=R_p=R_{res}$

$$Q = \frac{Z_{res}}{X_L} = \frac{Z_{res}}{X_C} = \frac{R_p}{X_L} = R_p \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$$

Güte Serieschwingkreis: $Z_{res}=R_v=R_{res}$

$$Q = \frac{X_L}{R_v} = \frac{\omega L}{R_v} = \frac{1}{R_v} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{X_C}{R_v} = \frac{1}{R_v \omega C}$$

Wellenlänge / Frequenz:

$$f [kHz] = \frac{300'000}{\lambda}$$

$$f [MHz] = \frac{300}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{300}{f [MHz]}$$

t	= Periodendauer	1/f	s
f _{res}	= Resonanzfrequenz	Hz	
L	= Induktivität		H
C	= Kapazität		F
b	= Bandbreite		Hz
Q	= Güte		-
f _u	= untere Grenzfrequenz		Hz
f _o	= obere Grenzfrequenz		Hz
d	= λ Dämpfung		
Z _{res}	= Impedanz bei Resonanz		Ω
R _{res}	= Resonanzwiderstand		Ω
R _p	= LC-Parallel - Ersatzwiderstand		Ω
R _v	= Verlustwiderstand Spule LC-Serie		Ω
λ	= Wellenlänge/Lambda		m

Formeln für die Funkamateurlprüfung

Grenz – Frequenz Tiefpass

RC-Glied

$$f_{\text{Grenz}} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot f_{\text{Grenz}}}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot f_{\text{Grenz}}}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{X_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

LR-Glied

$$f_{\text{Grenz}} = \frac{R}{2\pi \cdot L}$$

$$L = \frac{R}{2\pi \cdot f_{\text{Grenz}}}$$

$$R = 2\pi \cdot L \cdot f_{\text{Grenz}}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

Grenz – Frequenz Hochpass

CR-Glied

$$f_{\text{Grenz}} = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

$$R = \frac{1}{2\pi \cdot C \cdot f_{\text{Grenz}}}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot f_{\text{Grenz}}}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

RL-Glied

$$f_{\text{Grenz}} = \frac{R}{2\pi \cdot L}$$

$$L = \frac{R}{2\pi \cdot f_{\text{Grenz}}}$$

$$R = 2\pi \cdot L \cdot f_{\text{Grenz}}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

SWR:

$$SWR = \frac{U_v + U_r}{U_v - U_r}$$

$$U_v = U_r \cdot \frac{(SWR+1)}{(SWR-1)}$$

$$U_r = U_v \cdot \frac{(SWR-1)}{(SWR+1)}$$

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

$$P_v = P_r \cdot \frac{(VSWR+1)^2}{(VSWR-1)^2}$$

$$P_r = P_v \cdot \frac{(VSWR-1)^2}{(VSWR+1)^2}$$

SWR oder VSWR -> Stehwellenverhältnis oder voltage standing wave ratio

$$SWR = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}} = \frac{R_{\text{Antenne}}}{Z_{\text{Leitung}}} \dots \text{wenn } R_A \geq Z_L$$

$$SWR = \frac{U_{\text{max}}}{U_{\text{min}}} = \frac{Z_{\text{Leitung}}}{R_{\text{Antenne}}} \dots \text{wenn } R_A \leq Z_L$$

SWR	Pr
1:1	0%
1:1,5	4%
1:2	11%
1:3	25%
1:5	44%
1:10	67%

Formeln für die Funkamateurlprüfung

Verstärkung:

$$v = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_1 = \frac{P_2}{10^{\frac{v}{10}}}$$

$$P_2 = 10^{\frac{v}{10}} \cdot P_1$$

$$v = 20 \cdot \log \frac{U_2}{U_1}$$

$$U_1 = \frac{U_2}{10^{\frac{v}{20}}}$$

$$U_2 = 10^{\frac{v}{20}} \cdot U_1$$

Dämpfung:

$$a = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1}{10^{\frac{a}{10}}}$$

$$P_1 = 10^{\frac{a}{10}} \cdot P_2$$

$$a = 20 \cdot \log \frac{U_1}{U_2}$$

$$U_2 = \frac{U_1}{10^{\frac{a}{20}}}$$

$$U_1 = 10^{\frac{a}{20}} \cdot U_2$$

Feldstärke:

$$E_1 = \frac{U}{d_1}$$

$$E_1 \cdot d_1 = E_2 \cdot d_2$$

$$d_2 = \frac{E_1}{E_2} \cdot d_1$$

$$d_1 = \frac{E_2}{E_1} \cdot d_2$$

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

$$E = 7 \cdot \frac{\sqrt{P}}{d}$$

$$d = \frac{7 \cdot \sqrt{P}}{E}$$

$$P = \frac{E^2}{49} \cdot d^2 = \left(\frac{E \cdot d}{7}\right)^2$$

E	=	Feldstärke	V/m
U	=	Spannung an Platten/ Leiter	V
d	=	Abstand der Platten / Leiter	m
Z ₀	=	Feldwellenwiderstand im freien Raum	Ω
r	=	Radius (Entfernung von der Sendeantenne)	m
P _{str}	=	Strahlungsleistung der Anlage	W

Wellenwiderstand:

$$Z_W = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$C = \frac{L}{Z^2}$$

$$L = Z^2 \cdot C$$

L	=	Kurschluss Induktivität des Kabels	H
C	=	Leerlauf Kapazität des Kabels	F
Z _w	=	Wellenwiderstand	Ω

$$Z = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2}$$

$$\text{Anpassung } \lambda/4 \text{ Q-Match} = Z_W = \sqrt{R_1 \cdot R_2}$$

Gesamtimpedanz zweier Antennen	Ω
--------------------------------	---

Formeln für die Funkamateurlprüfung

CW:

$$b_{CW} = \frac{5 \cdot Wpm}{1.2} = \frac{Zpm}{1.2}$$

AM:

$$m = \frac{\hat{u}_{NF}}{\hat{u}_{HF}} \cdot 100\%$$

$$b_{AM} = 2 \cdot f_{NFmax}$$

FM:

$$m = \frac{\Delta f}{f_{NFmax}}$$

$$b_{FM} \approx 2 \cdot (\Delta f + f_{NFmax})$$

$$b_{FM} = 2 \cdot f_{mod} + 2f_{hub} = 2 \cdot (m + 1) \cdot f_{NF}$$

SSB:

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

$$PEP = \frac{U_{eff}^2}{R} = \frac{U_{Peak}^2}{2 \cdot R} \quad R = \frac{U_{eff}^2}{PEP}$$

RTTY:

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

Spiegelfrequenz:

$$f_{Sp} = f_e + 2 \cdot f_z \quad \text{wenn } f_o \text{ grösser } f_e$$

$$f_{Sp} = f_e - 2 \cdot f_z \quad \text{wenn } f_o \text{ kleiner } f_e$$

$$f_{Osz} = f_e + f_z = f_{Sp} - f_z$$

$$f_z = f_{Osz} - f_e = f_{Sp} - f_{Osz} = \frac{f_{Sp} - f_e}{2}$$

$$f_e = f_{Osz} - f_z = f_{Sp} - 2 \cdot f_z$$

b_{CW}	= Bandbreite CW	Hz
Wpm	= Words per minute (Paris-Norm)	
Zpm	= Zeichen pro Minute	
m	: Modulationsgrad	%
\hat{u}_{HF}	: Spitzenwert der unmodulierten Trägerspannung	V
\hat{u}_{NF}	: Spitzenwert der Amplitude	V

m	= Modulationsgrad = Index	
Δf	= Frequenzhub (Amplitude des NF Sign)	Hz
b_{FM}	= Bandbreite FM	Hz
f_{NFmax}	= höchste Signalfrequenz (NF)	Hz
Der Frequenzhub bestimmt die Lautstärke. Die Zahl der Frequenzänderungen um den Nennwert pro Sekunde bestimmt die Tonhöhe.		

PEP = Peak Envelope Power		
Durchschnittsleistung während einer Periode der HF-Schwingung bei der höchsten Spitze der Modulationshüllkurve		
U_{Peak}	= U_s	V

$$U_{eff} = \sqrt{R \cdot PEP}$$

b_{RTTY}	= Bandbreite RTTY (radio teletype)	Hz
Baud	= Symbolrate, Symbole pro Sekunde	Bd
Δf	= Frequenzversatz (Shift) bei FSK oder AFSK, typisch $\Delta f = 170$ Hz	Hz

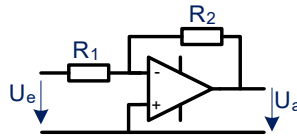
f_{Sp}	= Spiegelfrequenz	Hz
f_e	= eingestellte Empfangsfrequenz	Hz
f_{Osz}	= Frequenz des Oszillators bei f_e	Hz
f_z	= Zwischenfrequenz	Hz

Formeln für die Funkamateurlprüfung

Operationsverstärker:

Invertierende OpAmp

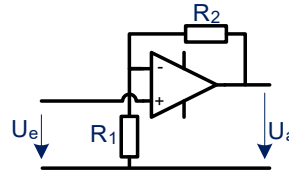
$$v = \frac{R_2}{R_1} = \frac{U_a}{U_e}$$



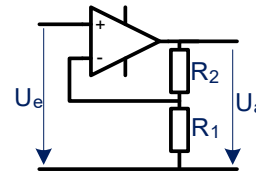
v	= Verstärkungsfaktor	
U _a	= Ausgangsspannung	V
U _e	= Eingangsspannung	V
R	= Widerstand	Ω

Nicht Invertierende OpAmp

$$v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

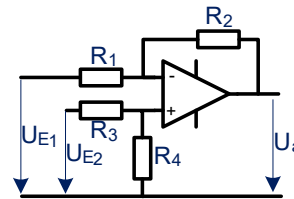


$$U_a = U_e \cdot v$$



Differenzverstärker / Subtrahierer

$$U_a = U_{E2} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} - U_{E1} \cdot \frac{R_2}{R_1}$$



Zenerdiode:

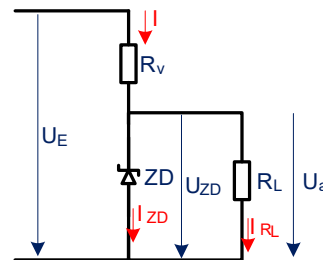
$$R_{Vmin} = \frac{U_{Emax} - U_Z}{I_{Zmax} + I_{Lmin}}$$

$$R_{Vmax} = \frac{U_{Emin} - U_Z}{I_{Zmin} + I_{Lmax}}$$

$$R_V = \frac{R_{Vmax} - R_{Vmin}}{2}$$

$$P_{ZD} = U_{ZD} \cdot I_{ZDmax}$$

$$I = I_{ZD} + I_{RL}$$



Formeln für die Funkamateurlprüfung

Röhren:

Verstärkungsfaktor: $\mu = \frac{\Delta U_a}{\Delta U_g}$ (bei $I_a = \text{const}$) $\mu = S \cdot R_i$

Innerer Widerstand: $R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a}$ (bei $U_a = \text{const}$) $R_i = \frac{1}{D \cdot S} = \frac{\mu}{S}$

Steilheit: $S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_g}$ (bei $U_a = \text{const}$) $S = \frac{1}{D \cdot I} = \frac{\mu}{R_i}$

Durchgriff: $D = \frac{\Delta U_g}{\Delta U_a}$ (bei $I_a = \text{const}$) $D = \frac{1}{S \cdot R_i}$

$D \cdot S \cdot R_1 = 1$ Barkausche Formel

Grundformeln:

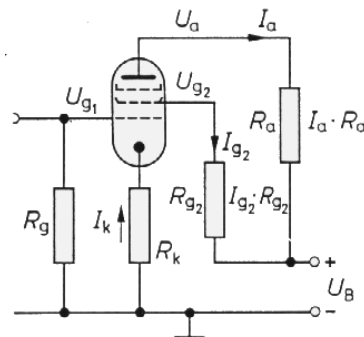
$$I_k = I_a + I_{g2} = \frac{U_{g1}}{R_k}$$

$$U_a = U_B - I_a \cdot R_a$$

$$U_{g1} = U_k = I_k \cdot R_k$$

$$U_{g2} = U_B - I_{g2} \cdot R_{g2} - U_{g1} = I_k \cdot R_k$$

$$R_k = \frac{U_{g1}}{I_a + I_{g2}} = \frac{U_{g1}}{I_k}$$



Schirmgitter-Spannungsteiler:

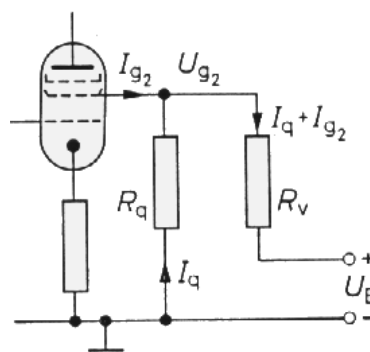
$$U_{g2} = I_q \cdot R_q = U_B - U_v$$

$$U_v = R_v (I_q + I_{g2})$$

$$\frac{U_{g2}}{U_B} = \frac{R_q}{R_q + R_v}$$

$$R_v = \frac{U_B - U_{g2}}{I_q + I_{g2}}$$

$$R_q = \frac{U_{g2}}{I_q}$$



I_a = Anodenstrom	mA
I_{g2} = Schirmgitterstrom	mA
I_k = Kathodenstrom	mA
U_B = Betriebsspannung	V
U_a = Anodenspannung	V
U_{g2} = Schirmgitterspannung	V
U_{g1} = Gittervorspannung	V
R_a = Anodenwiderstand	k Ω
R_{g2} = Schirmgitterwiderstand	k Ω
R_k = Katodenwiderstand	k Ω

R_v = Vorwiderstand	k Ω
R_q = Querwiderstand	k Ω
I_{g2} = Schirmgitterstrom	mA
I_q = Querstrom	mA
U_v = Spannung an R_v	V

Formeln für die Funkamateurlprüfung

Transistor:

Gleichstromverstärkung:

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

$$I_C = B \cdot I_B$$

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

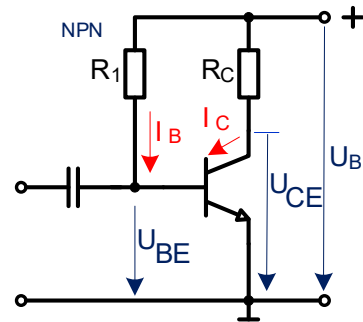
Arbeitspunkteinstellung:

$$R_1 = \frac{U_B - U_{BE}}{I_B}$$

$$R_C = \frac{U_B - U_{CE}}{I_C}$$

$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{I_E}{B+1}$$

$$I_E = I_B \cdot (B + 1)$$



Basisspannungsteiler:

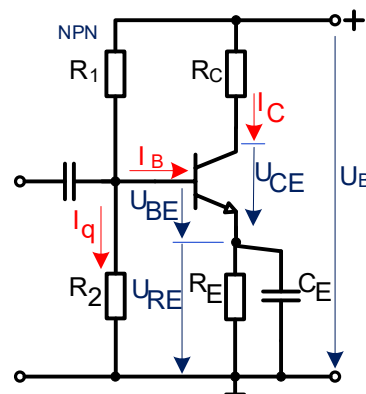
$$R_C = \frac{U_B - U_{CE} - U_{RE}}{I_C}$$

$$R_1 = \frac{U_B - U_{BE} - U_{RE}}{I_q + I_B}$$

$$R_2 = \frac{U_{BE} + U_{RE}}{I_q}$$

$$I_q \approx 2 \cdot I_B \text{ bis } 10 \cdot I_B$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_C + I_B} \approx \frac{U_{RE}}{I_C}$$



Symbole	Englisch	Untere Grenze	Obere Grenze	Metrische Unterteilung	Abkürzung	Bereichsnummer
VLF	Very low Frequency	3 kHz	30 kHz	Myriameterwellen (Längstwellen)	B.Mam	4
LF	Low frequency	30 kHz	300 kHz	Kilometerwellen (Langwellen)	B.km	5
MF	Middle frequency	300 kHz	3 MHz	Hektometerwellen (Mittelwellen)	B.hm	6
HF	High frequency	3 MHz	30 MHz	Dekameterwellen (Kurzwellen)	B.dam	7
VHF	Very high frequency	30 MHz	300 MHz	Meterwellen (Ultrakurzwellen)	B.m	8
UHF	Ultra high frequency	300 MHz	3 GHz	Dezimeterwellen	B.dm	9
SHF	Super high frequency	3 GHz	30 GHz	Zentimeterwellen	B.cm	10
EHF	Extremely high frequency	30 GHz	300 GHz	Milimeterwellen	B.mm	11
		300 GHz	3000 GHz	Dezimeterwellen		12

Formeln für die Funkamateurrprüfung

International festgelegte Vorsätze

Zahl	Zehner-Potenz	Bezeichnung	Abkürzung	Beispiel
1 000 000 000 000 = 1 Billion	= 10^{12}	Tera	T	$10^{12} \Omega = 1T\Omega$
1 000 000 000 = 1 Milliarde	= 10^9	Giga	G	$10^9 \text{ H} = 1\text{GHz}$
1 000 000 = 1 Million	= 10^6	Mega	M	$10^6 \Omega = 1M\Omega$
1 000 = 1 Tausend	= 10^3	Kilo	k	$10^3 \text{ g} = 1\text{kg}$
100 = 1 Hundert	= 10^2	Hekto	h	$10^2 \text{ l} = 1\text{hl}$
10 = 1 Zehn	= 10^1	Deka	da	$10^1 \text{ g} = 1\text{dag}$
1 = 1 Eins	= 10^0			
1/10 = 1 Zehntel	= 10^{-1}	Dezi	d	$10^{-1}\text{m} = 1\text{dm}$
1/100 = 1 Hundertstel	= 10^{-2}	Zenti	c	$10^{-2}\text{m} = 1\text{cm}$
1/1000 = 1 Tausendstel	= 10^{-3}	Milli	m	$10^{-3}\text{V} = 1\text{mV}$
1/1000 000 = 1 Millionstel	= 10^{-6}	Mikro	μ	$10^{-6}\text{H} = 1\mu\text{H}$
1/1000 000 000 = 1 Milliardstel	= 10^{-9}	Nano	n	$10^{-9}\text{A} = 1\text{nA}$
1/1000 000 000 000 = 1 Billionstel	= 10^{-12}	Pico	p	$10^{-12}\text{F} = 1\text{pF}$

SI - Basiseinheiten

Basisgrössen	Formelzeichen	Einheiten	Zeichen
Länge	l	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde	s
Stromstärke	I	Ampère	A
Temperatur	T	Kelvin	K
Stoffmenge	η	Mol	mol
Lichtstärke	I_v	Candela	cd

Abgeleitete MKSA - Einheiten

Grösse	Formelzeichen	Masseinheit	Abk. der Einheit
Ladung	Q	Coulomb	$C = \text{As}$
Spannung	U	Volt	V
Leistung	P	Watt	$W = \text{VA}$
El. Feldstärke	E	Volt pro Meter	V/m
Magn. Feldstärke	H	Ampère pro Meter	A/m
Frequenz	F	Hertz	$\text{Hz} = 1/\text{s}$
Widerstand	R	Ohm	$\Omega = \text{V/A}$
Leitwert	G	Siemens	$S = 1/\Omega$
Kapazität	C	Farad	$F = \text{As/V}$
Induktivität	L	Henry	$\text{H} = \text{Vs/A}$