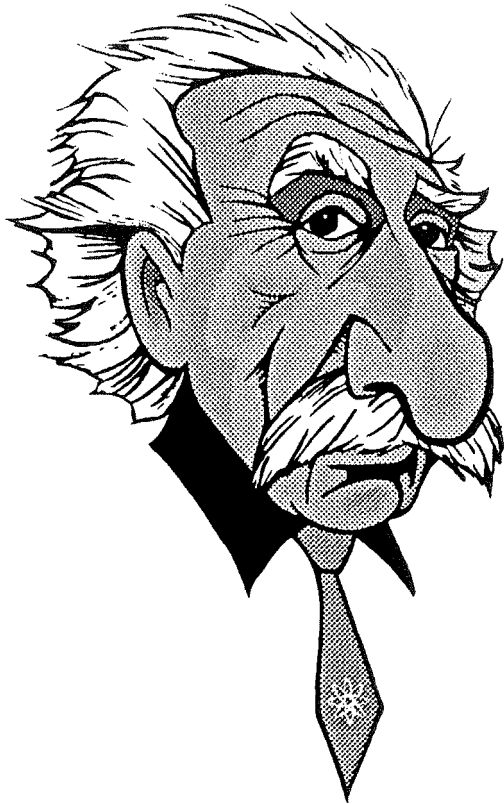


FORMELSAMMLUNG

für

Uhrmacher-Rhabilleur und Uhrmacher-Mikroelektroniker



$$E = m \cdot c^2$$

Editorial

Informationen müssen, damit sie verfügbar sind, am richtigen Ort gespeichert werden. Einiges ist im Gedächtnis, anderes im Computer oder in Büchern abgelegt. Je nach Art der Information, sollte sie im geeigneten Medium sein. Formeln die für das berufliche Rechnen gebraucht werden, findet man am zweckmässigsten in Formelbüchern.

Die Schüler im zeit zentrum werden angehalten ihre eigene Sammlung zu erstellen. Dabei entstehen oft Fehler und Ungenauigkeiten. Diesem Missstand will die vorliegende Sammlung $E = m \cdot c^2$ entgegen wirken. Zwei ehemalige, engagierte Schüler haben in akribischer Arbeit alle notwendigen Formeln für den Berufskundeunterricht der Uhrmacherlehrlinge zusammen gestellt. Der klare logische Aufbau, die Auflösungen nach verschiedenen Variablen machen diese Sammlung zu einem wertvollen Unterrichtsinstrument.

Als Fachlehrer hoffe ich sehr, dass künftig die Klausuren-schnitte dank $E = m \cdot c^2$ gehoben werden können.

Aber Vorsicht, keineswegs kann $E = m \cdot c^2$ den Schüler von einem seriösen Studium des Fachrechnens entbinden.

Peter Walter
Fachlehrer am zeit zentrum

Eine Bitte der Autoren!

Das Dir vorliegende Formelbuch wurde in mühsamer und aufwendiger Arbeit zusammengetragen und geschrieben. Wir bieten Dir damit ein vollständiges und sauberes Nachschlagewerk für Uhrmacher. **Also sei bitte so fair und kopiere diese Formelsammlung nicht,** Du kannst sie bei der untenstehenden Adresse für nur Fr. 50.-- (exkl. Ordner und Mäppchen) bestellen. Vielen Dank für Deine Fairness.

Was, Du findest es fehlen Formeln?

Wenn Du neue oder bessere Formeln, oder sogar einen Fehler entdeckt hast, dann schick sie doch bitte an die untenstehende Adresse. So können wir die Sammlung immer auf dem neuesten Stand halten. Auch für andere Anregungen und Kritik sind wir offen.

Wir danken:

Hans-Ruedi Iselin für die grossartige Unterstützung, Peter Walter für Durchsicht der Formeln, Rudolf „Fito“ Plüer fürs Ausprobieren und die Hilfe und allen anderen, die in irgendeiner Weise zum Gelingen beigetragen haben.

Die Autoren:



Pascal Mages



Michael Dubs

Kontaktadresse:

Pascal Mages, Bahnhofstr. 12, 8575 Bürglen, Tel: 071 633 26 87
pmages@spectraweb.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Fachkunde

- 1.1. Allgemeine Formeln
- 1.2. Gewichtsaufzüge
- 1.3. Zugfeder
- 1.4. Räderwerk
- 1.5. Hemmung
- 1.6. Pendel

2. Elektrotechnik

- 2.1. Grundformeln
- 2.2. Grundsaltungen
- 2.3. Leistung, Arbeit und Energie
- 2.4. Elektrisches Feld
- 2.5. Magnetismus
- 2.6. Wechselstrom
- 2.7. Elektronik
- 2.8. Symbole

3. Mechanik

- 3.1. Geschwindigkeit
- 3.2. Der freie Fall
- 3.3. Beschleunigung, Verzögerung
- 3.4. Die Dichte
- 3.5. Die Kräfte
- 3.6. Drehmoment
- 3.7. Hebelgesetz
- 3.8. Arbeit
- 3.9. Leistung

4. Geometrie

- 4.1. Flächen, Umfang, Seiten, Diagonalen
- 4.2. Volumen, Oberfläche, Körperdiagonale

5. Trigonometrie

- 5.1. Grundfunktionen für rechtwinkliges Dreieck
- 5.2. Winkelsätze für allgemeines Dreieck

6. Qualitätskontrolle

1. Fachkunde

1.1. Allgemeine Formeln:

Das Drehmoment M :

$M = F \cdot l$	Drehmoment in [Nmm]
$F = \frac{M}{l}$	Antriebskraft in [N]
$l = \frac{M}{F}$	Hebelarm in [mm]

Reibungskoeffizient α :

$$\tan \alpha = \frac{a}{b}$$

Die Zugspannung σ :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Zugspannung in [} N/mm^2 \text{]}$$

Sicherheitskoeffizient η :

$$\eta = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{eff}}}$$

Die Fallhöhe des Gewichtes h :

- einfacher Gewichtsauzug

$$h = L \quad \text{Fallhöhe in [} mm \text{]}$$

- einfacher Flaschenzug

$$h = \frac{L}{2} \quad \text{Fallhöhe in [} mm \text{]}$$

Schnurlänge L :

$$L = n \cdot D \cdot \pi$$
$$\Rightarrow L = n \cdot (D + d) \cdot \pi$$

Schnurlänge in [mm]

Umdrehungszahl n :

$$n = \frac{l}{d}$$

Länge des Gewicht bei gegebenem Material und Durchmesser

$$l = \frac{4 \cdot m}{D^2 \cdot \pi \cdot \sigma}$$

Länge des Gewicht in [cm]

D = Durchmesser in [cm] σ = spezifisches Gewicht in [g/cm^3]

m = Masse in [g]

1.2. Gewichtsaufzüge:

Der einfache Gewichtsaufzug:

$M = m \cdot g \cdot (R + r)$	Drehmoment in [Nm]
$m = \frac{M}{g \cdot (R + r)}$	Masse in [kg]
$g = \frac{M}{m \cdot (R + r)}$	Fallbeschleunigung in [m/s ²]
$R = \frac{M}{m \cdot g} - r$	Walzenradius in [mm]
$r = \frac{M}{m \cdot g} - R$	Schnurradius in [mm]
$F_G = m \cdot g$	Gewichtskraft in [N]

Gewichtsaufzug mit Gegengewicht:

$M = g \cdot (m_1 - m_2) \cdot (R + r)$	Drehmoment in [Nm]
$g = \frac{M}{(m_1 - m_2) \cdot (R + r)}$	Fallbeschleunigung in [m/s ²]
$m_1 = \frac{M}{g \cdot (R + r)} + m_2$	Hauptmasse in [kg]
$m_2 = \frac{-M}{g \cdot (R + r)} + m_1$	Gegenmasse in [kg]
$R = \frac{M}{g \cdot (m_1 - m_2)} - r$	Walzenradius in [mm]
$r = \frac{M}{g \cdot (m_1 - m_2)} - R$	Schnurradius in [mm]
$F_g - F_{GG} = g \cdot (m_1 - m_2)$	gesamte Gewichtskraft in [N]

Einfacher Flaschenzug:

$M = \frac{m \cdot g}{2} \cdot (R+r)$	Drehmoment in [Nm]
$m = \frac{2 \cdot M}{g \cdot (R+r)}$	Masse in [kg]
$g = \frac{2 \cdot M}{m \cdot (R+r)}$	Fallbeschleunigung in [m/s ²]
$R = \frac{2 \cdot M}{m \cdot g} - r$	Walzenradius in [mm]
$r = \frac{2 \cdot M}{m \cdot g} - R$	Schnurradius in [mm]
$F_G = m \cdot g$	Gewichtskraft in [N]

Endlosschnuraufzug nach Huygens:

$M = \frac{g \cdot (m_1 - m_2)}{2} \cdot (R+r)$	Drehmoment in [Nm]
$g = \frac{2 \cdot M}{(m_1 - m_2) \cdot (R+r)}$	Fallbeschleunigung in [m/s ²]
$m_1 = \frac{2 \cdot M}{g \cdot (R+r)} + m_2$	Hauptmasse in [kg]
$m_2 = \frac{-2 \cdot M}{g \cdot (R+r)} + m_1$	Gegenmasse in [kg]
$R = \frac{2 \cdot M}{g \cdot (m_1 - m_2)} - r$	Walzenradius in [mm]
$r = \frac{2 \cdot M}{g \cdot (m_1 - m_2)} - R$	Schnurradius in [mm]
$F_g - F_{GG} = g \cdot (m_1 - m_2)$	gesamte Gewichtskraft in [N]
$F_G = \frac{2 \cdot M}{(R+r)} + F_{GG}$	Gewichtskraft in [N]
$F_{GG} = \frac{2 \cdot M}{(R+r)} - F_G$	Gegengewichtskraft in [N]

1.3. Zugfederberechnungen:

Federentwicklung: (an der LAP nicht erlaubt)

Praktische Entwicklung (Umdrehungen Federhaus)	Theoretische Entwicklung (Rechnungswert)
$n < 5$	$n + 1$
$n = 5 - 9$	$n + 1,5$
$n > 9$	$n + 2$

Kerndurchmesser d :

- Stahlfeder

$$28 \cdot e \leq d \leq 32 \cdot e$$

- legierte Feder (unzerbrechlich)

$$d = 20 \cdot e \quad \text{Federkerndurchmesser in [mm]}$$

Höhe der Zugfeder h_z :

$h_b = H - (e_c + e_f)$	Innenhöhe des Federhauses in [mm]
$H = h_b + e_c + e_f$	Totalhöhe des Federhauses in [mm]
$e_c = h_b + e_f - H$	Dicke des Federhausdeckels in [mm]
$e_f = h_b + e_c - H$	Dicke der Federhaustrommel in [mm]

- Grossuhren:

$$h_z = \frac{h_b \cdot 100}{103} \quad \text{Höhe der Feder in [mm]}$$

Runden auf 1 mm

Spiel: min. 0,2 max. 1,0 mm

- Taschen- und Armbanduhren:

$$h_z = \frac{h_b \cdot 100}{110} \quad \text{Höhe der Feder in [mm]}$$

Runden auf 0,01 mm

Spiel: min. 0,1 max. 0,2 mm

Verhältniszahl zur Berechnung von f_L und f_e :

$f_B = \frac{d}{D}$	Faktor aus Diagramm fig. 11
$d = f_B \cdot D$	Federkerndurchmesser in [mm]
$D = \frac{d}{f_B}$	Trommelinnendurchmesser in [mm]

Dicke anhand Diagramm fig. 10:

$e = D \cdot f_e$	Federdicke in [mm]
$D = \frac{e}{f_e}$	Trommelinnendurchmesser in [mm]
$f_e = \frac{e}{D}$	Faktor aus Diagramm fig. 10

Runden auf 0,01

Länge anhand Diagramm fig. 11:

$L = D \cdot f_L$	Federlänge in [mm]
$D = \frac{L}{f_L}$	Trommelinnendurchmesser in [mm]
$f_L = \frac{L}{D}$	Faktor aus Diagramm fig. 11

Faktor K zur Berechnung von $f_{L_{tot}}$ in Diagramm fig. 12:

$K = \frac{d}{e}$	Faktor aus Diagramm fig. 12
$d = K \cdot e$	Federkerndurchmesser in [mm]
$e = \frac{d}{K}$	Federdicke in [mm]

Optimierte Länge:

$L_{tot} = L \cdot f_{L_{tot}}$	optimierte Länge in [mm]
$L = \frac{L_{tot}}{f_{L_{tot}}}$	Federlänge in [mm]
$f_{L_{tot}} = \frac{L}{L_{tot}}$	Faktor aus Diagramm fig. 12

Federlänge anhand der Formel:

$L = \pi \cdot \frac{R^2 - r^2}{2 \cdot e}$	Federlänge in [mm]
$R = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot L}{\pi} + r^2}$	Trommelradius in [mm]
$r = -\sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot L}{\pi} - R^2}$	Federkernradius in [mm]
$e = \frac{\pi \cdot (R^2 - r^2)}{2 \cdot L}$	Federdicke in [mm]

Die optimierte Länge wird immer anhand des Diagramms fig. 12 bestimmt.

Dicke anhand der Formel:

$e = \frac{1}{n} \cdot (\sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)} - R - r)$	Federdicke in [mm]
$n = \frac{1}{e} \cdot (\sqrt{2 \cdot (R^2 + r^2)} - R - r)$	theoretische Entwicklung

Federentwicklungsumgänge

$n = \frac{1}{e} \cdot \left(\sqrt{r^2 + \frac{L_{tot} \cdot e}{\pi}} + \sqrt{R^2 - \frac{L_{tot} \cdot e}{\pi}} - R - r \right)$
--

theoretische Entwicklung

Automatischer Aufzug:

- Untersetzungsverhältnisse: (an der LAP nicht erlaubt)

einseitiger Aufzug \Rightarrow 80 - 120 : 1
zweiseitiger Aufzug \Rightarrow 140 - 160 : 1

- Wirkungsgrad:

$M_s = \frac{M_1 \cdot i \cdot \text{Wirkungsgrad}}{100}$	Drehmoment in [Nm]
---	--------------------

Batterielebensdauer:

$x = \frac{\text{Kapazität}_{[mAh]} \cdot 1000}{\text{Stromverbrauch}_{[\mu A]} \cdot 730}$	Lebensdauer in Monaten
---	------------------------

Diagramm für Dicke fig. 10

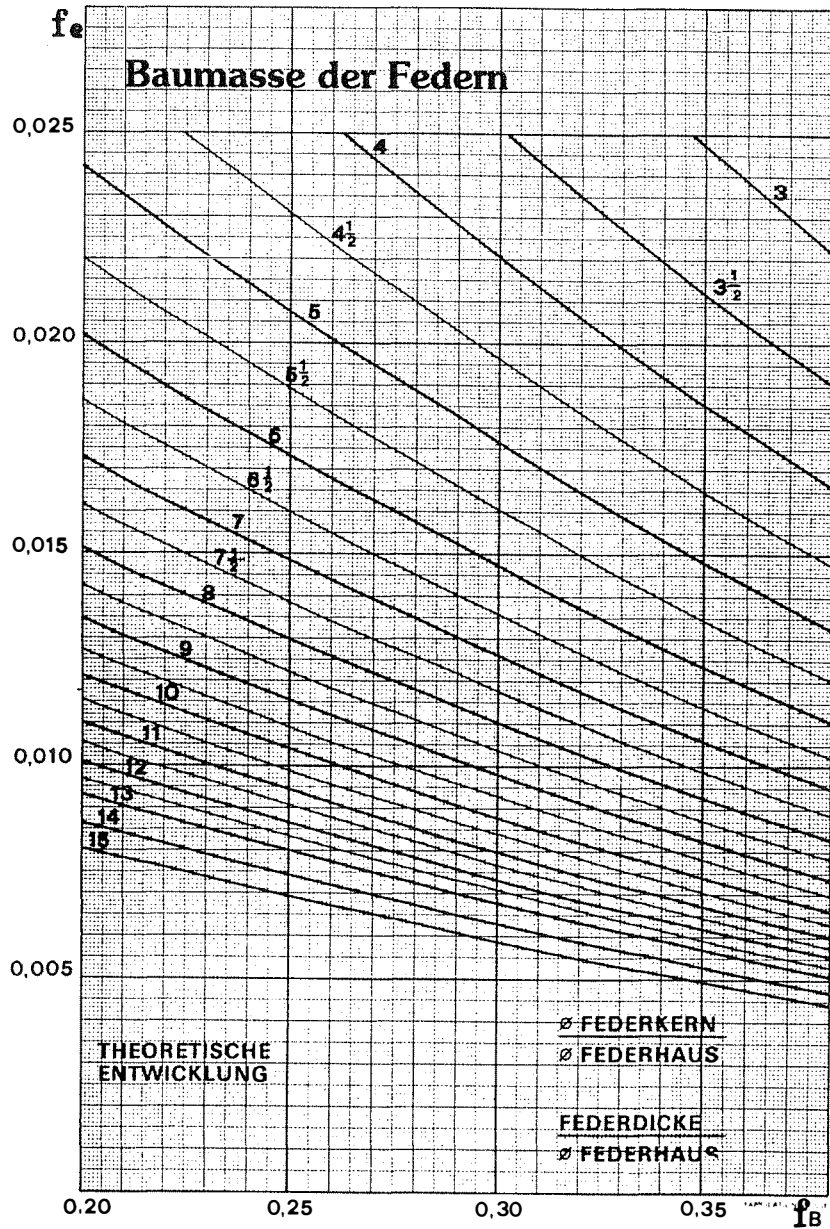


Diagramm für Länge fig. 11

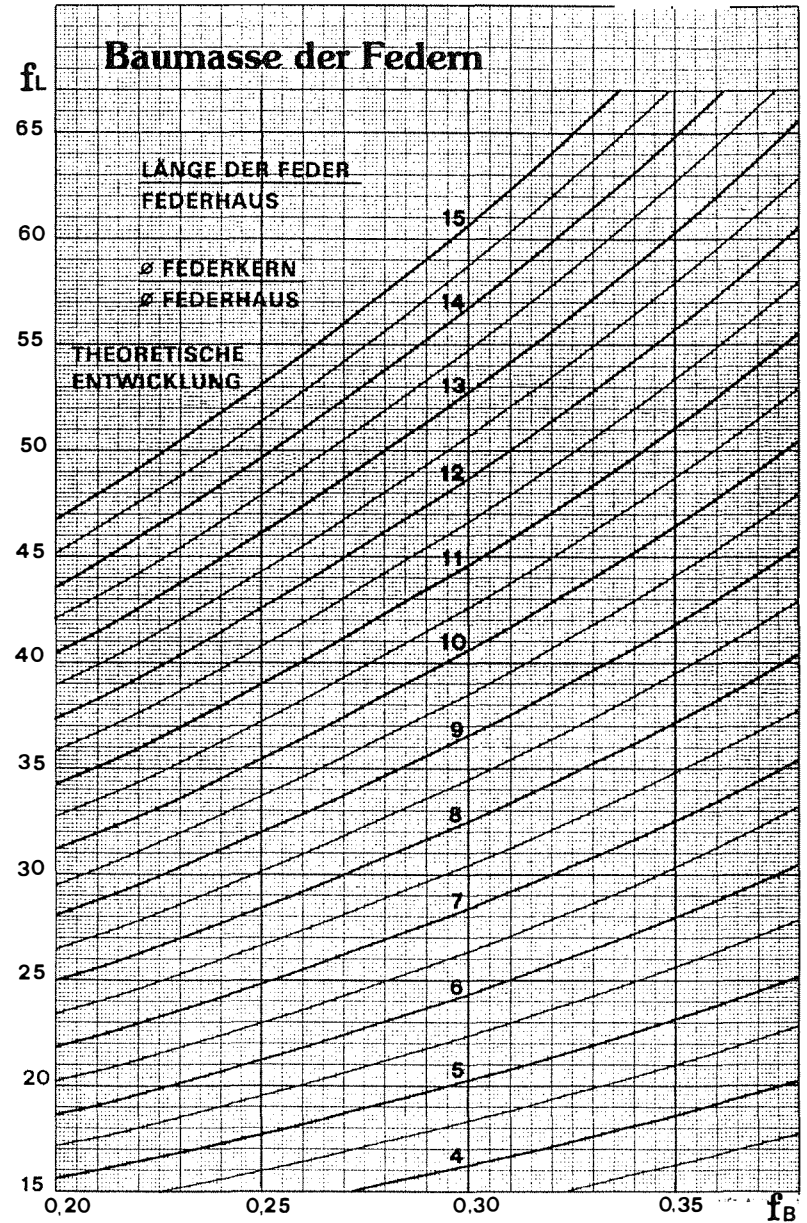


Diagramm für optimierte Länge fig. 12

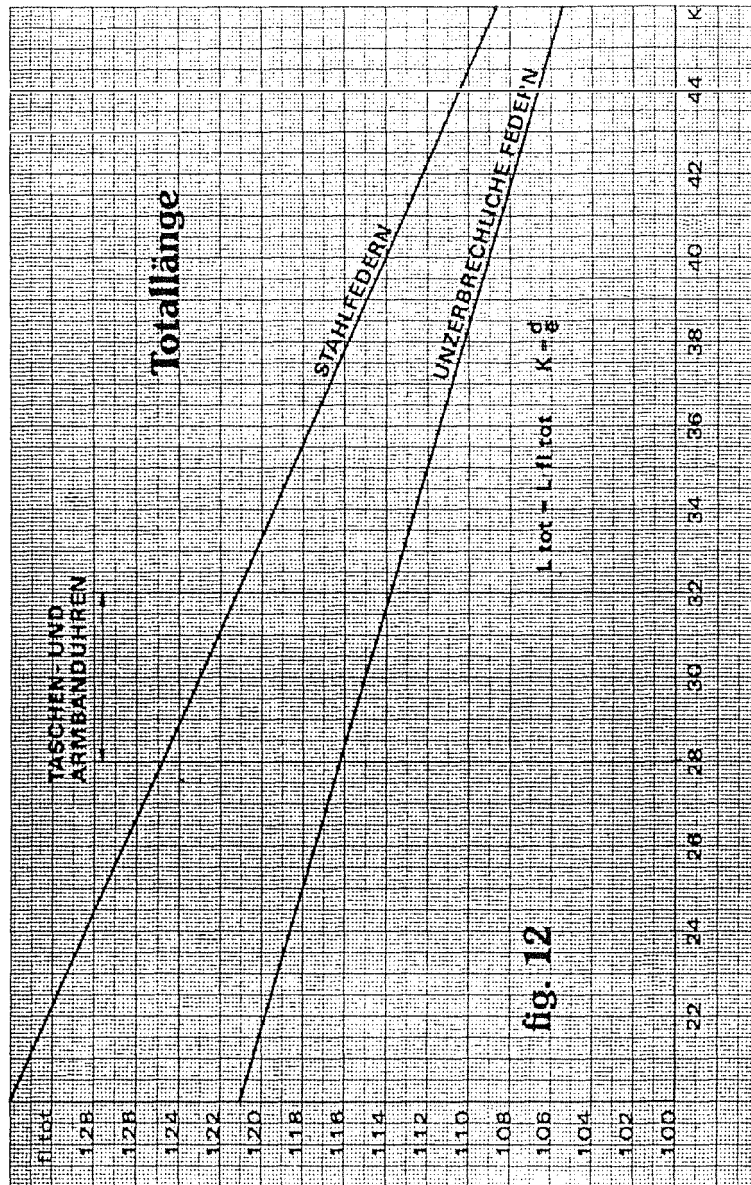


fig. 12

1.4. Räderwerk

Bekannte Drehfrequenzen:

$$n = \text{Stundenrad} \Rightarrow \frac{1}{43200} \left[\frac{1}{s} \right] \quad \text{Drehfrequenz in } [1/s]$$

$$n = \text{Minutenrad} \Rightarrow \frac{1}{3600} \left[\frac{1}{s} \right] \quad \text{Drehfrequenz in } [1/s]$$

$$n = \text{Sekundenrad} \Rightarrow \frac{1}{60} \left[\frac{1}{s} \right] \quad \text{Drehfrequenz in } [1/s]$$

Umdrehungszahl von 3 Rädern:

$$n_1 = \frac{n_3 \cdot z_2 \cdot z_3}{z_1 \cdot z_2}$$

$$n_3 = \frac{n_1 \cdot z_1 \cdot z_2}{z_2 \cdot z_3}$$

$$z_1 = \frac{n_3 \cdot z_2 \cdot z_3}{n_1 \cdot z_2}$$

$$z_2 = \frac{n_3 \cdot z_2 \cdot z_3}{n_1 \cdot z_1}$$

$$z_2 = \frac{n_1 \cdot z_1 \cdot z_2}{n_3 \cdot z_3}$$

$$z_3 = \frac{n_1 \cdot z_1 \cdot z_2}{n_3 \cdot z_2}$$

Eingriffsberechnungen: (nach NIHS)

Achsenabstand a :

$$a = m \cdot \frac{Z+z}{2} \quad \text{Achsenabstand in [mm]}$$

Modul m :

$$m = \frac{d}{Z} = \frac{2 \cdot a}{Z+z} = \frac{d_a}{Z+2h_a} \quad \text{Modul in [mm]}$$

Teilung p :

$$p = \pi \cdot m \quad \text{Teilung in [°]}$$

Teilkreisdurchmesser d :

$$d = m \cdot Z \quad \text{Teilkreisdurchmesser in [mm]}$$

Totaldurchmesser d_a :

$$d_a = m \cdot (Z + 2h_a) \quad \text{Totaldurchmesser in [mm]}$$

Der Faktor $2h_a$ muss aus der entsprechenden Tabelle entnommen werden

Fusskreisdurchmesser d_f :

$$d_f = m \cdot (Z - 2h_f) \quad \text{Fusskreisdurchmesser in [mm]}$$

Der Faktor $2h_f$ muss aus der entsprechenden Tabelle entnommen werden

Verlorene Drehteile:

$$Z_1 = \frac{2 \cdot a}{m} - Z_2 \quad \text{Zähnezahl verlorenes Rad}$$

$$Z_2 = \frac{2 \cdot a}{m} - Z_1 \quad \text{Zähnezahl verlorenes Trieb}$$

Zeigerwerk:

$\frac{n_1}{n_4} = \frac{12}{1} = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{z_1 \cdot z_3}$	Übersetzungsverhältnis 12h- Anzeige
$\frac{n_1}{n_4} = \frac{24}{1} = \frac{Z_2 \cdot Z_4}{z_1 \cdot z_3}$	Übersetzungsverhältnis 24h- Anzeige
$n_1 = n_4 \cdot \frac{Z_2 \cdot Z_4}{z_1 \cdot z_3}$	Umdrehungen Minutenrohr
$n_4 = n_1 \cdot \frac{z_1 \cdot z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$	Umdrehungen Stundenrad
$Z_4 = n_1 \cdot \frac{z_1 \cdot z_3}{n_4 \cdot Z_2}$	Zähnezahl Stundenrad
$z_1 = n_4 \cdot \frac{Z_2 \cdot Z_4}{n_1 \cdot z_3}$	Zähnezahl Minutenrohr
$Z_2 = n_1 \cdot \frac{z_1 \cdot z_3}{n_4 \cdot Z_4}$	Zähnezahl Wechselrad
$z_3 = n_4 \cdot \frac{Z_2 \cdot Z_4}{z_1 \cdot n_1}$	Zähnezahl Wechselradtrieb

Tabellen für Faktor $2h_a$:

Rad - Trieb Eingriff (für Rad im Räderwerk) NHS 56702:

Der Rapport R wird durch das Verhältnis $\frac{Z}{z}$ bestimmt!

z	R 3	R 4	R 5	R 6	R 6.5	R 7	R 7.5
6	2.52	2.56	2.58	2.60	2.61	2.62	2.62
7	2.67	2.72	2.75	2.76	-	2.78	-
8	2.80	2.86	2.90	2.92	2.93	2.94	2.94
9	2.93	2.99	3.02	3.05	-	3.07	-
10	3.05	3.11	3.14	3.17	3.18	3.19	3.20
12	3.25	3.32	3.36	3.40	3.41	3.42	3.43
14	3.44	3.51	3.56	3.60	3.61	3.62	3.63
15	3.52	3.60	3.65	3.69	-	3.71	-
16	3.60	3.69	3.73	3.78	3.79	3.80	3.81

z	R 8	R 8.5	R 9	R 9.5	R 10	R 11	R 12
6	2.63	2.63	2.63	2.64	2.64	2.65	2.65
7	2.79	-	2.80	-	2.81	2.82	2.82
8	2.94	2.95	2.95	2.96	2.96	2.97	2.97
9	3.09	-	3.10	-	3.11	3.11	3.12
10	3.21	3.22	3.22	3.23	3.23	3.24	3.24
12	3.44	3.45	3.45	3.46	3.47	3.47	3.48
14	3.64	3.65	3.66	3.67	3.67	3.68	3.68
15	3.74	-	3.75	-	3.77	3.78	3.80
16	3.82	3.83	3.84	3.85	3.86	3.86	3.87

Rad - Trieb Eingriff (für Trieb im Räderwerk) NHS 56703:

	6 - 10 Flügel	11 und mehr Flügel
Profil A	1.05	1.25
Profil B	1.34	1.61
Profil C	1.71	2.10

Neue Triebe haben immer Profil C!

Aufzug, Zeigerwerk und Grossuhrenräder NHS 56704

Z	
8	2.32
9	2.34
10 - 11	2.38
12 - 13	2.40
14 - 16	2.44
17 - 20	2.48
21 - 25	2.52
26 - 34	2.54
35 - 54	2.58
55 - 134	2.62
135 - ∞	2.64

Im Aufzug und Zeigerwerk wird nicht zwischen Rad und Trieb unterschieden!

Frequenz des Regulierorganes:

$f = n \cdot i \cdot Z_A$	Frequenz in [Hertz]
$n = \frac{f}{i \cdot Z_A}$	Drehfrequenz in [1/s]
$i = \frac{f}{n \cdot Z_A}$	Eingriffsverhältnis
$Z_A = \frac{f}{n \cdot i}$	Zähnezahl des Hemmungsrad

Eingriffsverhältnis (Ausgangsbasis - Hemmungsrad):

$i = \frac{Z_2 \cdot Z_3 \cdot Z_4}{z_3 \cdot z_4 \cdot z_5}$	Eingriffsverhältnis
---	---------------------

Durchmesser eines Triebes mit ungerader Flügelzahl:

$D = \emptyset$ über drei Flügel gemessen

$D = \frac{m \cdot (z + f)}{2} \cdot \left(1 + \cos \frac{180}{z}\right)$	Durchmesser in [mm]
---	---------------------

1.5. Hemmung

Teilung p :

$p = \frac{360^\circ}{Z}$	Teilung in [Grad]
$Z = \frac{360^\circ}{p}$	Zähnezahl

halber Ankerumspannungswinkel α :

$\alpha = \frac{(N + 0,5) \cdot p}{2}$	$\frac{1}{2}$ Ankerumspannungswinkel in [Grad]
$p = \frac{2 \cdot \alpha}{(N + 0,5)}$	Teilung
$N = \frac{2 \cdot \alpha}{p} - 0,5$	Anzahl ganz umspannter Zähne

Fallwinkel β :

$\beta = \frac{1}{2} \cdot p - \gamma$	Fallwinkel in [Grad]
$p = 2 \cdot (\beta + \gamma)$	Teilung in [Grad]
$\gamma = \frac{1}{2} \cdot p - \beta$	Führungswinkel in [Grad]

Zahnspezradius:

$r = \cos \alpha \cdot c$	Zahnspezradius in [mm]
$c = \frac{r}{\cos \alpha}$	Achsenabstand in [mm]
$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{r}{c}\right)$	halber Ankerumspannungswinkel in [mm]

Zahnfersradius (Schweizer Ankerhemmung):

$R = r + x$	Zahnfersradius in [mm]
$x = \tan \beta \cdot a$	Ergänzungstück (siehe Skizze)
$a = \sqrt{c^2 - r^2}$	Strecke Ankerdrehpunkt-Zahnspez
$R = r + \left(\tan \beta \cdot \sqrt{c^2 - r^2}\right)$	Zahnfersradius in [mm]
$c = \sqrt{\left(\frac{R-r}{\tan \beta}\right)^2 + r^2}$	Achsenabstand in [mm]
$\beta = \tan^{-1}\left(\frac{R-r}{\sqrt{c^2 - r^2}}\right)$	Hebungswinkel in [Grad]

1.6. Pendel

Dauer einer Schwingung T_o :

$T_o = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$	Schwingzeit in [s]
$l = \frac{T_o^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2}$	Pendellänge in [m]

Dauer einer Halbschwingung Θ :

- mit Schwingzeit

$\Theta = \frac{T_o}{2}$	Halbschwingungsdauer in [s]
$T_o = 2 \cdot \Theta$	Schwingzeit in [s]

- mit Halbschwingungszahl

$\Theta = \frac{3600}{f_a}$	Halbschwingungsdauer in [s]
$f_a = \frac{3600}{\Theta}$	Halbschwingungszahl pro Stunde

- mit Frequenz

$\Theta = \frac{1}{2 \cdot f}$	Halbschwingung in [s]
$f = \frac{1}{2 \cdot \Theta} = \frac{1}{T_o}$	Frequenz in [Hertz]

- mit Länge

$\Theta = \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$	Halbschwingungsdauer in [s]
$l = \frac{\Theta^2 \cdot g}{\pi^2}$	Pendellänge in [m]

Länge mit Werkstattformel:

$l \approx \Theta^2$	Pendellänge in [m]
----------------------	--------------------

Einfluss einer geringen Längenveränderung:

$\Delta_l = \frac{\Delta_{Tag} \cdot 2 \cdot l}{86400}$	Pendellängendifferenz in [m]
$\Delta_{Tag} = \frac{86400 \cdot \Delta_l}{2 \cdot l}$	Gangdifferenz in [s/d]

Einfluss der Temperatur:

- auf die Länge

$\Delta_l = l \cdot \lambda \cdot \Delta_{Temp}$	Pendellängendifferenz in [m]
$l = \frac{\Delta_l}{\lambda \cdot \Delta_{Temp}}$	Pendellänge in [m]
$\lambda = \frac{\Delta_l}{l \cdot \Delta_{Temp}}$	Temperaturkoeffizient in [1/K]
$\Delta_{Temp} = \frac{\Delta_l}{l \cdot \lambda}$	Temperaturdifferenz in [K]

- auf den Gang

$\Delta_{Tag} = \frac{86400 \cdot \lambda \cdot \Delta_{Temp}}{2}$	Gangdifferenz in [s/d]
$\lambda = \frac{2 \cdot \Delta_{Tag}}{86400 \cdot \Delta_{Temp}}$	Temperaturkoeffizient in [1/K]
$\Delta_{Temp} = \frac{2 \cdot \Delta_{Tag}}{86400 \cdot \lambda}$	Temperaturdifferenz in [K]

Einfluss einer Gravitationsänderung:
(angenäherte Formel nur für kleine Differenzen)

- auf die Halbschwingungszeit

$\Delta_{\Theta} = \Theta \cdot \frac{-\Delta_g}{2 \cdot g}$	Änderung der Halbschwingungszeit in [s]
$\Theta = \frac{\Delta_{\Theta} \cdot 2 \cdot g}{-\Delta_g}$	Halbschwingungsdauer in [s]
$\Delta_g = \frac{-\Delta_{\Theta} \cdot 2 \cdot g}{\Theta}$	Gravitationsänderung in [m/s ²]
$g = \Theta \cdot \frac{-\Delta_g}{2 \cdot \Delta_{\Theta}}$	Gravitation in [m/s ²]

- auf den Gang

$\Delta_{Tag} = \frac{-86400 \cdot \Delta_g}{2 \cdot g}$	Gangdifferenz in [s/d]
$\Delta_g = \frac{2 \cdot g \cdot \Delta_{Tag}}{-86400}$	Gravitationsänderung in [m/s ²]
$g = \frac{-86400 \cdot \Delta_g}{2 \cdot \Delta_{Tag}}$	Gravitation in [m/s ²]

2. Elektrotechnik

2.1. Grundformeln

Elektrische Ladung Q :

$Q = e \cdot n$	Ladung in $[C, As]$
$e = \frac{Q}{n}$	Elementarladung $[0.16 \cdot 10^{-8} C]$
$n = \frac{Q}{e}$	Anzahl Elementarladungen

Elektrischer Strom I :

$I = \frac{Q}{t}$	Strom in $[A]$
$Q = I \cdot t$	Ladung in $[C, As]$
$t = \frac{Q}{I}$	Zeit in $[s]$

Elektrische Spannung U :

$U = \frac{W}{Q}$	Spannung in $[V]$
$W = U \cdot Q$	Energie in $[J, Ws]$
$Q = \frac{W}{U}$	Ladung in $[C, As]$

Ohmscher Widerstand R :

$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$	Widerstand in $[\Omega]$
$\rho = \frac{R \cdot A}{l}$	Spezifischer Widerstand in $\left[\frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right]$
$l = \frac{R \cdot A}{\rho}$	Länge in $[m]$
$A = \frac{\rho \cdot l}{R}$	Querschnitt in $[mm^2]$

Ohmsches Gesetz:

$U = R \cdot I$	Spannung in $[V]$
$I = \frac{U}{R}$	Strom in $[A]$
$R = \frac{U}{I}$	Widerstand in $[\Omega]$

Leitfähigkeit γ :

$\gamma = \frac{l}{R \cdot A}$	Leitfähigkeit in $\left[\frac{m}{\Omega \cdot mm^2} \right]$
$R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$	Widerstand in $[\Omega]$
$l = R \cdot \gamma \cdot A$	Länge in $[m]$
$A = \frac{l}{\gamma \cdot R}$	Querschnitt in $[mm^2]$

Leitwert G :

$G = \frac{1}{R}$	Leitwert in $[S(\text{Siemens})]$
$R = \frac{1}{G}$	Widerstand in $[\Omega]$
$\Rightarrow U = \frac{I}{G}$	Spannung in $[V]$
$\Rightarrow G = \frac{I}{U}$	Leitwert in $[S]$
$\Rightarrow I = U \cdot G$	Strom in $[A]$

Stromdichte J :

$J = \frac{I}{A}$	Stromdichte in $\left[\frac{A}{mm^2}\right]$
$I = J \cdot A$	Strom in $[A]$
$A = \frac{I}{J}$	Querschnitt in $[mm^2]$

Temperaturabhängigkeit des Widerstandes:

$\Delta R = \alpha \cdot R_{20} \cdot \Delta \vartheta$	Widerstandsänderung in $[\Omega]$
$\alpha = \frac{\Delta R}{R_{20} \cdot \Delta \vartheta}$	Temperaturkoeffizient bei $20^\circ C$ in $\left[\frac{1}{K}\right]$
$R_{20} = \frac{\Delta R}{\alpha \cdot \Delta \vartheta}$	Widerstand bei $20^\circ C$ in $[\Omega]$
$\Delta \vartheta = \frac{\Delta R}{R_{20} \cdot \alpha}$	Temperaturänderung in $[^\circ C]$

$R_g = R_{20} + \Delta R$	neuer Widerstand in $[\Omega]$
$R_{20} = R_g - \Delta R$	Widerstand bei $20^\circ C$ in $[\Omega]$
$\Delta R = R_g - R_{20}$	Widerstandsänderung in $[\Omega]$

$R_g = R_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (\vartheta - 20^\circ C)]$	neuer Widerstand in $[\Omega]$
$R_{20} = \frac{R_g}{1 + \alpha \cdot (\vartheta - 20^\circ C)}$	Widerstand bei $20^\circ C$ in $[\Omega]$
$\alpha = \frac{R_g - R_{20}}{R_{20} \cdot (\vartheta - 20^\circ C)}$	Temperaturkoeffizient bei $20^\circ C$ in $\left[\frac{1}{K}\right]$
$\vartheta = \frac{R_g - R_{20}}{R_{20} \cdot \alpha} + 20^\circ C$	neue Temperatur in $[^\circ C]$

$R_g = R_{20} + R_{20} \cdot \Delta \vartheta \cdot \alpha$	neuer Widerstand in $[\Omega]$
$R_{20} = \frac{R_g}{1 + \Delta \vartheta \cdot \alpha}$	Widerstand bei $20^\circ C$ in $[\Omega]$
$\Delta \vartheta = \frac{R_g - R_{20}}{R_{20} \cdot \alpha}$	Temperaturänderung in $[^\circ C]$
$\alpha = \frac{R_g - R_{20}}{R_{20} \cdot \Delta \vartheta}$	Temperaturkoeffizient bei $20^\circ C$ in $\left[\frac{1}{K}\right]$

$R_g = R_{20} \cdot (1 + \Delta \vartheta \cdot \alpha)$	neuer Widerstand in $[\Omega]$
$R_{20} = \frac{R_g}{1 + \Delta \vartheta \cdot \alpha}$	Widerstand bei $20^\circ C$ in $[\Omega]$
$\Delta \vartheta = \frac{R_g - R_{20}}{R_{20} \cdot \alpha}$	Temperaturänderung in $[^\circ C]$

2.2. Grundschaltungen

Serieschaltung:

- Gesamtspannung (2. Kirchhoff)

$$U_G = U_1 + U_2 + U_3 \dots$$
 Gesamtspannung in [V]

- Gesamtwiderstand

$$R_G = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$
 Gesamtwiderstand in [Ω]

$$\Rightarrow R_G = n \cdot R$$
 wenn alle Widerstände gleich sind

- Strom

$$I = \frac{U_G}{R_G}$$
 Strom in [A]

$$U_G = I \cdot R_G$$
 Gesamtspannung in [V]

$$R_G = \frac{U_G}{I}$$
 Gesamtwiderstand in [Ω]

- Einzelspannung

$$U_1 = I \cdot R_1$$
 Einzelspannung in [V]

- Einzelwiderstand

$$R_1 = \frac{U_1}{I}$$
 Einzelwiderstand in [Ω]

Parallelschaltung:

- Gesamtstrom (1. Kirchhoff)

$$I_G = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$
 Gesamtstrom in [A]

- Gesamtspannung

$$U_G = U_1 = U_2 = U_3 \dots$$
 Gesamtspannung in [V]

- Gesamtwiderstand

$$R_G = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots}$$
 Gesamtwiderstand in [Ω]

\Rightarrow Wenn alle Widerstände gleich sind

$$R_G = \frac{R_1}{n}$$
 $n =$ Anzahl Widerstände

- Einzelwiderstand

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_G} - \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_3} \dots$$
 Einzelwiderstand in [Ω]

2.3. Leistung, Arbeit und Energie

Elektrische Leistung P :

$P = U \cdot I$	Leistung in $[W]$
$U = \frac{P}{I}$	Spannung in $[V]$
$I = \frac{P}{U}$	Strom in $[A]$

- nur mit Spannung

$P = \frac{U^2}{R}$	Leistung in $[W]$
$U = \sqrt{P \cdot R}$	Spannung in $[V]$
$R = \frac{U^2}{P}$	Widerstand in $[\Omega]$

- nur mit Strom

$P = R \cdot I^2$	Leistung in $[W]$
$R = \frac{P}{I^2}$	Widerstand in $[\Omega]$
$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$	Strom in $[A]$

Elektrische Arbeit W :

$W = P \cdot t$	elektrische Arbeit in $[Ws]$
$P = \frac{W}{t}$	Leistung in $[W]$
$t = \frac{W}{P}$	Zeit in $[s]$

Energiekosten K :

$K = W \cdot p$	Energiekosten in $[Fr.-]$
$W = \frac{K}{p}$	Energie in $[kWh]$
$p = \frac{K}{W}$	Preis in $\left[\frac{Fr.-}{kWh}\right]$

Umrechnung von Ws in kWh

$kWh = 3,6 \cdot 10^6 Ws$
$Ws = \frac{kWh}{3,6 \cdot 10^6}$
$Ws = 1J$

Elektrochemie, Batteriekapazität Q :

$Q = I \cdot t$	Speichervermögen in $[Ah]$
$t = \frac{Q}{I}$	Entladezeit in $[h]$
$I = \frac{Q}{t}$	Entladestrom in $[A]$

2.4. Elektrisches Feld

Elektrische Feldstärke E :

$E = \frac{U}{d}$	elektrisches Feld in $\left[\frac{V}{m}\right]$
$U = E \cdot d$	Spannung in $[V]$
$d = \frac{U}{E}$	Strecke in $[m]$

Elektrische Ladung Q :

$Q = U \cdot C$	elektrische Ladung in $[C]$ $1C = 1As$
$U = \frac{Q}{C}$	Spannung am Kondensator in $[V]$
$C = \frac{Q}{U}$	Kapazität in $[F]$

Energieinhalt eines geladenen Kondensators W :

$W = \frac{C \cdot U^2}{2}$	Energie in $[J]$
$C = \frac{2 \cdot W}{U^2}$	Kapazität in $[F]$
$U = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{C}}$	Spannung in $[V]$

Kapazität eines Kondensators C :

$C = \epsilon_o \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}$	Kapazität in $[F]$
$A = \frac{C \cdot d}{\epsilon_o \cdot \epsilon_r}$	Fläche der Elektroden in $[m^2]$
$d = \epsilon_o \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{C}$	Abstand der Elektroden in $[m]$
$\epsilon_r = \frac{C \cdot d}{A \cdot \epsilon_o}$	Dielektrizitätszahl
$\epsilon_o = 8,85 \cdot 10^{-12} F/m$	elektrische Feldkonstante in $\left[\frac{F}{m}\right]$

Schaltungen von Kondensatoren:

- Serie

$C_G = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots}$	Gesamtkapazität in $[F]$
$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_G} - \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_3} \dots$	Einzelkapazität in $[F]$

- Parallel

$C_G = C_1 + C_2 + C_3 \dots$	Gesamtkapazität in $[F]$
$C_1 = C_G - C_2 - C_3 \dots$	Einzelkapazität in $[F]$

Zeitkonstante τ :

$\tau = R \cdot C$	Zeitkonstante in [s]
$R = \frac{\tau}{C}$	Widerstand in [Ω]
$C = \frac{\tau}{R}$	Kapazität in [F]

Dauer des Ladevorganges t :

$t = 5 \cdot \tau = 5 \cdot R \cdot C$	Ladedauer in [s]
$\tau = \frac{t}{5}$	Zeitkonstante in [s]
$R = \frac{t}{5 \cdot C}$	Widerstand in [Ω]
$C = \frac{t}{5 \cdot R}$	Kapazität in [F]

2.5. Magnetismus

Magnetischer Fluss Φ und Induktion B :

$\Phi = B \cdot A$	magnetischer Fluss in [Wb, Vs]
$B = \frac{\Phi}{A}$	Induktion in [$T, \frac{Vs}{m^2}$]
$A = \frac{\Phi}{B}$	Eisenquerschnitt in [m^2]

Durchflutung Θ :

$\Theta = I \cdot N$	Durchflutung in [$A\bar{x}$]
$I = \frac{\Theta}{N}$	Strom in [A]
$N = \frac{\Theta}{I}$	Windungszahl

Magnetische Feldstärke H :

$H = \frac{\Theta}{l}$	Feldstärke in [$\frac{A}{m}$]
$\Theta = H \cdot l$	Durchflutung in [$A\bar{x}$]
$l = \frac{\Theta}{H}$	Feldlinienlänge in [m]

- in einem Abstand a eines Leiters

$H = \frac{I}{2 \cdot a \cdot \pi}$	Feldstärke in $\left[\frac{A}{m} \right]$
$I = 2 \cdot H \cdot a \cdot \pi$	Strom in $[A]$
$a = \frac{I}{2 \cdot H \cdot \pi}$	Abstand vom Leiter in $[m]$

- im Innern einer zylindrischen Spule

$H = \frac{I \cdot N}{l} \cdot k$	Feldstärke in $\left[\frac{A}{m} \right]$
$I = \frac{H \cdot l}{N \cdot k}$	Strom in $[A]$
$N = \frac{H \cdot l}{I \cdot k}$	Windungszahl
$l = \frac{I \cdot N}{H} \cdot k$	Spulenlänge in $[m]$
$k = \text{Wydler S. 65}$	Korrekturfaktor

Induktion B , Flussdichte:

- ohne Eisenkern (Luftspule)

$B = \mu_o \cdot H$	Induktion in $\left[T, \frac{Vs}{m^2} \right]$
$H = \frac{B}{\mu_o}$	Feldstärke in $\left[\frac{A}{m} \right]$
$\mu_o = 1,256 \cdot 10^{-6} H/m$	magnetische Feldkonstante in $\left[\frac{H}{m} \right]$
$1 H/m = 1 Vs/Am$	

- mit Eisenkern

$B = \mu \cdot H$	Induktion in $\left[T, \frac{Vs}{m^2} \right]$
$\mu = \mu_o \cdot \mu_r$	Permeabilität in $\left[\frac{H}{m} \right]$
$\mu_r = \text{relative Permeabilität} \Rightarrow \text{Magnetisierungskurve}$	

- durch Flussänderung, Spannungsinduktion (Generatorprinzip)

$U_o = N \cdot \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{t}$	induzierte Spannung in $[V]$
$N = \frac{U_o \cdot t}{\Phi_1 - \Phi_2}$	Windungszahl
$\Phi_1 = \frac{U_o \cdot t}{N} + \Phi_2$	Fluss zu Beginn der Flussänderung in $[Wb, Vs]$
$\Phi_2 = \frac{-U_o \cdot t}{N} - \Phi_1$	Fluss am Ende der Flussänderung in $[Wb, Vs]$
$t = N \cdot \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{U_o}$	Zeit in $[s]$
für $\Phi_1 - \Phi_2$ kann auch $\Delta\Phi$ eingesetzt werden	

- durch Bewegung

$B = \frac{U_o}{l \cdot v}$	Induktion in $\left[T, \frac{Vs}{m^2} \right]$
$U_o = B \cdot l \cdot v$	induzierte Spannung in $[V]$
$l = \frac{U_o}{B \cdot v}$	Leiterlänge in $[m]$
$v = \frac{U_o}{B \cdot l}$	Geschwindigkeit in $\left[\frac{m}{s} \right]$

Induktivität

$L = N^2 \cdot \mu_o \cdot \mu_r \cdot \frac{A}{d}$	Induktivität in [H]
---	---------------------

Permeabilität μ :

$\mu = \mu_o \cdot \mu_r$	Permeabilität in $[Vs/Am]$
---------------------------	----------------------------

$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_o}$	Permeabilitätszahl
-----------------------------	--------------------

$\mu_o = 1,256 \cdot 10^{-6} H/m$	Permeabilität von Vakuum
-----------------------------------	--------------------------

Kraft auf stromdurchflossene Leiter F :

- Leiter im Magnetfeld

$F = I \cdot B \cdot l \cdot x$	Kraft in [N]
---------------------------------	--------------

$I = \frac{F}{B \cdot l \cdot x}$	Strom im Leiter in [A]
-----------------------------------	------------------------

$B = \frac{F}{I \cdot l \cdot x}$	Induktion in [T]
-----------------------------------	------------------

$l = \frac{F}{I \cdot B \cdot x}$	Leiterlänge im Feld in [m]
-----------------------------------	----------------------------

$x = \frac{F}{I \cdot B \cdot l}$	Leiteranzahl
-----------------------------------	--------------

- zwei parallele Leiter

$F = \frac{2 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot l}{a \cdot 10^7}$	Kraft in [N]
--	--------------

$i_1 = \frac{F \cdot a \cdot 10^7}{2 \cdot i_2 \cdot l}$	Strom im Leiter 1 in [A]
--	--------------------------

$i_2 = \frac{F \cdot a \cdot 10^7}{2 \cdot i_1 \cdot l}$	Strom im Leiter 2 in [A]
--	--------------------------

$l = \frac{F \cdot a \cdot 10^7}{2 \cdot i_1 \cdot i_2}$	Leiterlänge in [m]
--	--------------------

$a = \frac{2 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot l}{F \cdot 10^7}$	Leiterabstand in [m]
--	----------------------

- zwei parallele Leiter bei gleicher Stromstärke

$F = \frac{2 \cdot i^2 \cdot l}{a \cdot 10^7}$	Kraft in [N]
--	--------------

$i = \sqrt{\frac{F \cdot a \cdot 10^7}{2 \cdot l}}$	Stromstärke in [A]
---	--------------------

Dauer des Ladevorganges t :

$t = 5 \cdot \tau = 5 \cdot \frac{L}{R}$	Ladedauer in [s]
--	------------------

$\tau = \frac{L}{R} = \frac{t}{5}$	Zeitkonstante in [s]
------------------------------------	----------------------

$L = \frac{t \cdot R}{5}$	Induktivität in [H]
---------------------------	---------------------

$R = \frac{5 \cdot L}{t}$	Widerstand in [Ω]
---------------------------	----------------------------

2.6. Wechselstrom

Frequenz f :

$f = \frac{1}{T}$	Frequenz in [Hz]
$T = \frac{1}{f}$	Periodendauer in [s]

- mit Polzahl

$f = \frac{p \cdot n}{60}$	Frequenz in [Hz]
$p = \frac{f \cdot 60}{n}$	Polpaarzahl
$n = \frac{f \cdot 60}{p}$	Umdrehungsfrequenz in [$\frac{1}{\text{min}}$]

- Winkelgeschwindigkeit \Rightarrow Mechanik

- Kreisfrequenz \Rightarrow Mechanik

Effektiv- und Maximalwerte:

- Spannung

$U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$	Effektivwert in [V]
$\hat{U} = U \cdot \sqrt{2}$	Maximalwert in [V]

- Strom

$I = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$	Effektivwert in [A]
$\hat{I} = I \cdot \sqrt{2}$	Maximalwert in [A]

Zwischenwerte:

- Spannung

$U_\alpha = \hat{U} \cdot \sin_\alpha$	Momentanwert in [V]
$\hat{U} = \frac{U_\alpha}{\sin_\alpha}$	Maximalwert in [V]
$\alpha = \sin^{-1} \frac{U_\alpha}{\hat{U}}$	Phasenwinkel in [Grad]

- Strom

$I_\alpha = \hat{I} \cdot \sin_\alpha$	Momentanwert in [A]
$\hat{I} = \frac{I_\alpha}{\sin_\alpha}$	Maximalwert in [A]
$\alpha = \sin^{-1} \frac{I_\alpha}{\hat{I}}$	Phasenwinkel in [Grad]

Widerstand im Wechselstrom:

- Ohmscher Widerstand

wie Gleichstrom

- Spule

$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$	Blindwiderstand in $[\Omega]$
$f = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot L}$	Frequenz in $[Hz]$
$L = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f}$	Induktivität der Spule in $[H]$
$2 \cdot \pi \cdot f = \omega$	Kreisfrequenz

Die Spule setzt beim Einschalten dem Strom einen unendlich grossen Widerstand entgegen.

⇒ Der Strom I eilt der Spannung U nach!
(Phasenwinkel)

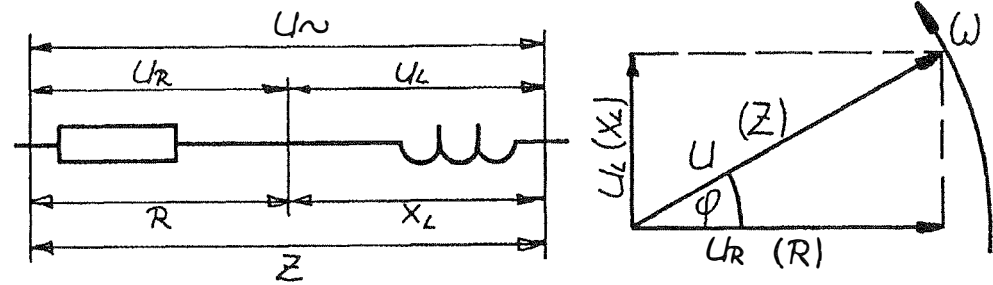
- Kondensator

$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$	Blindwiderstand in $[\Omega]$
$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot X_C \cdot C}$	Frequenz in $[Hz]$
$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C}$	Kapazität in $[F]$
$2 \cdot \pi \cdot f = \omega$	Kreisfrequenz

Der Kondensator ist beim Einschalten ein Kurzschluss.

⇒ Der Strom I eilt der Spannung U voraus!
(Phasenwinkel)

Serieschaltung von Widerstand R und Spule X_L



- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in $[\Omega]$
$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	Gesamtimpedanz in $[\Omega]$
$R = \sqrt{Z^2 - X_L^2}$	Widerstand in $[\Omega]$
$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$	Spulenwiderstand in $[\Omega]$

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{U_L}{U_R} = \tan^{-1} \frac{X_L}{R}$	Phasenwinkel in $[Grad]$
$Z = \frac{X_L}{\sin \varphi} = \frac{R}{\cos \varphi}$	Gesamtimpedanz in $[\Omega]$

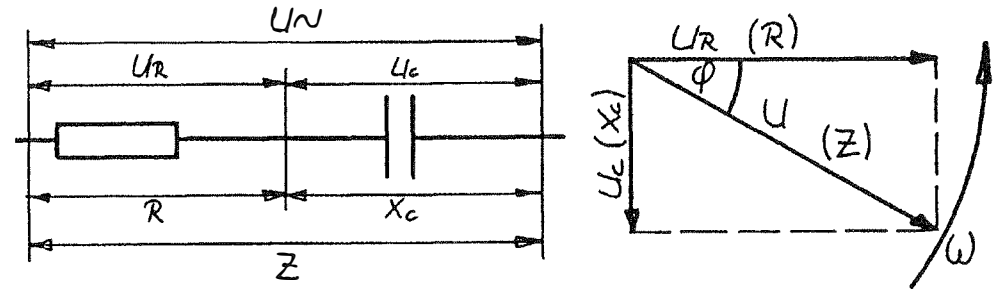
- Gesamtspannung U

$U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$	Gesamtspannung in [V]
$U_R = \sqrt{U^2 - U_L^2}$	Spannung am Widerstand in [V]
$U_L = \sqrt{U^2 - U_R^2}$	Spannung über der Spule in [V]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{U_L}{U_R} = \tan^{-1} \frac{X_L}{R}$	Phasenwinkel in [Grad]
$U = \frac{U_L}{\sin \varphi} = \frac{U_R}{\cos \varphi}$	Gesamtspannung in [V]

Serieschaltung von Widerstand R und Kondensator X_C :



- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$R = \sqrt{Z^2 - X_C^2}$	Widerstand in [Ω]
$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2}$	Widerstand des Kondensators in [Ω]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{U_C}{U_R} = \tan^{-1} \frac{X_C}{R}$	Phasenwinkel in [Grad]
$Z = \frac{X_C}{\sin \varphi} = \frac{R}{\cos \varphi}$	Gesamtimpedanz in [Ω]

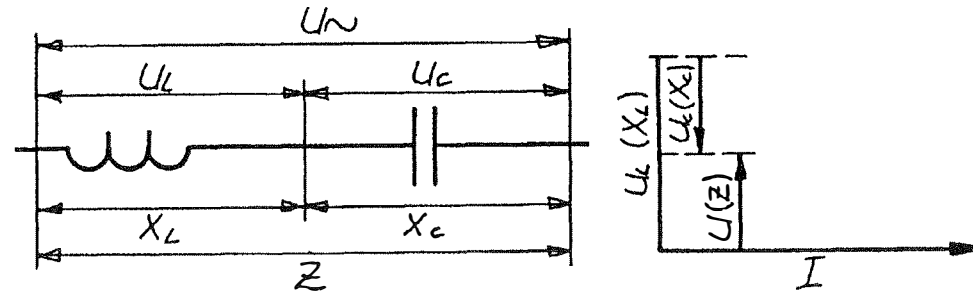
- Gesamtspannung U

$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$	Gesamtspannung in [V]
$U_R = \sqrt{U^2 - U_C^2}$	Spannung am Widerstand in [V]
$U_C = \sqrt{U^2 - U_R^2}$	Spannung über dem Kondensator in [V]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{U_C}{U_R} = \tan^{-1} \frac{X_C}{R}$	Phasenwinkel in [Grad]
$U = \frac{U_C}{\sin \varphi} = \frac{U_R}{\cos \varphi}$	Gesamtspannung in [V]

Serieschaltung von Spule X_L und Kondensator X_C :



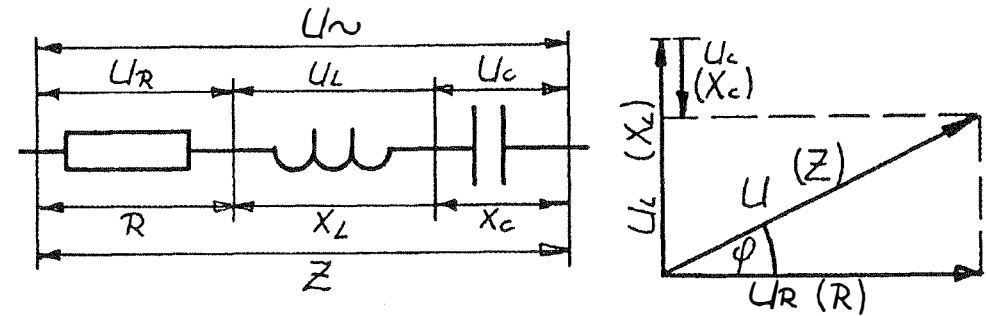
- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$Z = X_L - X_C$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$X_L = Z + X_C$	Spulenwiderstand in [Ω]
$X_C = X_L - Z$	Widerstand des Kondensators in [Ω]

- Gesamtspannung U

$U = U_L - U_C$	Gesamtspannung in [V]
$U_L = U + U_C$	Spannung über der Spule in [V]
$U_C = U_L - U$	Spannung über dem Kondensator in [V]

Serieschaltung von Widerstand R , Spule X_L , Kondensator X_C :



- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$R = \sqrt{Z^2 - (X_L - X_C)^2}$	Widerstand in [Ω]
$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} + X_C$	Spulenwiderstand in [Ω]
$X_C = X_L - \sqrt{Z^2 - R^2}$	Widerstand des Kondensators in [Ω]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{U_L - U_C}{U_R} = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R}$	Phasenwinkel in [Grad]
$Z = \frac{X_L - X_C}{\sin \varphi} = \frac{R}{\cos \varphi}$	Gesamtimpedanz in [Ω]

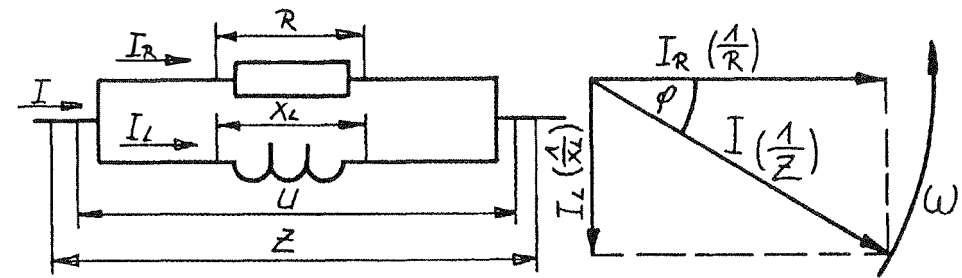
- Gesamtspannung U

$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$	Gesamtspannung in [V]
$U_R = \sqrt{U^2 - (U_L - U_C)^2}$	Spannung am Widerstand in [V]
$U_L = \sqrt{U^2 - U_R^2} + U_C$	Spannung über der Spule in [V]
$U_C = U_L - \sqrt{U^2 - U_R^2}$	Spannung über dem Kondensator in [V]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{U_L - U_C}{U_R} = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R}$	Phasenwinkel in [Grad]
$U = \frac{U_L - U_C}{\sin \varphi} = \frac{U_R}{\cos \varphi}$	Gesamtspannung in [V]

Parallelschaltung von Widerstand R und Spule X_L :



- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$\frac{1}{R} = \sqrt{\frac{1}{Z^2} + \frac{1}{X_L^2}}$	Widerstand in [Ω]
$\frac{1}{X_L} = \sqrt{\frac{1}{Z^2} + \frac{1}{R^2}}$	Spulenwiderstand in [Ω]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_L}{I_R} = \tan^{-1} \frac{\frac{1}{X_L}}{\frac{1}{R}}$	Phasenwinkel in [Grad]
$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X_L \sin \varphi} = \frac{1}{R \cos \varphi}$	Gesamtimpedanz in [Ω]

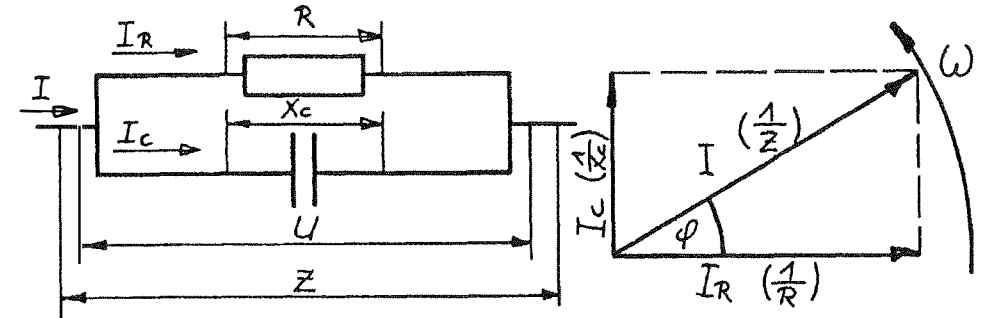
- Gesamtstrom I

$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$	Gesamtstrom in [A]
$I_R = \sqrt{I^2 - I_L^2}$	Strom im Widerstand [A]
$I_L = \sqrt{I^2 - I_R^2}$	Strom in der Spule in [A]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_L}{I_R} = \tan^{-1} \frac{\frac{1}{X_L}}{\frac{1}{R}}$	Phasenwinkel in [Grad]
$I = \frac{I_L}{\sin \varphi} = \frac{I_R}{\cos \varphi}$	Gesamtstrom in [A]

Parallelschaltung von Widerstand R und Kondensator X_C :



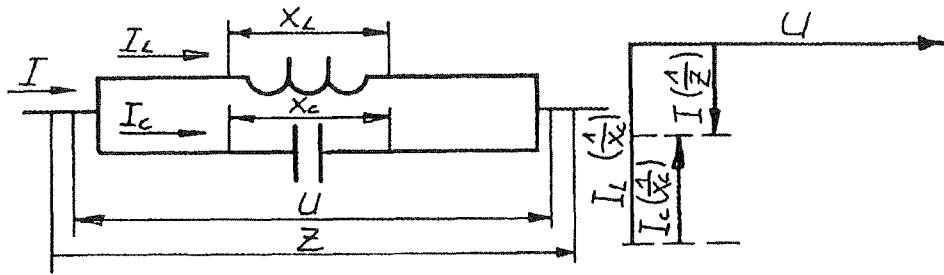
- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}}$	Gesamtimpedanz in [Ω]
$\frac{1}{R} = \sqrt{\frac{1}{Z^2} + \frac{1}{X_C^2}}$	Widerstand in [Ω]
$\frac{1}{X_C} = \sqrt{\frac{1}{Z^2} + \frac{1}{R^2}}$	Widerstand des Kondensators in [Ω]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_C}{I_R} = \tan^{-1} \frac{\frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}}$	Phasenwinkel in [Grad]
$I = \frac{I_C}{\sin \varphi} = \frac{I_R}{\cos \varphi}$	Gesamtstrom in [A]

Parallelschaltung von Spule X_L und Kondensator X_C :



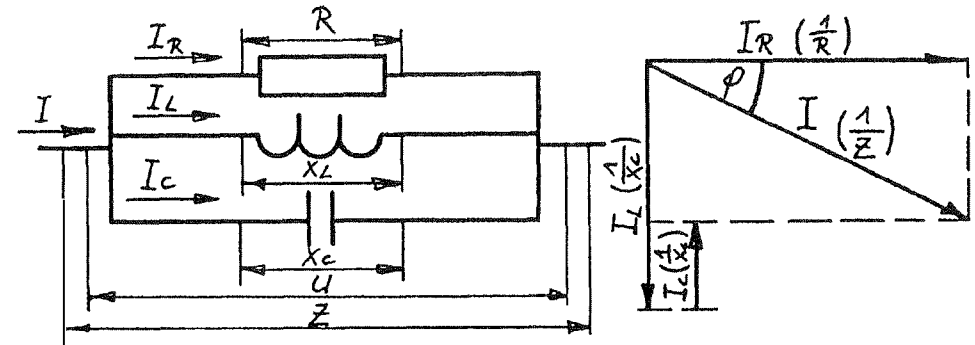
- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in $[\Omega]$
$\frac{1}{Z} = \frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}$	Gesamtimpedanz in $[\Omega]$
$\frac{1}{X_L} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{X_C}$	Spulenwiderstand in $[\Omega]$
$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_L} - \frac{1}{Z}$	Widerstand des Kondensators in $[\Omega]$

- Gesamtstrom I

$I = I_L - I_C$	Gesamtstrom in $[A]$
$I_L = I + I_C$	Strom in der Spule in $[A]$
$I_C = I_L - I$	Strom im Kondensator in $[A]$

Parallelschaltung von Widerstand R , Spule X_L , Kondensator X_C :



- Gesamtimpedanz Z

$Z = \frac{U}{I}$	Gesamtimpedanz in $[\Omega]$
$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$	Gesamtimpedanz in $[\Omega]$
$\frac{1}{R} = \sqrt{\frac{1}{Z^2} - \left(\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}\right)^2}$	Widerstand in $[\Omega]$
$\frac{1}{X_L} = \sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{R^2}} + \frac{1}{X_C}$	Spulenwiderstand in $[\Omega]$
$\frac{1}{X_C} = \frac{1}{X_L} - \sqrt{\frac{1}{Z^2} - \frac{1}{R^2}}$	Widerstand des Kondensators in $[\Omega]$

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_L - I_C}{I_R} = \tan^{-1} \frac{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}}$	Phasenwinkel in [Grad]
$Z = \frac{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}{\sin \varphi} = \frac{1}{\cos \varphi R}$	Gesamtimpedanz in [Ω]

- Gesamtstrom I

$I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$	Gesamtstrom in [A]
$I_R = \sqrt{I^2 - (I_L - I_C)^2}$	Strom im Widerstand [A]
$I_L = \sqrt{I^2 - I_R^2} + I_C$	Strom in der Spule in [A]
$I_C = I_L - \sqrt{I^2 - I_R^2}$	Strom im Kondensator in [A]

- trigonometrisch

$\varphi = \tan^{-1} \frac{I_L - I_C}{I_R} = \tan^{-1} \frac{\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C}}{\frac{1}{R}}$	Phasenwinkel in [Grad]
$I = \frac{I_L - I_C}{\sin \varphi} = \frac{I_R}{\cos \varphi}$	Gesamtstrom in [A]

Resonanz:

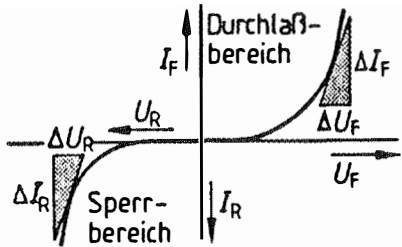
- Bedingungen

$X_C = X_L$
$\omega_r \cdot L = \frac{1}{\omega_r \cdot C}$
$2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot l = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot C}$

$f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$	Resonanzfrequenz in [Hz]
$L = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_r)^2 \cdot C}$	Spuleninduktivität in [H]
$C = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f_r)^2 \cdot L}$	Kondensatorkapazität in [F]

2.7. Elektronik

Diodenkennlinie

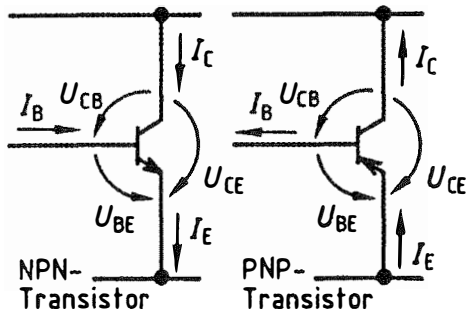


- U_F Durchlassspannung
- U_R Sperrspannung
- I_F Durchlassstrom
- I_R Sperrstrom
- R_F statischer Durchlasswiderstand
- R_R statischer Sperrwiderstand
- r_F differentieller Durchlasswiderstand
- r_R differentieller Sperrwiderstand

$$R_F = \frac{U_F}{I_F} \quad r_F = \frac{\Delta U_F}{\Delta I_F}$$

$$R_R = \frac{U_R}{I_R} \quad r_R = \frac{\Delta U_R}{\Delta I_R}$$

Gleichstromgrößen am Transistor



- U_{CE} Kollektor-Emitter-Spannung
- U_{BE} Basis-Emitter-Spannung
- U_{BC} Basis-Kollektor-Spannung
- I_C Kollektorstrom
- I_E Emitterstrom
- I_B Basisstrom
- B Gleichstromverstärkung

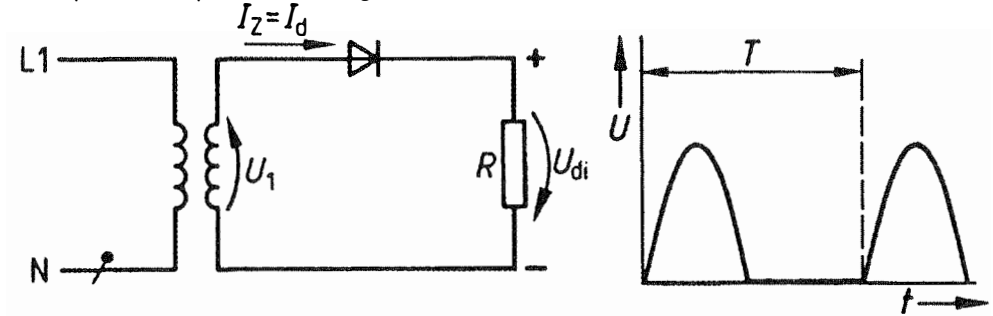
$$U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$$

$$I_E = I_C + I_B$$

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

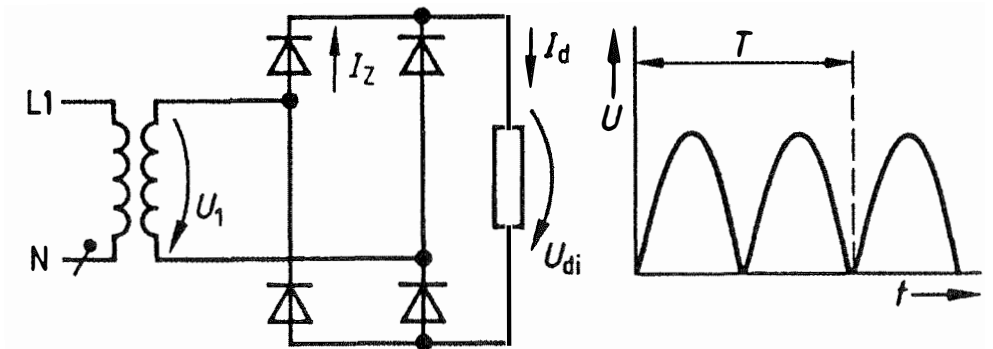
Gleichrichterschaltung mit Dioden

- Einpuls-Mittelpunktschaltung



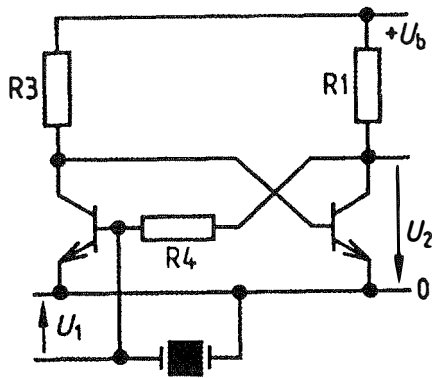
$$U_{di} = U_1 \cdot 0,45$$

- Zweipuls-Brückenschaltung



$$U_{di} = U_1 \cdot 0,9$$

Quarzoszillator



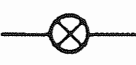
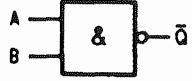
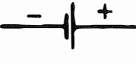













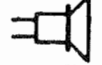





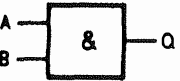

- U_1 Eingangsspannung
- U_2 Ausgangsspannung
- V_T Transistorverstärkung
- V_K Kreisverstärkung
- K Dämpfung, Kreisverluste
- φ_K Phasenverschiebung zwischen U_1 und U_2

- Schwingungsbedingungen:

$$\varphi_K = 0^\circ \quad V_K > 1 \quad V_K = V_T \cdot K \quad U_2 = V_K \cdot U_1$$

2.8. Die wichtigsten Schaltzeichen

Symbol	Erläuterung	Symbol	Erläuterung
	Widerstand allgemein		Hf-Spule-abstimbar
	(Poti) veränderbar		Trafo
	(Trimmer) einstellbar		Diode A (Anode) K (Katode)
	Fotowiderstand		Kapazitätsdiode
	PTC/NTC temperaturabhängig		Zenerdiode
	VDR spannungsabhängig		Fotodiode
	Kondensator		Lumineszenzdiode (LED)
	Drehkondensator		NPN-Transistor
	Trimmer-Kondensator		PNP-Transistor
	gepoltter Elektrolytkondensator		Fototransistor
	ungepoltter Elektrolytkondensator		FET-Sperrschicht-N-Kanal
	Induktivität		FET-JG-N-Kanal
			Dual-Gate-N-Kanal-FET
	Hf-Spule mit Kern		

Symbol	Erläuterung	Symbol	Erläuterung
	Lampe		NAND-Stufe
	Batterie		OR-Stufe
	Foto-Element		NOR-Stufe
	Ein-Aus-Schalter		EX-OR
	Umschalter		EX-NOR
	Antenne		Schmitt-Trigger
	Erde	Phonotechnik	
	Masse		Mikrofon
	Operations- verstärker		Lautsprecher
Digitaltechnik			Tonabnehmer
	Lampentreiber (Buffer)		Tonkopf ← Aufnahme → Wiedergabe
	Inverter		Kombikopf
	AND-Stufe		Löschkopf

3. Mechanik

3.1. Geschwindigkeit

Gleichförmige Bewegung V :

$V = \frac{s}{t}$	Bewegung in $\left[\frac{m}{s}\right]$
$s = V \cdot t$	Weg in $[m]$
$t = \frac{s}{V}$	Zeit in $[s]$

Umrechnungsfaktoren:

$$\frac{km/h}{3.6} = m/s \Rightarrow m/s \cdot 3.6 = km/h$$

Umfangsgeschwindigkeit V :

$V = d \cdot \pi \cdot n$	Umfangsgeschwindigkeit in $\left[\frac{m}{s}\right]$
$d = \frac{V}{n \cdot \pi}$	Durchmesser in $[m]$
$n = \frac{V}{d \cdot \pi}$	Drehfrequenz in $\left[\frac{1}{s}\right]$

Winkelgeschwindigkeit ω :

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$	Winkelgeschwindigkeit in $\left[\frac{rad}{s}\right]$
$n = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$	Drehfrequenz in $\left[\frac{1}{s}\right]$

Umfangsgeschwindigkeit mit Hilfe von ω :

$V = r \cdot \omega$	Umfangsgeschwindigkeit in $\left[\frac{m}{s}\right]$
$r = \frac{V}{\omega}$	Radius in $[m]$
$\omega = \frac{V}{r}$	Winkelgeschwindigkeit in $\left[\frac{rad}{s}\right]$

3.2. Der freie Fall

Normwert für g :

$a = g \Rightarrow g = 9.81 \text{ m/s}^2$	Fallbeschleunigung in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
--	--

Endgeschwindigkeit V_t :

- mit Fallbeschleunigung g

$V_t = g \cdot t$	Endgeschwindigkeit in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
$t = \frac{V_t}{g}$	Fallzeit in $[s]$
$g = \frac{V_t}{t}$	Fallbeschleunigung in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$

- mit der Fallhöhe h

$V_t = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$	Endgeschwindigkeit in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
$h = \frac{V_t^2}{2 \cdot g} = \frac{V_t \cdot t}{2} = \frac{g \cdot t^2}{2} = V_m \cdot t$	Fallhöhe in $[m]$
$g = \frac{V_t^2}{2 \cdot h}$	Fallbeschleunigung in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$

Mittlere Geschwindigkeit V_m :

$V_m = \frac{V_t}{2} = \frac{g \cdot t}{2}$	mittlere Geschwindigkeit in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
$V_t = 2 \cdot V_m$	Endgeschwindigkeit in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
$g = \frac{2 \cdot V_m}{t}$	Fallbeschleunigung in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$t = \frac{2 \cdot V_m}{g}$	Fallzeit in $[s]$

Fallhöhe h :

$h = \frac{V_t \cdot t}{2} = \frac{g \cdot t^2}{2} = V_m \cdot t$	Fallhöhe in $[m]$
$t = \frac{2 \cdot h}{V_t}$	Fallzeit in $[s]$
$V_t = \frac{2 \cdot h}{t}$	Endgeschwindigkeit in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$
$g = \frac{2 \cdot h}{t^2}$	Fallbeschleunigung in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$
$t = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \frac{h}{V_m}$	Fallzeit in $[s]$
$V_m = \frac{h}{t}$	mittlere Geschwindigkeit in $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

Fallzeit t :

$t = \frac{V_t}{g} = \frac{2 \cdot h}{V_t} = \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}}$	Fallzeit in $[s]$
$V_t = t \cdot g = \frac{2 \cdot h}{t}$	Endgeschwindigkeit in $[\frac{m}{s}]$
$g = t \cdot V_t = \frac{2 \cdot h}{t^2}$	Fallbeschleunigung in $[\frac{m}{s^2}]$
$h = \frac{t \cdot V_t}{2} = \frac{t^2 \cdot g}{2}$	Fallhöhe in $[m]$

3.3. Beschleunigung, Verzögerung a :

Bei Beschleunigung bzw. Verzögerung gelten die selben Formeln wie beim freien Fall mit dem Unterschied das anstelle der gegebenen Fallbeschleunigung g die spezifische Beschleunigung a bzw. Verzögerung a steht, welche erst errechnet werden muss.

$a = \frac{2 \cdot S}{t^2} = \frac{V_m}{t}$	spez. Beschleunigung in $[\frac{m}{s^2}]$
$S = \frac{a \cdot t^2}{2} = V_m \cdot t$	Strecke oder Höhe in $[m]$
$V_t = a \cdot t$	Endgeschwindigkeit in $[\frac{m}{s}]$
$V_m = \frac{a \cdot t}{2}$	mittlere Geschwindigkeit in $[\frac{m}{s}]$

3.4. Die Dichte ρ und Wichte γ :

$\rho = \frac{m}{V}$	Dichte in $[\frac{kg}{dm^3} \text{ oder } \frac{g}{cm^3}]$
$m = \rho \cdot V$	Masse in $[kg \text{ oder } g]$
$V = \frac{m}{\rho}$	Volumen in $[dm^3 \text{ oder } cm^3]$

$\gamma = \frac{F_G}{V}$	Wichte in $[\frac{N}{m^3}]$
$F_G = \gamma \cdot V$	Gewichtskraft in $[N]$
$V = \frac{F_G}{\gamma}$	Volumen in $[m^3]$

3.5. Kräfte

Die Kraft F :

$F = m \cdot g$	Kraft in $[N]$
$m = \frac{F}{g}$	Masse in $[kg]$
$g = \frac{F}{m}$	Fallbeschleunigung in $[m/s^2]$

Federkraft F :

$F = k \cdot s$	Federkraft in $[N]$
$k = \frac{F}{s}$	Federkonstante in $[N/m]$
$s = \frac{F}{k}$	Federdeformation in $[m]$
$\Delta F = k \cdot \Delta s$	Federkraftsänderung in $[N]$
$\Delta s = \frac{\Delta F}{k}$	Federdeformationsänderung in $[m]$
$k = \frac{\Delta F}{\Delta s}$	Federkonstante in $[N/m]$

Reibungskraft F_R :

$F_R = \mu \cdot F_N$	Reibungskraft in $[N]$
$\mu = \frac{F_R}{F_N}$	Reibungszahl
$F_N = \frac{F_R}{\mu}$	Normalkraft in $[N]$ (rechtwinklig zur Reibungsfläche)

3.6. Drehmoment M :

$M = F \cdot l$	Drehmoment in $[Nm]$
$F = \frac{M}{l}$	Kraft in $[N]$
$l = \frac{M}{F}$	Hebelarm in $[m]$

3.7. Hebelgesetz:

$W_1 = W_2$	Verhältnis zwischen den Arbeiten
$F_A \cdot l_1 = F_B \cdot l_2$	Verhältnis mit den Kräften und Hebelarmen

3.8. Arbeit W :

- direkte Krafteinwirkung

$W = F \cdot s$	Arbeit in $[J]$
$F = \frac{W}{s}$	Kraft in $[N]$
$s = \frac{W}{F}$	Weg in $[m]$

- Indirekte Krafteinwirkung

$W = F \cdot \cos\alpha \cdot s$	Arbeit in $[J]$
$F = \frac{W}{\cos\alpha \cdot s}$	Kraft in $[N]$
$s = \frac{W}{F \cdot \cos\alpha}$	Weg in $[m]$
$\alpha = \cos^{-1} \frac{W}{F \cdot s}$	Einwirkungswinkel in $[Grad]$

Hubarbeit W_H :

$W = m \cdot g \cdot h$	Hubarbeit in $[J]$
$m = \frac{W_H}{g \cdot h}$	Masse in $[kg]$
$g = \frac{W_H}{m \cdot h}$	Fallbeschleunigung in $[\frac{m}{s^2}]$
$h = \frac{W_H}{m \cdot g}$	Höhe in $[m]$
$m \cdot g = F_N$	Normalkraft in $[N]$

Reibungsarbeit W_R :

$W_R = F_R \cdot s_R$	Reibungsarbeit in $[J]$
$W_R = F_N \cdot N \cdot s_R$	Reibungsarbeit in $[J]$
$W_R = m \cdot g \cdot N \cdot s_R$	Reibungsarbeit in $[J]$
$N = \frac{W_R}{F_N \cdot s_R} = \frac{W_R}{m \cdot g \cdot s_R}$	Reibzahl

Federarbeit W_F :

$W_F = \frac{F_1 + F_2}{2} \cdot \Delta s = \frac{F \cdot s}{2}$	Federarbeit in $[J]$
$F_1 = \frac{2 \cdot W_F}{\Delta s} - F_2$	bereits gespeicherte Kraft der Feder in $[N]$
$F_2 = \frac{2 \cdot W_F}{\Delta s} - F_1$	zusätzliche Deformationskraft in $[N]$
$\Delta s = \frac{2 \cdot W_F}{F_1 + F_2}$	Deformationsweg in $[m]$

Beschleunigungsarbeit W_B :

$W_B = \frac{m \cdot v^2}{2}$	Beschleunigungsarbeit in $[J]$
$m = \frac{2 \cdot W_B}{v_2^2}$	Masse in $[kg]$
$v_2 = \frac{2 \cdot W_B}{m}$	Endgeschwindigkeit in $[\frac{m}{s}]$

3.9. Leistung P :

$P = \frac{W}{t} = M \cdot \omega$	Leistung in $[W]$
$W = P \cdot t$	Arbeit in $[J]$
$t = \frac{W}{P}$	Zeit in $[s]$
$M = \frac{P}{\omega}$	Drehmoment in $[Nm]$
$\omega = \frac{P}{M}$	Winkelgeschwindigkeit in $[1/s]$

4. Geometrie

4.1. Flächen, Umfang, Seiten, Diagonalen

Quadrat:

$A = a \cdot a = a^2$	Fläche
$a = \sqrt{A}$	Seitenlänge
$e = a \cdot \sqrt{2}$	Diagonale
$U = 4 \cdot a$	Umfang

Rombus, Raute:

$A = a \cdot h$	Fläche
$a = \frac{A}{h}$	Seitenlänge
$U = 4 \cdot a$	Umfang

Rechteck:

$A = a \cdot h$	Fläche
$a = \frac{A}{h}$	Seitenlänge
$h = \frac{A}{a}$	Höhe
$e = \sqrt{a^2 + h^2}$	Diagonale
$U = 2a + 2h$	Umfang

Romboid, Parallelogramm:

$A = a \cdot h$	Fläche
$a = \frac{A}{h}$	Seitenlänge
$h = \frac{A}{a}$	Höhe
$U = 2a + 2b$	Umfang

Dreieck:

$A = \frac{a \cdot h}{2}$	Fläche
$a = \frac{2A}{h}$	Grundlinie
$h = \frac{2A}{a}$	Höhe

- heronische Formel

$A = \sqrt{s \cdot (s-a) \cdot (s-b) \cdot (s-c)}$	Fläche
$s = \frac{a+b+c}{2}$	halber Umfang

- im rechtwinkligen Dreieck gilt

Pythagoras:

$c^2 = a^2 + b^2$	Grundsatz
$c = \sqrt{a^2 + b^2}$	Hypotenuse
$a = \sqrt{c^2 - b^2}$	Kathete
$b = \sqrt{c^2 - a^2}$	Kathete

Trapez:

$A = \frac{a+c}{2} \cdot h$	Fläche
$A = m \cdot h$	Fläche
$m = \frac{a+c}{2}$	Mittellinie
$a = \frac{2A}{h} - c$	untere Grundlinie
$c = \frac{2A}{h} - a$	obere Grundlinie

Kreis:

$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = r^2 \cdot \pi$	Fläche
$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$	Durchmesser
$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$	Radius
$U = 2 \cdot r \cdot \pi = D \cdot \pi$	Umfang

4.2. Volumen, Oberfläche, Körperdiagonale

Würfel:

$V = a^3$	Volumen
$a = \sqrt[3]{V}$	Kantenlänge
$D = a \cdot \sqrt{3}$	Körperdiagonale
$O = 6 \cdot a^2$	Oberfläche

Quader:

$V = a \cdot b \cdot h$	Volumen
$a = \frac{V}{b \cdot h}$	Länge
$b = \frac{V}{a \cdot h}$	Breite
$h = \frac{V}{a \cdot b}$	Höhe
$D = \sqrt{a^2 + b^2 + h^2}$	Körperdiagonale
$O = 2 \cdot (ab + bh + ah)$	Oberfläche

Zylinder:

$V = A \cdot h = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot h = r^2 \cdot \pi \cdot h$	Volumen
$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}}$	Durchmesser
$r = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}$	Radius
$h = \frac{V}{A}$	Höhe
$M = d \cdot \pi \cdot h$	Mantelfläche
$O = d \cdot \pi \cdot \left(h + \frac{d}{2} \right)$	Oberfläche

Kugel:

$V = \frac{d^3 \cdot \pi}{6}$	Volumen
$d = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}} = \sqrt{\frac{O}{\pi}}$	Durchmesser
$O = d^2 \cdot \pi$	Oberfläche

5. Trigonometrie

5.1. Grundfunktionen für rechtwinkliges Dreieck

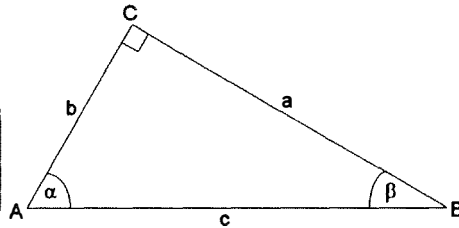
Vorsicht $a \neq \alpha$!

Sinusfunktion:

$$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{a}{c}$$

Cosinusfunktion:

$$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{b}{c}$$



Tangensfunktion:

$$\tan \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Ankathete}} = \frac{a}{b}$$

5.2. Winkelsätze für allgemeines Dreieck

Sinussatz:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}, \dots$$

$$a:b:c = \sin \alpha : \sin \beta : \sin \gamma$$

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

$$a \cdot \sin \beta = b \cdot \sin \alpha$$

$$b \cdot \sin \gamma = c \cdot \sin \beta$$

$$a \cdot \sin \gamma = c \cdot \sin \alpha$$

Cosinussatz:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

$$a = \sqrt{b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c}$$

$$b = \sqrt{a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta}$$

$$\cos \beta = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2 \cdot a \cdot c}$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma}$$

$$\cos \gamma = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2 \cdot a \cdot b}$$

Projektionssatz:

$$a = b \cdot \cos \gamma + c \cdot \cos \beta$$

$$b = \frac{-c \cdot \cos \beta + a}{\cos \gamma}$$

$$c = \frac{-b \cdot \cos \gamma + a}{\cos \beta}$$

6. Qualitätskontrolle

$$\bar{x} = \text{arith. Mittelwert} = \frac{\sum x_i \cdot n_i}{n} \quad (\sum n_i = n)$$

$$s = \text{Standardabweichung} = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i}{n-1}}$$

$$x_{unt} = \bar{x} - k \cdot s$$

$$x_{unt} = \bar{x} + k \cdot s$$

Faktor k wird aus einer Tabelle gelesen.

Der Wert k ist von der Aussagewahrscheinlichkeit und vom Bereich für den Anteil des Loses abhängig.

Man kann in einer Tabelle nachschauen wie viele fehlerhafte Teile es in einem Los hat, wenn man die Anzahl fehlerhafte Teile mit der Grösse der Stichprobe schneidet.

Der Wert ist in Prozent angegeben: 10.0 33.7 \Rightarrow zwischen 10% und 33.7%.

R = Differenz zwischen dem grössten und dem kleinsten x - Wert

R = Spannweite

$$AOQL = \left(1 - \left[\frac{\text{Stichprobenumfang}}{\text{Losumfang}} \right] \right) \cdot \text{Faktor aus Tabelle 6}$$

AOQL = Anzahl fehlerhafter Teile in Prozent nach der Stichprobe

Losumfang und Faktor werden aus der Tabelle entnommen.