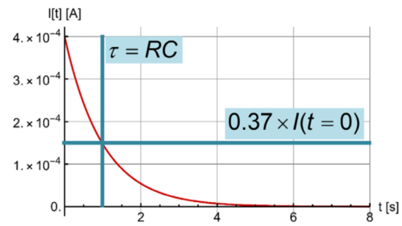
Formeln

In dieser Datei werden alle Formeln und Konstanten zusammen gefasst.

Prefix	Exponent
peta	10^{15}
tera	10^{12}
giga	10^{9}
mega	10^{6}
kilo	10^{3}
hecto	10^{2}
deca	10^{1}
-	10^{0}
dezi	10^{-1}
cento	10^{-2}
milli	10^{-3}
micro	10^{-6}
nano	10^{-9}
pico	10^{-12}
femto	10^{-15}

Elektronik

Thema	Formeln	Erklärung
	$I[A]$	Strom
	$U[V]$	Spannung
Wiederstände	$U = R \cdot I$	Formel für Ohmnische Wiederstände
Wiederstände	$R_{12} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$	Formel zum zwei parallele Wiederstände zusammen zu fassen
Kondensator	$CU_c = Q$	Der Zusammenhang zwischen der Spannung U und der Ladung Q
Kondensator	$Q(t) = CU_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	Wie sich die Ladung Q beim Laden
Kondensator	$U_C(t) = \frac{Q(t)}{C} = U_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	Wie sich die Spannung U beim Laden verhaltet
Kondensator	$I(t) = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$	Wie sich der Strom I beim Laden verhaltet

Thema	Formeln	Erklärung
Kondensator	$\tau = R \cdot C$	Der Kondensator fällt/steigt auf ca $\frac{1}{e} \approx 0.37$ auf/ab in der Zeit  τ

Themische Strahlungen

Konstante	Erklärung
$c = 3 \cdot 10^8 m/s$	Lichtgeschwindigkeit im Vakum
$h = 6.626 \cdot 10^{-34} Js$	Planck'sche Konstante

Formel	Erklärung
$c = \lambda \cdot \nu$	Dies ist der Zusammenhang zwischen der Wellenlänge λ und der Frequenz ν . c ist die Lichtgeschwindigkeit
$E = h\nu$	Die Energie einer Strahlung mit der Frequenz ν. h ist die Plank'sche Konstante
$\rho(\nu) = 1 - \alpha(\nu)$	Umrechnungs Formel zwischen Reflektionskoeffizenten (ρ) und Absorptionskoeffizenten (α)

Noch zu lernen

- B-Felder induziert E-Felder
  - In welche Richtung positive E-Felder anziehen oder abstossen
- Signal-To-Noise-Ratio
- Low und High-Pass-Filter

Chügeli Füsik

Kraft

$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$

Diese Formel nimmt einiges an:

- Bewegung in einer Dimension (keine Vektoren)
- Konstante Beschleunigung (a = const.)
- Start bei $s(0) = 0$
- Anfangsgeschwindigkeit bei

Beschleunigung und co.

Hier sind einige gängige Formeln aufgelistet, welche hilfreich bei Beschleunigung sind. In der obersten Reihe steht, was die Formel ergeben soll. In der ersten Spalte, was sich nicht ändert und somit nicht in der Formel erwähnt wird.

	t	s	v	a
t	-	$s = \frac{v^2}{2a}$	$v = \sqrt{2as}$	$a = \frac{v^2}{2s}$
s	$t = \frac{v}{a}$	-	$v = at$	$a = \frac{v}{t}$
v	$t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$	$s = \frac{at^2}{2}$	-	$a = \frac{2s}{t^2}$
a	$t = \frac{2s}{v}$	$s = \frac{vt}{2}$	$v = \frac{2s}{t}$	-

Energie

Elektrotechnik

Strom, Spannung und Leistung

Ampere ist die Einheit des Stromes I und ist Coulomb pro Sekunde $[Cs^{-1}]$.

Die Höhe zwischen zwei Energiepotentialen nennt sich die Spannung U ($U(\vec{r}_A, \vec{r}_B) = \varphi(\vec{r}_A) - \varphi(\vec{r}_B)$).

Spannung kann aber auch über Arbeit definiert werden. Die Spannung zwischen zwei Punkten A und B ist die Energie pro Ladung, welche frei wird, wenn die Ladung von A nach B bewegt wird: $U = \int_{\vec{r}_A}^{\vec{r}_B} \vec{E} d\vec{r}$. Die kinetische Energie, welche eine Ladung q gewinnt, wenn sie eine Spannung U "herunterfällt" beträgt: $\Delta E_{kin} = \int_{\vec{r}_A}^{\vec{r}_B} \vec{q} \cdot E d\vec{r} = q \cdot U$

Schaltung

Knotenregel

Die Knotenregel besagt, dass was in einen Knoten hinein geht, muss auch wieder aus dem Knoten hinaus.

Oder $I_1 = I_2 + I_3$ bzw. $I_6 = i_5 + I_4$

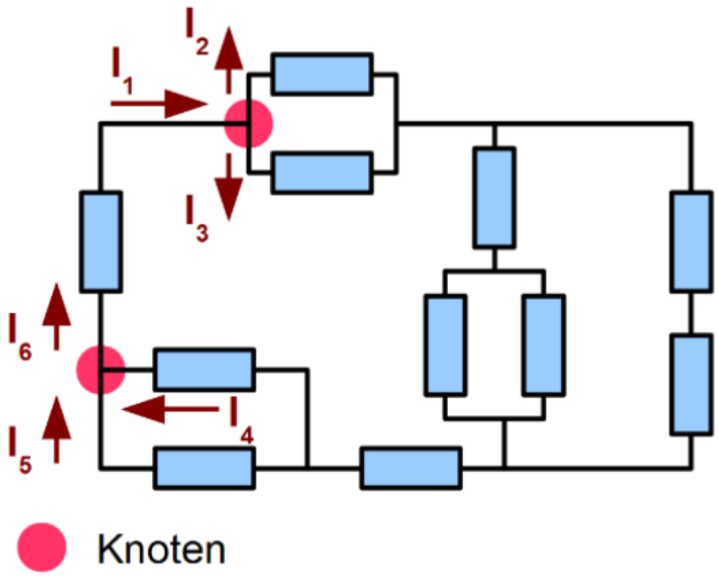


Figure 1: image-20211214084524580

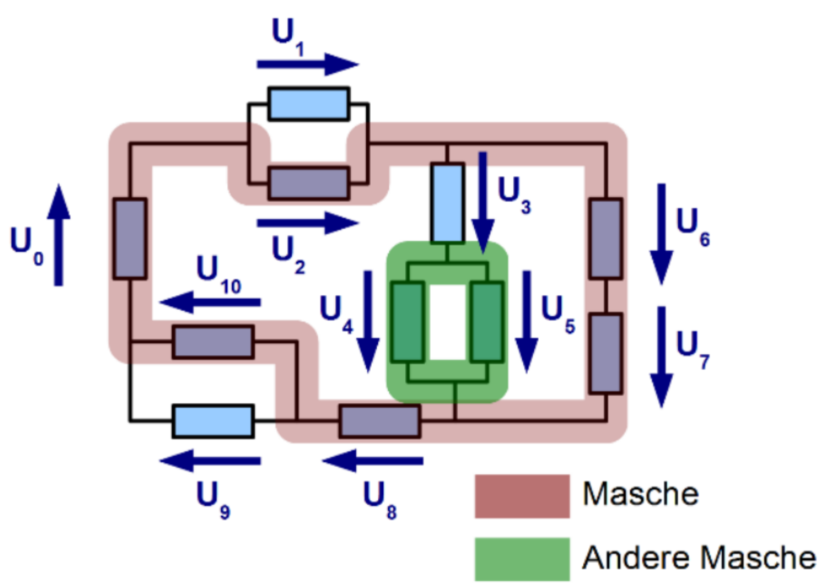


Figure 2: image-20211214084836277

Maschenregel

Die Maschenregel besagt, dass alle Spannungen in einer Masche zusammen 0 ergeben müssen. Man rechnet `plus` wenn es in die Referenzrichtung eines Bauteils geht und `minus`, wenn es gegen die Referenzrichtung geht.

Ebenfalls wichtig zu erwähnt ist, dass eine Batterie in die andere Richtung zeigt, als die anderen Bauteile (Dies ist einwenig komisch im Beispiel oben).

In der grünen Maschen sieht man, wie dies aussehen kann, für eine Masche, welche nicht über die Baterie geht: $U_4 - U_5 = 0$

Batterien

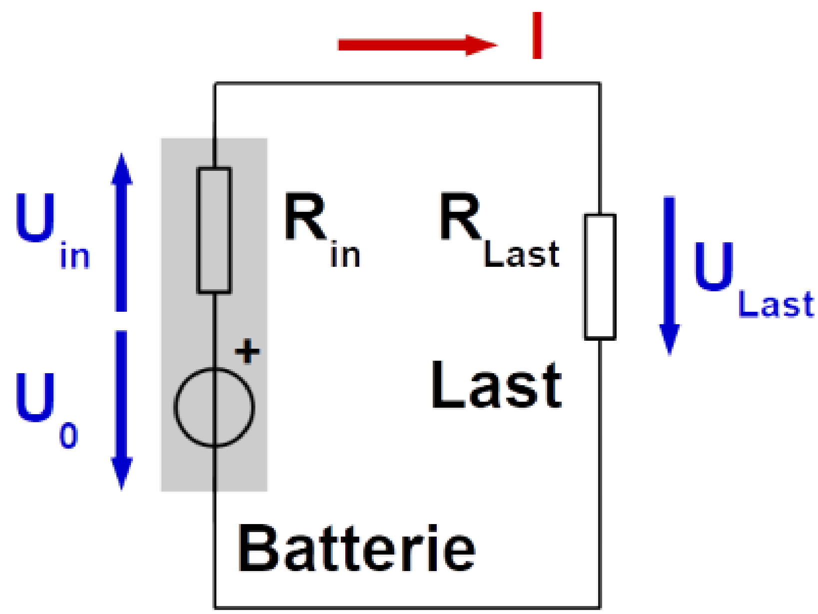


Figure 3: image-20220103103902827

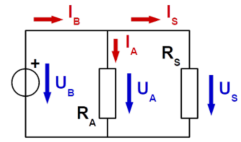
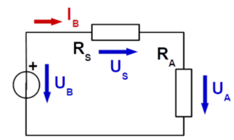
Reale Batterien haben einen Innenwiederstand, welcher in Serie mit der Batterie geschalten ist. Dass heisst, dass die realte Spanung einer Batterie kleiner als U_0 ist, da U_{in} abgezogen werden muss.

Wiederstand

Ein Wiederstand folgt dem Ohm'sche Gesetzt. Dass heisst, ein Wiederstand kann mit $U = R \cdot I$ berechnet werden.

Da für die Leistung gillt $P = U \cdot I$, kann in diese Formel das Ohm'sche Gesetzt eingesetzt werden, um die Formel $P = \frac{U^2}{R} = I^2 R$ zu bekommen.

Wegen der Knoten und Maschenregeln verhalten sich Wiederstände (wie auch andere Bauteile) anderst, jenach dem, ob sie Parallel oder Serial angeschlossen sind.

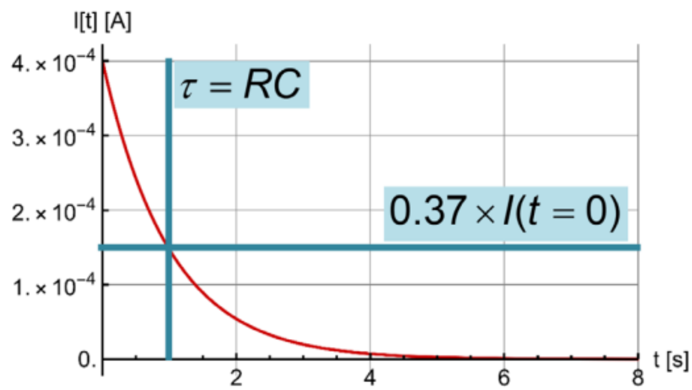
Name	Erklärung	Bild
Parallel geschaltet	In einer Parallelschaltung müssen Wiederstände folgendermassen zusammen gefasst werden: $R_{12} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$	
Seriel geschaltet	In einer Serielschaltung müssen Wiederstände folgendermassen zusamengefasst werden: $R_{12} = R_1 + R_2$	

Kondensator

Ein Kondensator (oder Capacitor) kann man sich als Feder vorstellen, welche aus zwei Metallplatten nahe bei einander bestehen. Es wird Strom hinein "gepumpt". Dies wird immer schwerer, je voller der Kondensator wird, bis am Ende der Kondensator voll ist. Das zweite wichtige an einem Kondensator ist, dass keine Elektronen durch ihn durch fliessen können. Anstelle dessen sammeln sich auf der einen Seite mehr Elektronen an, auf der anderen Seite werden die bereits vorhanden Elektronen abgesaugt.

formel	Erklärung
$\frac{dQ}{dt} = I$	Die Veränderungsrate der Ladung, ist der Strom I
$CU_c = Q$	Der Zusammenhang zwischen der Spannung $U[V]$ und der Ladung Q abhängig von der Kapazität $C[F]$ in Farad
$Q(t) = CU_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	Wie sich die Ladung Q beim Laden
$U_C(t) = \frac{Q(t)}{C} = U_0(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$	Wie sich die Spannung U beim Laden verhaltet

formel	Erklärung
$U_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$	Wie sich die Spannung U beim Entladen verhaltet
$I(t) = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{RC}}$	Wie sich der Strom I beim Laden verhaltet
$\tau = R \cdot C$	Die Zeitkonstante τ . Der Strom des Kondensator fällt auf ca $\frac{1}{e} \approx 0.37$ ab in der Zeit τ oder steigt auf $1-\frac{1}{e} \approx 0.63$ in τ an, wenn der Kondensator geladen wird



Spulen

Wenn durch ein Draht Strom fliesst, entsteht ein Magnetfeld. Dies ist ebenfalls der Fall bei einer Spule. Wenn der Strom hochgefahren wird, dann wird ein Magnetfeld aufgebaut. Dies benötigt aber Energie, was wiederum einen Wiederstand erzeugt.

Wenn der Strom abgebaut wird, wir die Energie des Magnetfeldes wieder zurück in die Spannung gespiessen und über der Spule entsteht eine Spannung, welche den Strom antreibt.

Die Richtung des Magnetfeldes findet man heraus, in dem man die **Rechte**hand nimmt und mit dem Daumen in die Ricthung des **-** zeigt, bzw. die Stromrichtung auf dem Schaltungsplan (nicht die physikalische Stromrichtung, die ist in die andere Richtung).

Formel	Erklärung
$U_L = L\frac{dI}{dt}$	Die Veränderungsrate von dem Strom I mit der Konstante $L[Henry]$ multipliziert, ergibt die Spannung

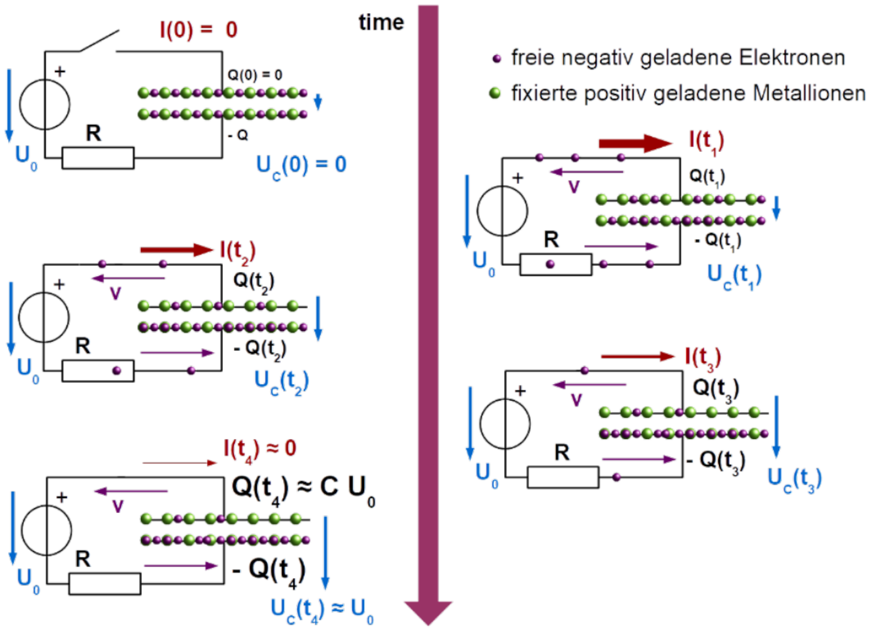


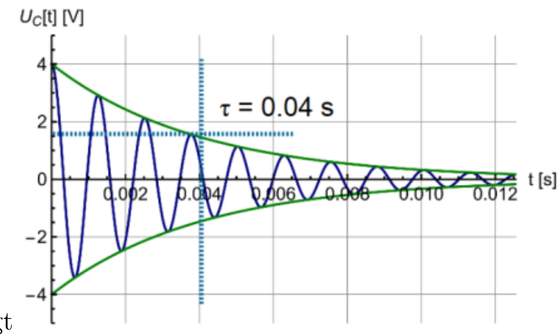
Figure 4: image-20211214222202840

Ungedämpfte Schwingkreise

In einem Schwingungskreis, schwingen die Elektronen zwischen den zwei Platten des Kondensators hin und her. Dies kann man in die folgende Schritte unterteilen:

1. Der Kondensator ist geladen und es herrscht eine Spanung U_0 über dem Kondensator. Der Schalter ist aber noch offen.
2. Der Schalter s_1 wurde geschlossen und der Strom fliesst. Wegen dem Maschensatz muss $U_C = U_L$ sein. Da die Spannung $U_C$wächst, muss auch der Strom I wachsen und somit ein Magnetfeld über L entstehen.
3. Der Strom I und somit auch das Magnetfeld B sind maximal. Irgendwann wird der Kondensator leer sein (Auf beiden Seiten der Platte sind gleich viele Elektronen) und U_L und UC sind 0. Somit gilt auch $I = 0$.
4. Da nun der Strom in der Spule freigesetzt wird, lädt sich der Kondensator wieder auf (allerdings mit einem anderen Vorzeichen) und so entsteht wieder eine Spannung U_C über dem Kondensator.
5. So bald die Spule "leer" ist, wechselt die Stromrichtung wieder
6. Der Zyklus wiederholt sich nun wiede

Formel	Erklärung
$Q(t) = CU_0 \cdot \cos(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t)$	Die Ladung Q eines Schwinungskreises

Formel	Erklärung
$I(t) = -\sqrt{\frac{C}{L}} \cdot U_0 \cdot \sin(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t)$	Der Strom I eines Schwinungskreises
$U_L(t) = -\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot U_0 \cdot \cos(\frac{1}{\sqrt{LC}} \cdot t)$	Die Spannun U_L eines Schwinungskreises
$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	Die Frequenz f, mit welcher der Schwingunskreis schwingt
$T = 2\pi\sqrt{LC}$	Die Periodendauer T, welche eine Schwinung des Schwingungskreis  benötigt

Gedämpfte Schwingungskreise

Der Strom im Schwinungskreis wird schwächer, wenn $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ (oder wenn $\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{LC}$ ist) Wenn dies gegeben ist, dann ist es ein gedämpfter Schwingungskreis.

Formel	Erklärung
$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \cos(\omega_d t - \phi_0)$	Die Ladung des Schwinungskreis1
$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$, $T = \frac{1}{f}$	Die (Kreis-)frequenz ω_d
$\tau = \frac{2L}{R}$	Die Zeitkonstante τ der Dämpfung. Der Strom des Kondensator fällt/steigt auf ca $\frac{1}{e} \approx 0.37\%$ auf/ab in der Zeit τ

Low-Pass und High-Pass-Filter

Bei einem Low-Pass-Filter werden die tiefen Frequenzen durchgelassen und die Hochen weggefiltert.

Bei einem High-Pass-Filter ist es umgekehrt und die hochen Frequenzen werden duch gelassen und die tiefen weggefiltert.

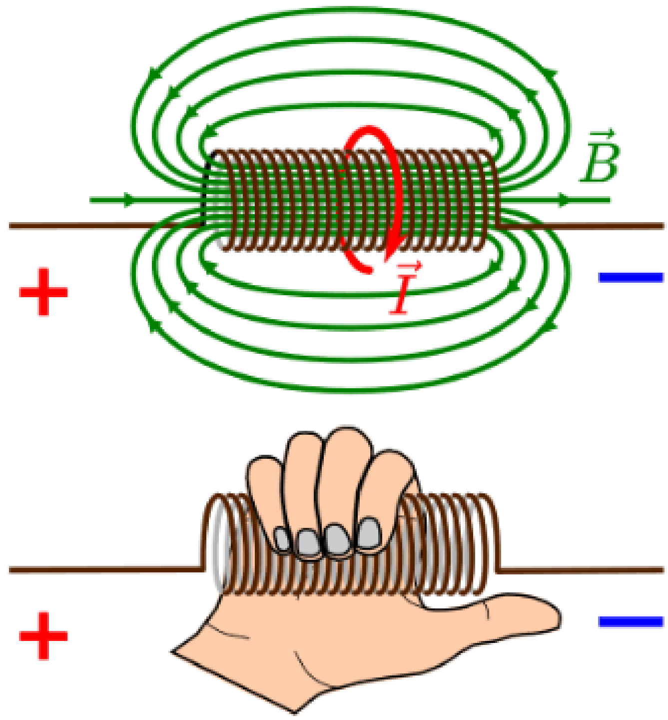


Figure 5: image-20220103101153203

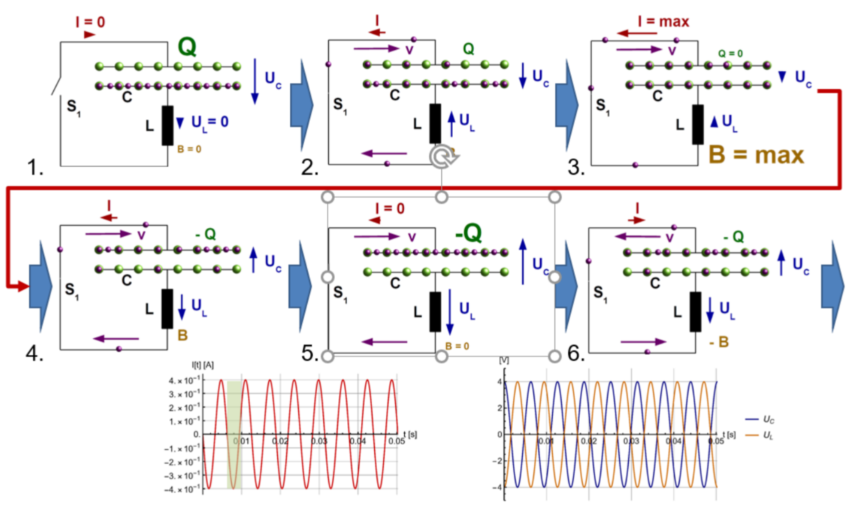


Figure 6: image-20220103114503186

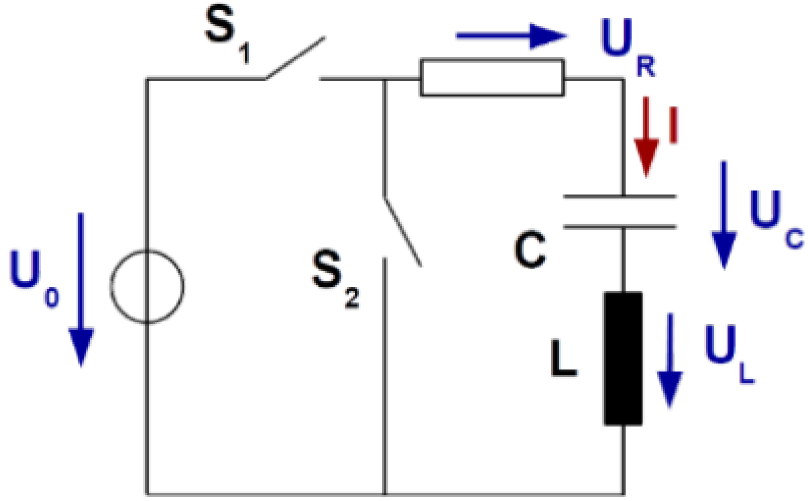


Figure 7: image-20220103113957109

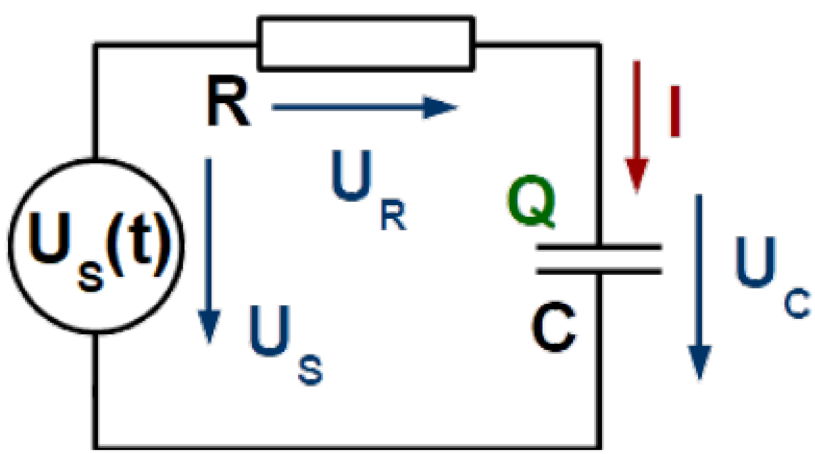


Figure 8: image-20220118101506997

Über dem Wiederstand misst man ein Signal, bei welchem die tiefen Frequenzen gedämpft wurden und die hochen Frequenzen fast unverändert. Dies wäre ein High-Pass-Filter.

Hingegen über dem Kondensator misst werden die hochen Frequenzen gedämpft und die tiefen durchgelassen, was ein Low-Pass-Filter ist.

Draht

Der Wiederstand in einem Kabel ist ungefähr: $R = \rho \frac{L}{A}$, wobei ρ den `spezifischen Wiederstand` mit der Einheit $[mm^2 m^{-1} \Omega]$. L ist die Länge in $[m]$ und A ist die Querschnittsfläche in $[mm^2]$.

Karnaugh-Veitsch Diagramme

Ein KV-Diagram kann praktisch sein, um eine Wahrheitstabelle mit vier Inputs in eine Schaltung zu verwandeln.

Dafür wird zuerst die Wahrheitstabelle in das folgende Raster einführt. Dabei ist oben, bzw. auf der linken Seite das erste Bit und auf der unteren/rechten Seite das linke Bit. Das Feld oben rechts stellt also für den Wert aus der Wahrheitstabelle A=1, B=0, C=0, D=0.

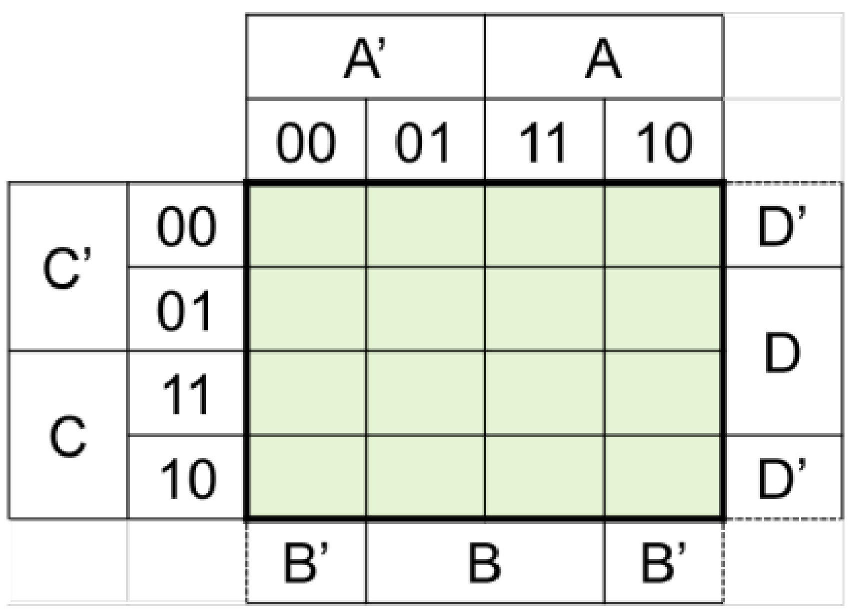


Figure 9: image-20211214223928125

Wenn dies getan ist, versucht man Blöcke mit Einsen zu finden. Die Blöcke können 1, 2, 4, 8 oder 16 lang und/oder breit sein. Falls es egal ist, ob ein Input `0` oder `1` ist, kann er so betrachtet werden, dass es schönere Blöcke gibt. Ebenfalls wichtig, ein Block darf über die Kante hinausgehen.

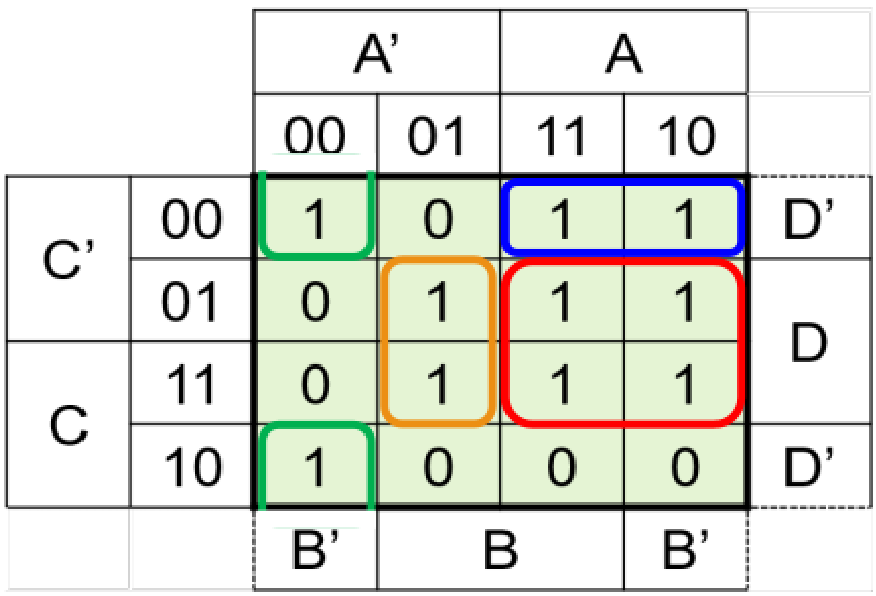


Figure 10: image-20211214224241740

Im letzten Schritt wird nun aus den Blöcken Und-Schaltungen gebaut. Dabei müssen zwei Dinge beachtet werden:

1. Wenn ein Block über den not und "normalen" Block geht (z.B. A und not-A), dann muss das And-Gate keine Verbindung zu diesem Input haben, da es in beiden Fällen true ist.
2. Wenn ein Block nur übr ein Block geht (z.B. nur über den A oder nur den not-A Block), dann muss das And-Gate mit diesem Input verbunden sein.

Hier sieht man noch das Beispiel für die oberigen Blöcke.

Transformer

Stromnetz

In unserem Stromnetzt werden mehrere Spannungen genützt. Zum einten möchte man hohe Spannungen fürs Transportieren von Strom benützten, da dies um einiges effizienter ist. Allerdings ist es zu gefährlich Hochspannung direkt im

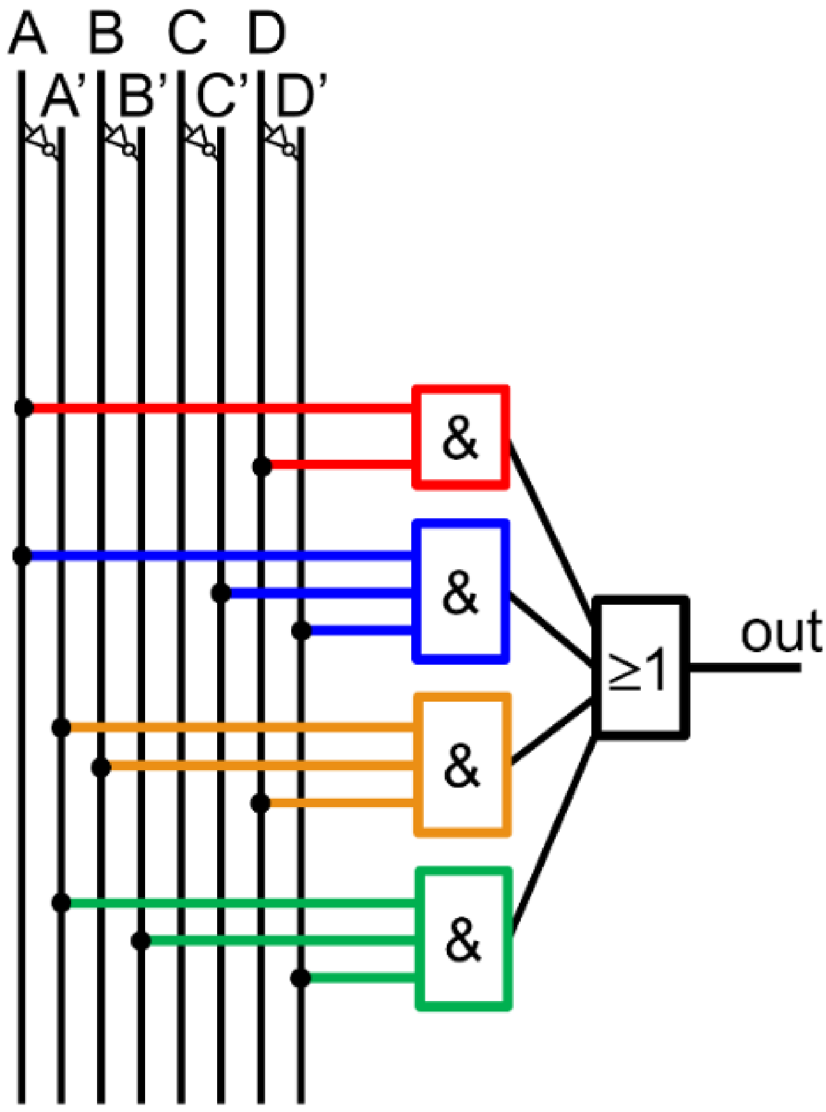


Figure 11: image-20211214224900920

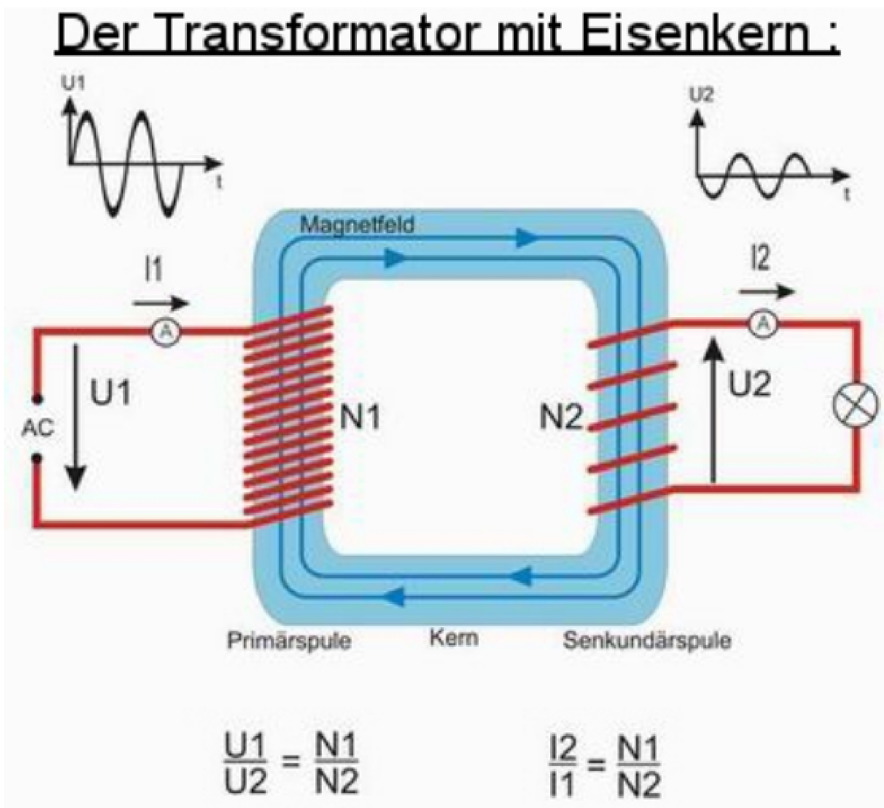


Figure 12: image-20220104151445582

Haus zu gebrauchen. Daher hat man vier Netzebenen, welche mit Transformern gekoppelt sind.

- 1 Ebene - **Höchstspannungsebene**: 380kV, bzw. 220 kV aus dem Kraftwerk oder vom Ausland
- 3 Ebene - **Hochspannungsebene**: 36kV - 150kV: Überregionale Verteilungsnetzte
- 5 Ebene - **Mittelspannungsebene**: 1kV - 36kV: Regionale Verteilungsnetzte
- 7 Ebene - **Niederspannungsebene**: < 1kV: Lokale Verteilungsnetzte

Die Ebenen 2, 4 und 6 sind die Transformatorenebenen. Auf diesen Ebenen wird der Strom auf die nächst tiefere oder höhere Ebene transformiert.

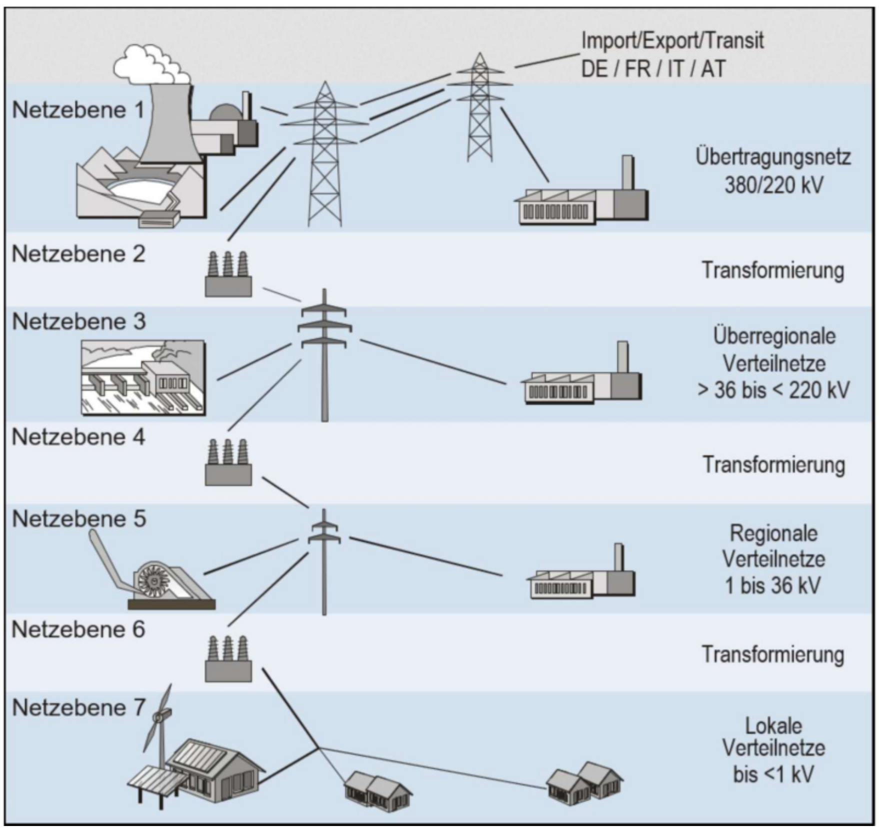


Figure 13: image-20220103140847932

Wechsel- vs. Gleichstrom

Man hat sich in der Vergangenheit auf Wechselstrom geeinigt, weil es relativ einfach ist, Wechselstrom zu transformieren. Heute ist dies aber auch mit Gleichstrom möglich. Gleichstrom erzeugt weniger Verlüste, wenn transportiert auf lange Streckenen, als Wechselstrom, da Wechselstrom nah an der Kabeloberflächse fliest und daher ein stärkeres Magnetfeld erzeugt.

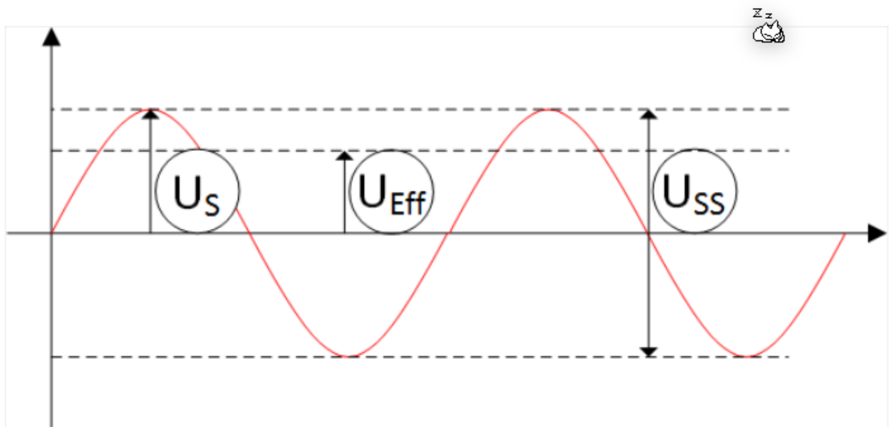


Figure 14: image-20220117113947166

Der U_{Eff} kann mit der folgender Formel berechnet werden: $U_{Eff} = \frac{U_S}{\sqrt{2}}$. Dies berechnet den quadratischen Mittelwert einer Wechselspannung.

Der Sinus kann mit der folgenden Formel angegebene werden: $f(t) = U_{Eff}\cos(\omega \cdot t) = U_{Eff}\cos(f \cdot 2\pi \cdot t)$

Drehstrom

(Siehe Script_GED_Lect_3_4.pdf)

Drehstrom ist praktisch für Motoren, da es keine "Totenpünkte" gibt, an dem ein Magnet stoppen könnte. Zudem sind alle Häuser in der Schweiz an einem Drehstrom angeschlossen.

Auf den Aussenleiter wird der Strom "transportiert" und stehen gegenüber der Erde unter einer Spannung von 230V.

Der Neutralleiter ist der "Ausgang" für die Elektronen, welche über die Aussenleiter hinein gepumpt werden.

Gefahr durch Strom

Wie gefährlich Strom ist hängt von der Stromstärke und der Dauer ab.

Gefahrebereiche:

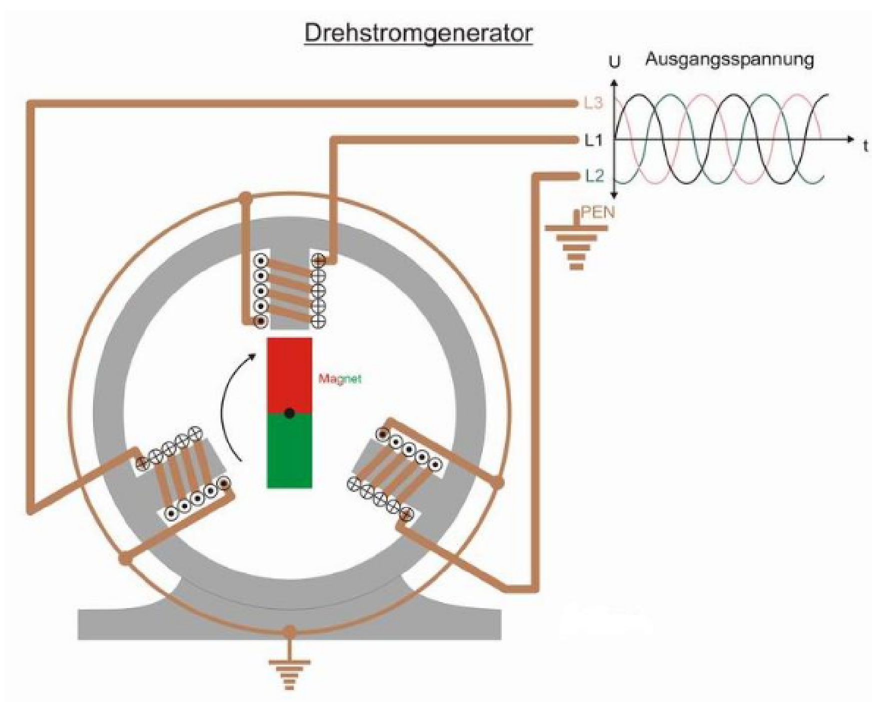


Figure 15: image-20220103142228384

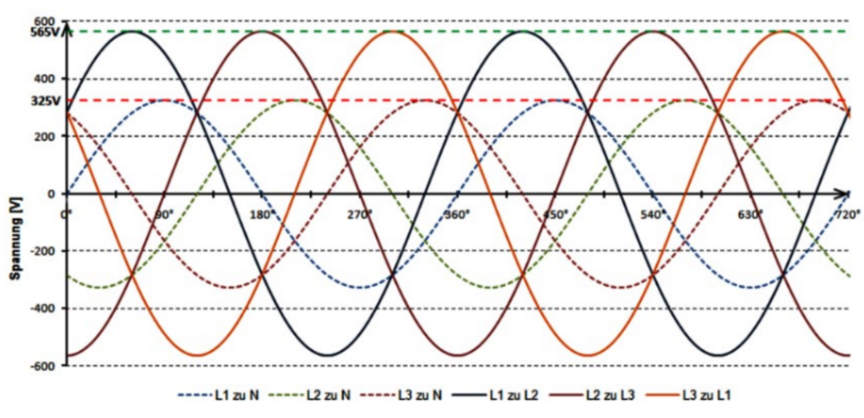


Figure 16: image-20220103142315654

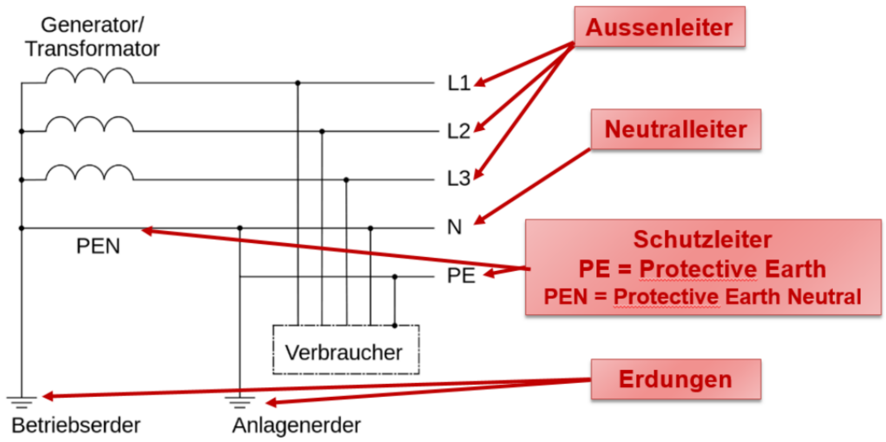


Figure 17: image-20220103142412064

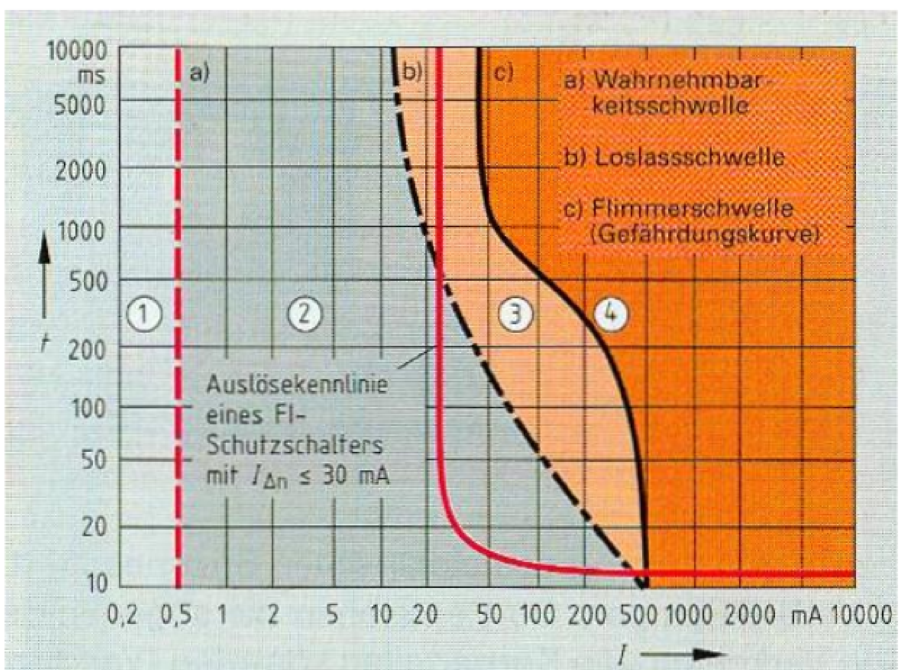


Figure 18: image-20220103142734079

1. Wird nicht wahrgenommen, da der Strom zu klein ist
2. Kribbeln, Krämpfte, aber keine bleibenden Schäden
3. Stromquelle kann wegen Museklverkrampfung nicht mehr losgelassen werden (bei Gleichstrom)
4. Tödlich, wegen z.B. Herzkammerflimmern

Elektromagnetismus

Formeln

Formel	Erklärung
$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{\lvert\vec{r}_{12}\rvert^2} \cdot \vec{n}_{12}$	Kraft zwischen den Ladungen Q_1 und Q_2. Der Einheitsvektor $\vec{n}_{12}$ von Ladung Q_2 zu Q_1 $\vec{n}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{\lvert\vec{r}_{12}\rvert}$(Konstante: $\varepsilon_0 = 8.859 \cdot 10^{-12}[\frac{C^2}{Jm}]$)
$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{\lvert\vec{r}-\vec{r}_Q\rvert^2} \cdot \frac{\vec{r}-\vec{r}_Q}{\lvert\vec{r}-\vec{r}_Q\rvert}$	Das Elektrische Feld $\vec{E}$ einer Ladung am Ort $\vec{r}_Q$, welches von der Ladung Q erzeugt wurde
$\vec{F} = q\vec{E}(\vec{r}, t)$	Die Kraft $\vec{F}$, mit welcher das Feld $\vec{E}$ die Probeladung q beschleunigt
$\vec{F}_L = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$	Die Kraft, eines Magnetfeldes auf eine Ladung q, welche sich mit $\vec{v}$ bewegt.
$m = \frac{rq\lvert\vec{B}\rvert}{v}$	Spezialfall, wenn $\vec{v}$ senkrecht auf $\vec{B}$ steht und $\vec{B}$ konstant ist. m ist die Masse von der Ladung q mit der Geschwindigkeit $\vec{v}$

$$\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_y b_z - b_y a_z \\ a_z b_x - b_z a_x \\ a_x b_y - b_x a_y \end{pmatrix}$$

Figure 19: Vectors and Matrices

Auf dem TI-nspire cx gibt es den Befehl $crossP(x, y)$, um mit den Vektoren $\vec{x}$ und $\vec{y}$ ein Kreuzprodukt zu rechnen.

Das Skalarprodukt ist folgendermassen definiert: $\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos(\alpha)$ Aus dem kann geschlossen werden, dass wenn $\alpha = 90$ř , bzw. die Vektoren $\vec{a}$ und $\vec{b}$ senkrecht aufeinander stehen, dass das Skalarprodukt `0` is

Linienintegrale

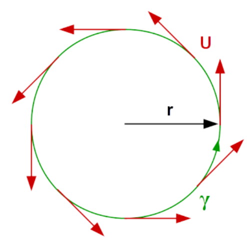
$W = \int_\gamma \vec{F} \cdot d\vec{\gamma}$

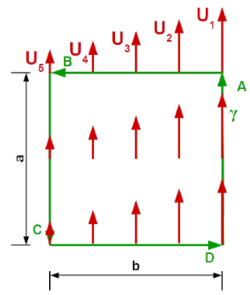
Arbeit wurde in der BMS als $W = F \cdot s$ definiert. Nun kann aber F und s auch Vektoren sein. Hier kommt das Linienintegral ins Spiel, denn mit diesem kann man die Arbeit mit Vektoren ausrechnen.

Der Vektor $\vec{F}$ und $\vec{\gamma}$ müssen nicht umbedingt in dieselbe Richtung zeigen. Wenn man z.B. einen Schlitten zieht, hat die Kraft $\vec{F}$ ca. eine 45° gegen oben, während $\vec{\gamma}$ die Strecke des Schlittens darstellt.

Spannung kann auch als Linienintegral angesehen werden: $U(\gamma) = \int_\gamma \vec{E} \cdot d\vec{\gamma}$

Spezialfälle

Name	Formel	Bild
KreisDas Vektorfeld liegt überall tangential an der Kurve und alle Vektoren haben dieselbe Länge.	$\int_\gamma \vec{U} \cdot d\vec{\gamma} = 2\pi r \vert\vec{U}\vert$	

Name	Formel	Bild
RechteckDas Vektorfeld ist parallel zu zwei Seiten (A, C) des Rechteck. Entlang einer Seite haben die Vektoren eine konstante Grösse	$\int_\gamma \vec{U} \cdot d\vec{\gamma} = aU_1 - aU_5$	

Flussintegrale

Beim Flussintegral wie viel Volumen vdt fliesst durch A, wenn es die Geschwindigkeit $\vec{U}$ hat. Dies kann als Integral geschrieben werden, in GED wird allerdings nur folgende Spezialfälle behandelt.

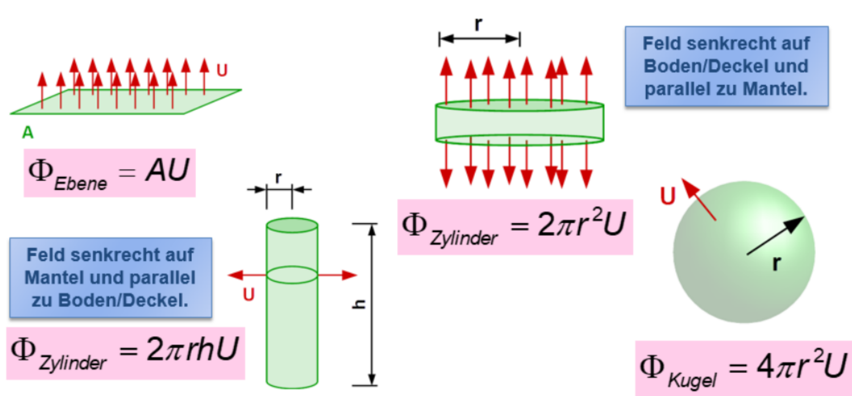


Figure 20: image-20220104110204705

U sind in diesen Formel die Länge der Pfeile.

Gleichung	Interpretation
$\Phi_{\vec{E}}(\Sigma) = \int_V \frac{\rho}{\varepsilon_0} dV$	**Gauss'sches Gesetz:** Der Fluss des elektrischen Feldes $\vec{E}$ durch eine geschlossene Fläche Σ ist gleich dem Volumenintegral über die Ladungsdichte ρ / ε_0 innerhalb von Σ, also gleich der von Σ eingeschlossenen Ladung Q geteilt durch ε_0.
$\Phi_{\vec{B}}(\Sigma) = 0$	Der Fluss des magnetischen Feldes $\vec{B}$ durch eine geschlossene Fläche Σ ist gleich 0.
$\int_\gamma \vec{E} \cdot d\vec{\gamma} = -\frac{d}{dt}\Phi_{\vec{B}}(\Omega)$	**Faraday'sches Gesetz:** Das Linienintegral des elektrischen Feldes $\vec{E}$ über eine Kurve γ ist gleich der zeitlichen Änderung des negativen Flusses des magnetischen Feldes durch eine von γ berandete Fläche Ω.
$\int_\gamma \vec{B} \cdot d\vec{\gamma} = \mu_0 \Phi_{\vec{j}}(\Omega) + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d}{dt}\Phi_{\vec{E}}(\Omega)$	Das Linienintegral des magnetischen Feldes $\vec{B}$ über eine Kurve γ ist gleich der zeitlichen Änderung des Flusses des elektrischen Feldes (mal $\mu_0\varepsilon_0$) durch eine von γ berandete Fläche Ω plus dem Fluss der Stromdichte durch Ω mal μ_0

Figure 21: image-20220104113959038

Maxwellgleichungen

Geschlossene und nicht-geschlossene Flächen

Eine geschlossene Fläche hat keinen Rand (wie zB. eine Kugel) und es gibt ein klares Innen und Aussen.

Eine nicht geschlossene Fläche hat einen Rand.

Gauss'sche Gesetzt

Metalle

Rechte-Hand Regel

Rechte-Hand Regel 2

Wenn der Daumen in die technische Stromrichtung zeigt, dann zeigen die Finger den Umlaufsinn des $\vec{B}$-Feldes an.

Vektorfelder

$$\vec{E}(x,y,z,t) = \begin{bmatrix} E_x(x,y,z,t) \\ E_y(x,y,z,t) \\ E_z(x,y,z,t) \end{bmatrix}$$

Ein Vektor kann ein 2D oder 3D Koordinatensystem sein, in welchem Vektoren in eine Richtung zeigen. Diese Richtung kann zusätzlich auch noch von der Zeit abhängig sein.

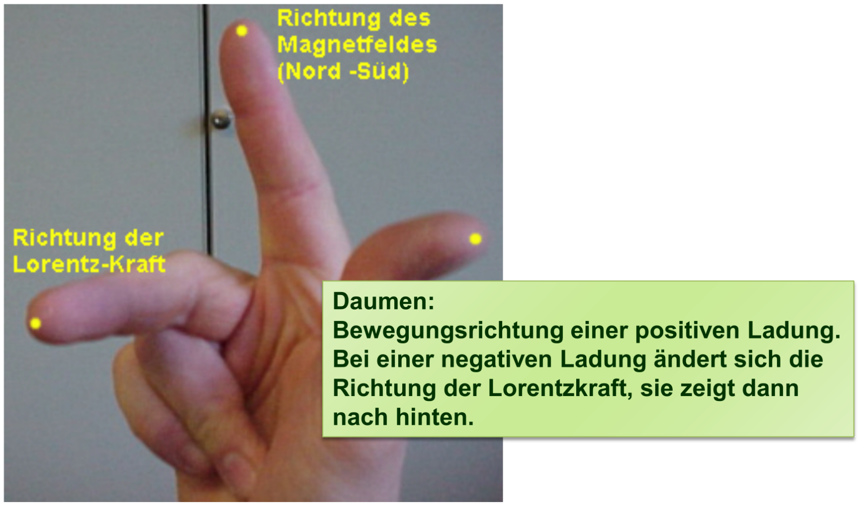


Figure 22: image-20211214232110895

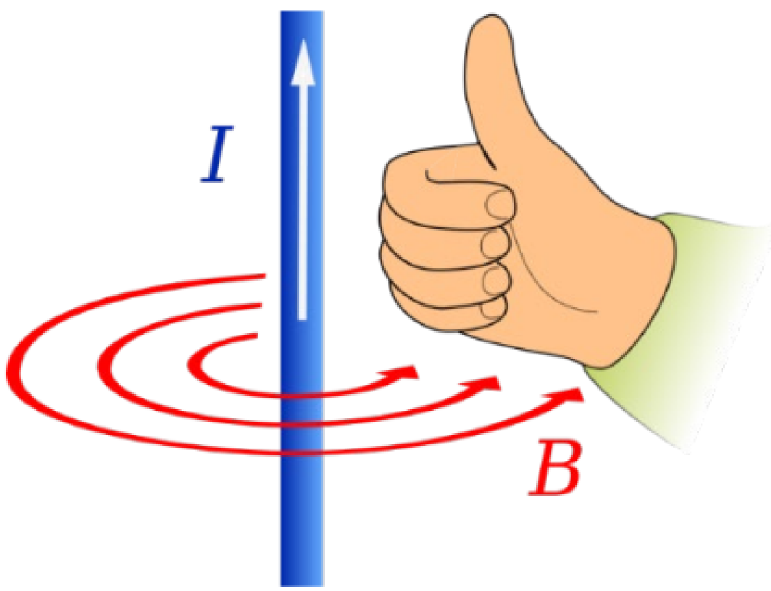


Figure 23: image-20211214232227379

Magnetfeld

$[\vec{B}(\vec{r},t)] = \frac{Ns}{Cm} = \frac{\text{Newton Sekunden}}{\text{Coulomb Meter}} = \frac{kg}{sC} = \text{Tesla}$

Ein Magnetfeld wird in Teslas angegeben. Dabei ist ein Tesla kg pro Coulomb Sekunde oder Newton Sekunden pro Coulomb Meter.

Um zu berechnen, mit vieviel Kraft ein Objekt mit einer Ladung beeinflusst wird, gibt es folgende Formel: $\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})$

Elektrofeld

$[\vec{E}(\vec{r},t)] = \frac{N}{C} = \frac{V}{M} = \frac{kg}{ms^3A}$

Ein Elektrofeld wird Newton pro Coulomb, Volt pro Meter oder Kilogram pro Meter Sekunden³ Amper angegeben. Die Einheiten bedeuten dasselbe (Coulomb = Amper Sekunde)

Wenn ein Leiter positiv geladen ist, wirkt er abstossend zu Elektronen, wenn ein Leiter negative geladen ist, dann wirkt er anziehend. Zu dem sind die Pfeile im senkrecht auf dem Leiter.

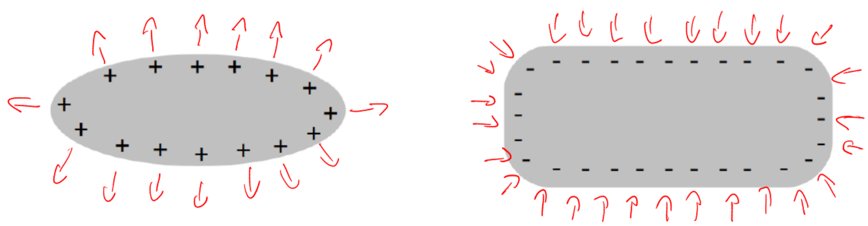


Figure 24: image-20220104094304282

Um das Elektrofeld einer einzuelne Ladung zu berechnen, kann die folgende Formel verwendet werden

Magnete

Magnete haben immer einen Nord- und Südpol. Wenn man ein Magnet trennt, entstehen zwei neue Magnete, mit jeweils einem Nord- und Südpol.

Wie auch bei elektrischen Feldern kann man auch bei magnetischen Feldern Linien zeichnen.

Magnete wirken eine Kraft auf **bewegte Ladung** aus. Auf ruhende Ladung hat es keinen Effekt. Diese Kraft nennt sich Lorentz-Kraft und kann mit folgender Formel berechnet werden: $\vec{F}_L = q \cdot (\vec{v} \times \vec{B})$

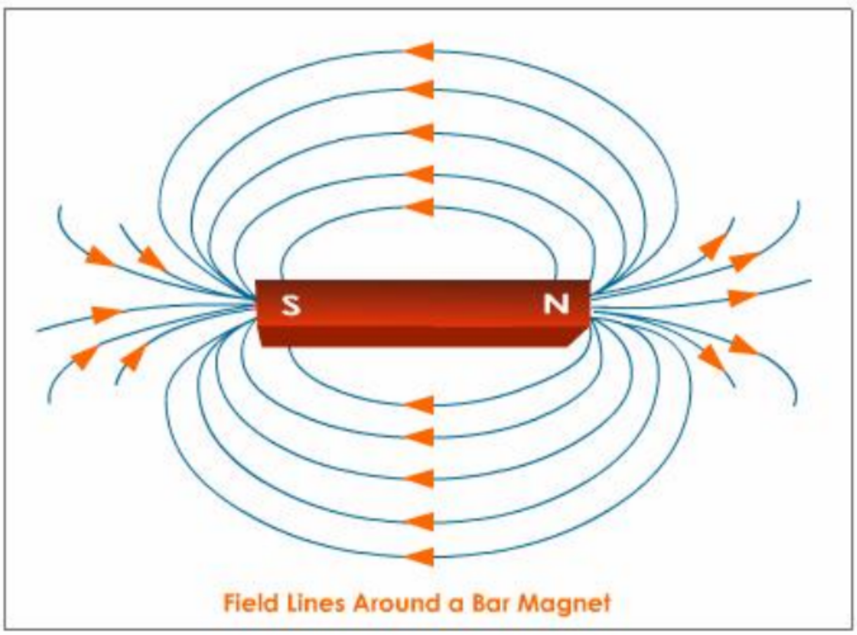


Figure 25: image-20220103161401206

Wenn $\vec{v}$ senkrecht auf $\vec{B}$ steht,und $\vec{B}$ konstant ist, kann mit folgender Formel den Zusammenhang von der Geschwindigkeit der Ladung $\vec{v}$ mit dem Magnetfeld $\vec{B}$ und dem Radius r beschrieben werden: $m = \frac{rq|\vec{B}|}{v}$

Bei Elementarteilchen ist die Ladung entweder 0, e oder $-e$.

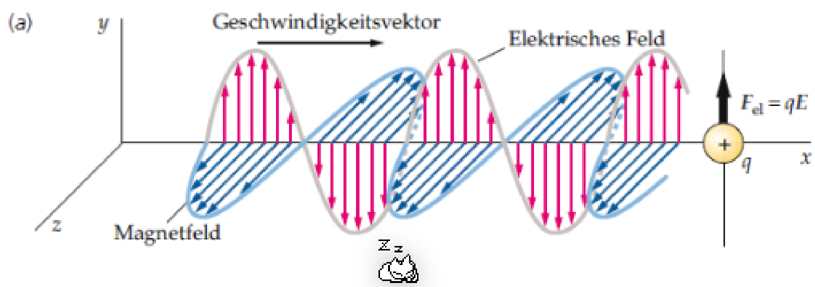
Intensität

Die Intensität einer ebenen Welle kann mit der folgenden Formeln berechnet werden:

$$I_{em} = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0} = \frac{E_0^2}{2c\mu_0} = \frac{cB_0^2}{2\mu_0}$$

Dabei ist μ_0 die magnetische Feldkonstante $1.257 \cdot 10^{-6} = 4\pi \cdot 10^{-7}$

Strahlendruck



$$p_s = \frac{I_{em}}{c} = \frac{E_0 B_0}{2c\mu_0} = \frac{E^2}{2c^2\mu_0} = \frac{B_0^2}{2\mu_0}$$

Termische Strahlung

Wichtig: Alle Temperaturen sind in Kelvin.

Um von Celsius zu Kelvin zu konvertieren: $T_{kelvin} = T_{celsius} + 273.15$

Formeln

Formel	Erklärung
	E

Sichtbares Licht

Sichtbares Licht:

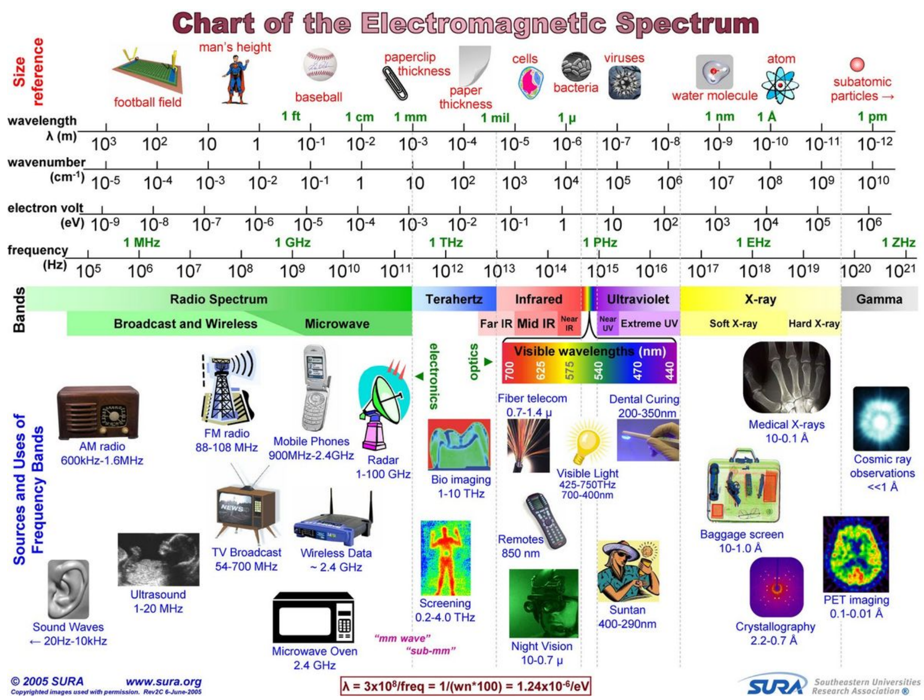
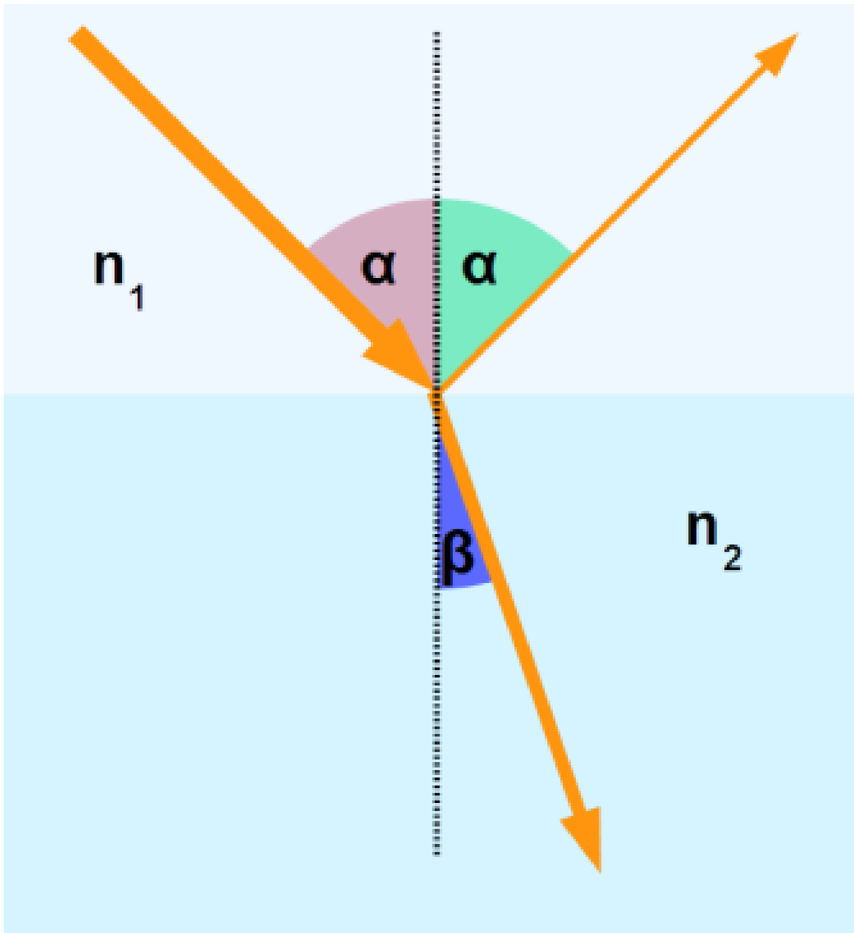


Figure 26: PHYSICS Form 4 Form5: Electromagnetic (EM) waves

Lichtbrechung



$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{c_1}{c_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Dabei stellt c die Lichtgeschwindigkeit im jeweiligen Material dar und n der Brechungsindex.

Totalreflexion

Wenn ein Lichtstrahl genug Flach auf die “Bruchkanta” (z.B. die Wasseroberfläche). In diesemfall wird alles zurück reflektiert. Für die Formel heisst das, dass $\alpha \geq 90$ř oder $\beta \geq 90$ř

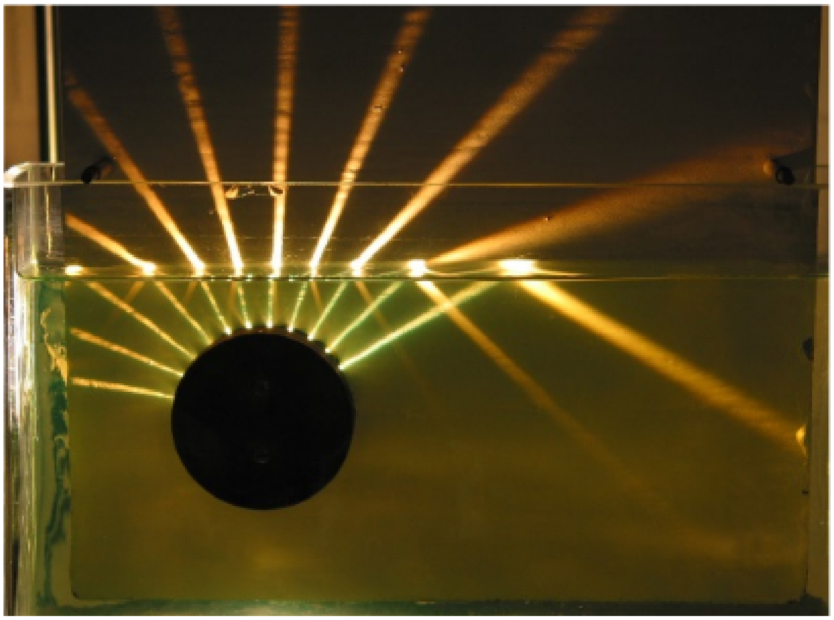


Figure 27: image-20220112112651711

Photonen

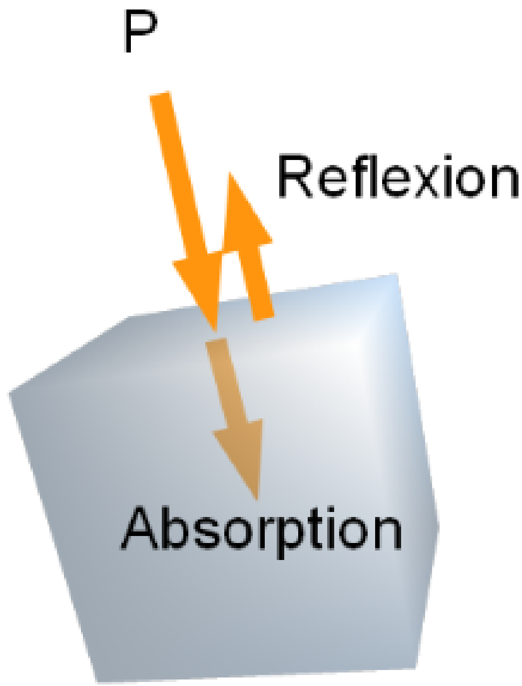
Jedem Photon wird eine Wellenlänge, bzw eine Frequenz zu geordnet: $E = h\nu$, dabei ist die Planck'sche Konstante $h = 6.626 \cdot 10^{-34}[Js]$ und E die Energie des Photons.

Elektromagnitische Strahlung

Eine Elektromagnetische Strahlung besteht aus einer Welle mit einer Wellenlänge λ und einer Frequenz ν.

Die Formel $c = \lambda \cdot \nu$ zeigt den Zusammenhang zwischen λ und ν. c ist dabei die Lichtgeschwindigkeit ($c = 3 \cdot 10^8 m/s$)

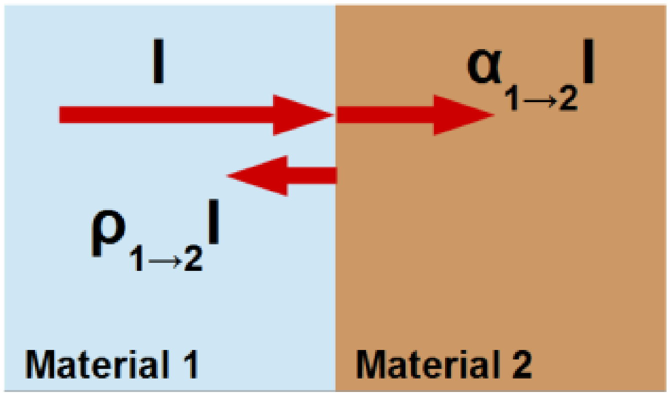
Die Energie einer Strahlung kann mit $E = h\nu$ errechnet werden. h ist dabei die Planck'sche Konstante ($h = 6.626 \cdot 10^b - 34$)



Der Absorptionskoeffizent beschreibt, wie viel der Frequenzen ein Körper absorbiert. `1` heisst, dass alles absorbiert wird, `0`, dass nichts absorbiert wird.

Der Gegenpol, der Reflexionskoeffizent, beschreibt, wie viel der Frequenzen reflektiert werden und kann mit der folgenden Formel umgerechnet werden: $\rho = 1 - \alpha$

Oft sind diese Koeffizenten abhähngig von der Frequenz (also $\alpha(\nu)$ und $\rho(\nu)$). Ein blaues T-Shirt würde die "blauen Frequenzen" reflektieren und die anderen absorbieren.



Bei einem **schwarzen Strahler** kann bewiessen werden, dass es keinen Unterschied gibt, ob die Strahlung vom Material 1 ins Material 2 oder umgekehrt geht.

$$\alpha_{1\to 2} = \alpha_{2\to 1} \sigma_{1\to 2} = \sigma_{2\to 1}$$

Emission

Wenn eine Strahle von einem "dünnem" Material, wie Luft, aufgenommen wird, wird von Emission von Strahlung gesprochen und anstatt dem Absorptionskoeffizent, wird der Emissionskoeffizenten ε verwendet (es gilt also: $\alpha_{2\to 1} = \varepsilon_{2\to 1}$)

Schwarzer Strahler

Ein Körper mit dem Reflexionskoeffizent $\rho = 0$ und Absorptionskoeffizenten von $\alpha = 1$ wird `schwarzer Strahler` genannt. Ein schwarzer Block kann als Schwarzerstrahler angenähert werden (er reflektiert trotzdem noch ein wenig Licht), aber auch die **Sonne**, da diese **keine Frequenzen und somit auch Licht reflektiert**.

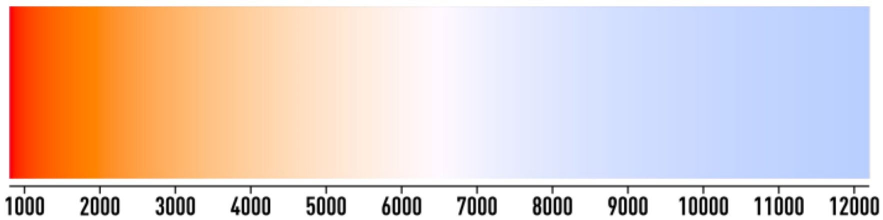
Grauer Strahler

Ein grauer Strahler ist ein Körper, welcher in gewissen Wellenbereichen nicht so stark strahlen, wie ein schwarzer Strahler. Dass heisst, dass der Emmisionskoeffizent ε nicht umbedingt `1` muss sein.

Wien'sches Verschiebungsgesetzt

Mit $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$ kann man die Temperatur **in Kelvin** zu der maximalen Wellenlänge umrechnen.

Mit dieser Formel kann man auch die Lichtfarbe, welche in Kelvin angegeben wird, erklären.



Stefan-Boltzmann Gesetzt (Gesammtleistung)

Um die Gesamtleistung eines Strahlendenkörpers zu berechnen kann man die folgende Formel benützten: $P_{rad} = \sigma A T^4$ Dabei ist $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} [W m^{-2} K^{-4}]$, A die Oberfläche des Körpers und T die Temperatur des Körpers.

Energetische Bilanz eines Strahlers

Die Energiebilanz sagt aus, ob Energie vom Körper aufgenommen wird und er daher wärmer wird oder ob mehr Energie abgegeben wird und er daher kälter wird. Dies kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$I = -\frac{dE}{dt} = \sigma \varepsilon A (T^4 - T_{env}^4)$$

Dabei ist $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$, ε den Emmisionskoeffizenten, A die Oberfläche des Körpers, T die Temperator des Körpers und T_{env} die Umgebungstemperatur.

Bei einem grauen Strahler kann $\varepsilon \neq 1$ sein.

Wie man an der Formeln mit den Temperaturen erkennen kann, wird die Temperatur hoch 4 gerechnet. Dies führt bei einer 16-facher vergrösserung, wenn die Temperatur verdoppelt wird.

Ein ähliches Phänomen gibt es, wenn die Länge eines Körpers veroppelt werden, wird die Fläche vervierfacht und das Volumen verachtfacht.

Sonneneinstrahlung

Um zu berechnen, wie viel Energie die Sonne auf die Erde strahlt, kann folgende Formel gebraucht werden:

$$I = \sin(\beta) A j$$

Dabei ist β den Einstrahls-Winkel der Sonne, A die Fläche, wo für man die Energie I berechnen möchte und j der Faktor der Sonneneinstrahlung.

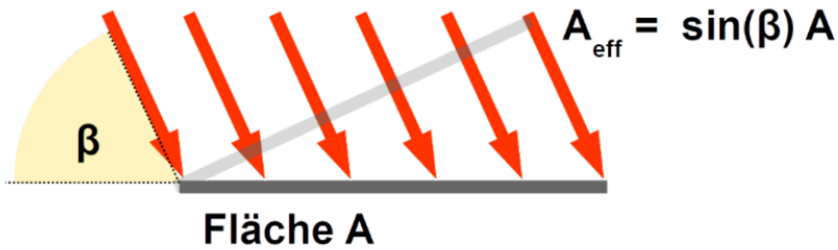


Figure 28: image-20220104155625888

Wärmeleitung

$$I = -Ah_{X,Y}(T_X - T_Y)$$

Mit dieser Formel kann der Wärmestrom (Energie pro Zeit) berechnet werden, welcher von einem Objekt X mit der Temperatur T_X zu einem Objekt Y mit der Temperatur T_Y fliesst. A ist dabei die Berührungsfläche der zwei Objekte und $h_{X,Y}$ ist der Wärmeübertragunskoeffizent.

Signale

Signalarten

Name	Bild
Sinussignal	
Rechtecksignal	
Sägezahnsignal	
Dreieckssignal	

Eine Welle wird hauptsächlich durch ihre Amplitude A, Periode T, Frequenz ν und Phasenverschiebung φ definiert. Mit $T = \frac{1}{\nu}$ kann man von der Frequenz ν zur Periode T umwandeln.

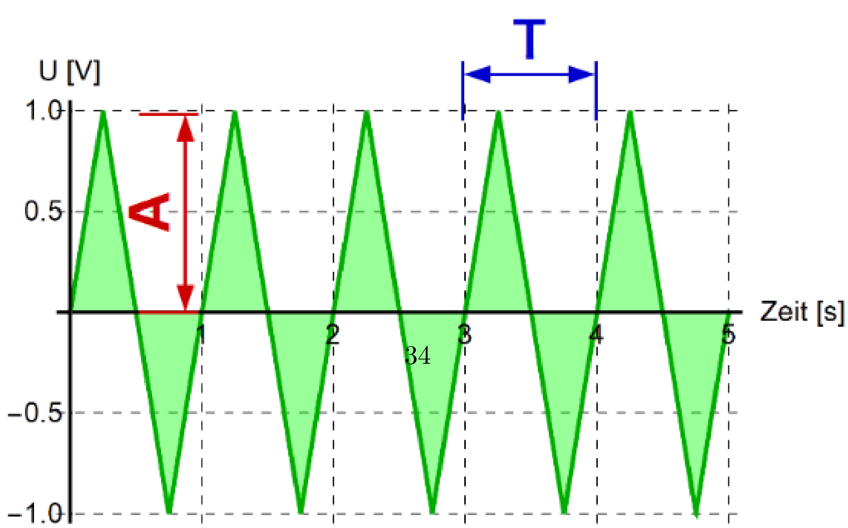


Figure 29: image-20220104160904801

Ein Sinussignal kann in ein Cosinussignal und umgekehrt folgendermassen umgewandelt werden:

$$sin(a - \frac{\pi}{2}) = cos(a)cos(a + \frac{\pi}{2}) = sin(a)$$

Fourierzerlegung

Man kann jede Funktion in eine Summe von Cosinusen oder Sinusen zerlegen

Töne und Klangfarbe

Neben eines Grundtones produziert ein Instrument auch noch Obertöne. Als Daumenregeln: **Je mehr Obertöne, desto schärfer tönt ein Instrument.**

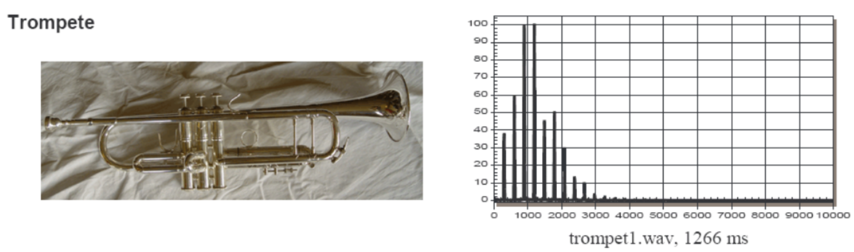


Figure 30: image-20220104161639421

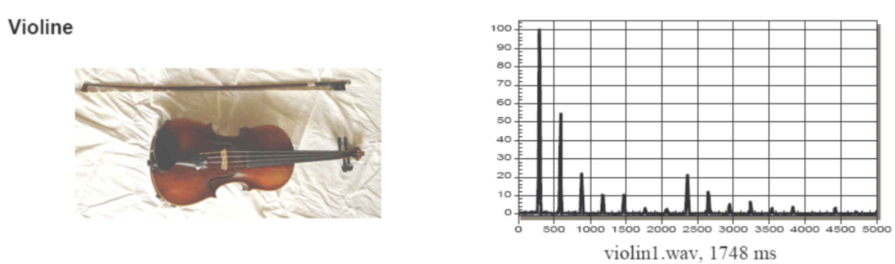
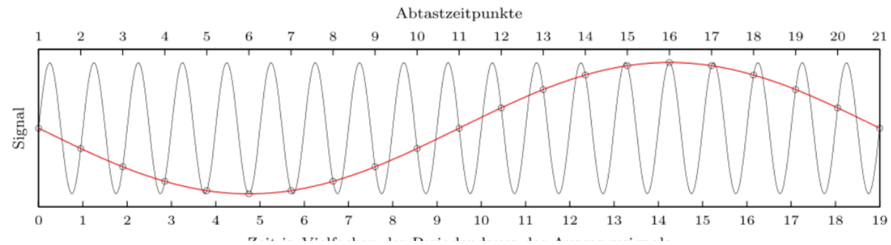


Figure 31: image-20220104161650259

Nyquist - Shannon Theorem

Es müssen doppelt so viele Messpunkte existieren, wie die maximale Frequenz: $f_{measure} > 2 \cdot f_{max}$. Wenn dies nicht gegeben ist, tritt **Aliasing** auf und es werden



falsche Frequenzen gespeichert.

Für die tiefste Frequenz gilt, dass das Intervall T zwischen den Messpunkten : $T > \frac{1}{f_{min}}$

Blip

Ein Blip ist ein kurzes Signal. Dabei gilt, je kürzer der Blip, desto mehr Frequenzen gibt es um die Hauptfrequenz ν_0

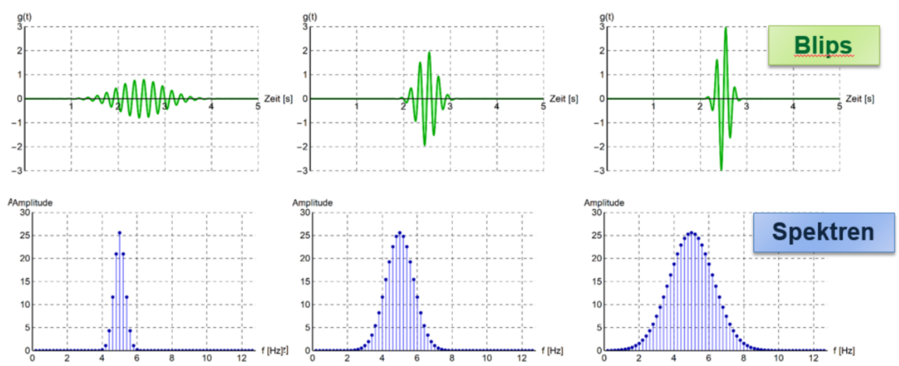


Figure 32: image-20220104163122323

Ein zweites Prinzip, das ählich funktioniert: Je steiler eine Flanke eines Signales, desto mehr Frequenzen werden benötigt, um die Flanke darzustellen.

Schnelle Orgeln

Damit ein Ton als harmonisch empfunden wird, muss eine Frequenz domonieren. Bei einem Blip ist dies allerdings nicht umbedingt gegeben. Ebenfalls gilt, je höher ein Ton, desto kürzer kann er sein, dass trotzdem noch eine Frequenz dominiert und der Ton harmonisch klingt.

Aus diesem Grund kann eine Picolo schnell spielen und eine tiefe Orgel nicht.

Mathematisch kann diese Relation folgendermassen ausgedrückt werden:

$$\frac{\Delta f \cdot \Delta t}{2} \sim 1$$

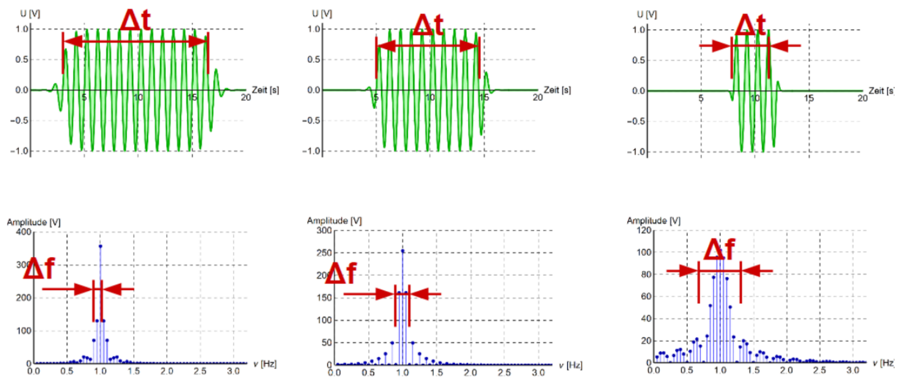


Figure 33: image-20220104163715258

Signal-to-Noise Ratio

$A_{noise} = ?$

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}} = \frac{I_{signal}}{I_{noise}} = \frac{A^2_{signal}}{A^2_{noise}}$$

Dabei bezeichnet P die Leistung, I die Intensität und A die Amplitude.

[[TOC]] !!!include(./00_Formeln.md)!!! !!!include(./01_chügelifüsik.md)!!! !!!include(./02_Elektrotechnik.md)!!! !!!include(./04_Thermische_Strahlung.md)!!! !!!include(./05_Signale.md)!!!

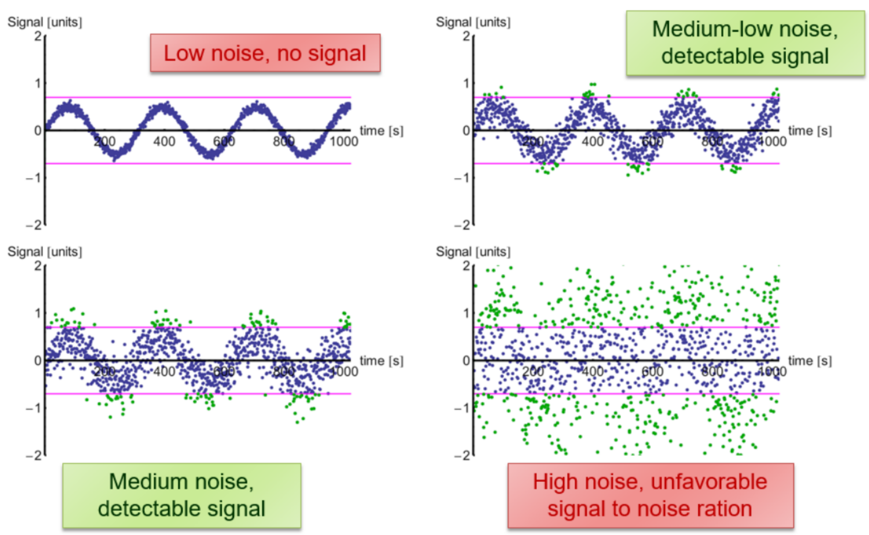


Figure 34: image-20220104163929991