

Summary

▼ Overview

Konstanten

Kräfte

Federkräfte

Gravitationskraft

Coulombkraft

Konstante Beschleunigung

Energieformen [Joule = J]

Potentielle Energie

Kinetische Energie

Federenergie

Energieerhaltung

Schaltungen

Spannung

Nennspannung zu Wechselspannung

Elektrische Ströme [Ampere]

Leistung

Wirkungsgrad

Ohmsches Gesetz

Widerstand [Ohm]

Knotenregel

Maschenregel

Kondensatoren

Spulen

Transformator

Batterien

ideale Batterie

reale Batterien

RC-Schaltung

RL-Schaltung

Stromnetze

Logikgatter

Glitch

Flipflops

KV-Diagramm

Elektrische und Magnetische Felder

Elektrisches Feld [Newton pro Coulomb]

Magnetisches Feld [Tesla T]

Magnete

Lorentz-Kraft

Elektromagnetische Kraft

Maxwellgleichungen

Linienintegrale

Spezialfälle
Flussintegrale
Maxwellgleichungen
 Superpositionzprinzip
 Faradaysches Induktionsgesetz
1. Maxwellgleichung
2. Maxwellgleichung
3. Maxwellgleichung
4. Maxwellgleichung
Lichtgeschwindigkeit
 Brechungsindex
Elektromagnetische Strahlung
 Dipolantenne
Wellenphänomene
 Diffraktion
 Interferenz
Thermische Strahlung
 Kelvin
 Intensität [W / m²]
 Schwarzer Strahler
 Planck'sche Strahlungsgesetz
 Wien'sches Verschiebungsgesetz
 Stefan – Boltzmann Gesetz
 Thermischer Energiefloss aus dem Körper
 Reflexion
 Energetische Bilanz eines Strahlers
 Strahlungsphänomene
Signale
 Signalformen
 Sinussignale
 Cosinussignale
 Amplitude, Periode, Phasenverschiebung
 Fouriertransformation
 Töne
 Theorem von Nyquist
 Aliasing
 Blips
 Prinzip der Unschärfe
 Spektrum
 Intensität [Dezibel dB]
 Signal to Noise Ratio (SNR)

Konstanten

Gravitationskonstante

$$\gamma = 6.67 \cdot 10^{-11}$$

$$g = 9.81 \text{ [ms}^{-2}\text{]}$$

Influenzkonstante

$$\varepsilon_0 = 8.859 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{Jm} \right]$$

Lichtgeschwindigkeit

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Kräfte

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

F: Kraft in [Newton N] m: Masse in [kg] a: Beschleunigung in [m/s^2]

Federkräfte

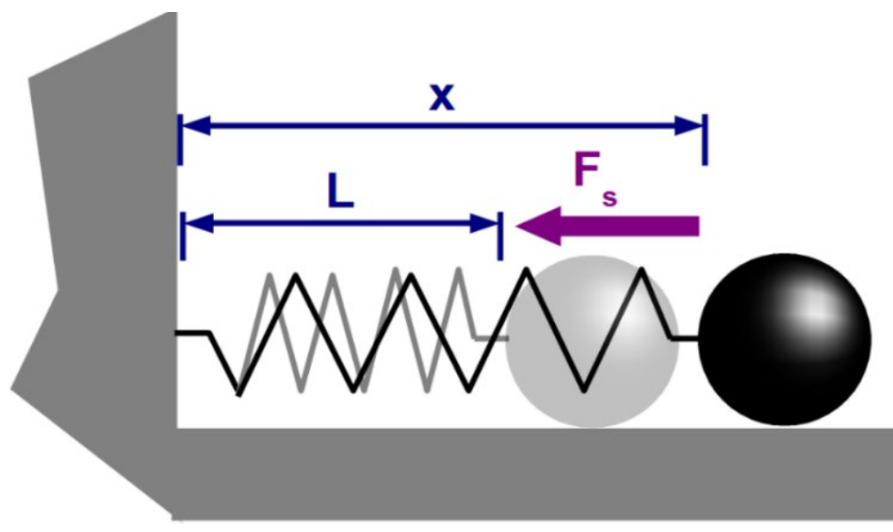
$$F_s = -k(x - L)$$

k Federkonstante [kg/s^2]

L Ruhelänge der Feder [m]

x Länge nach der Stauchung z.B. [m]

$$\mathcal{E}_{\text{spring}} = \frac{1}{2}k(x - L)^2$$



Beschleunigung der Masse

⇒ Beschleunigung ist nicht konstant, da die Federkraft von der Auslenkung/Stauchung der Feder abhängt.

= Federkraft / Masse

$$\text{maximale Beschleunigung (bei 0 cm): } v = \sqrt{\frac{k}{M}} |(x_{\text{start}} - L)| = 5 \text{ ms}^{-1}$$

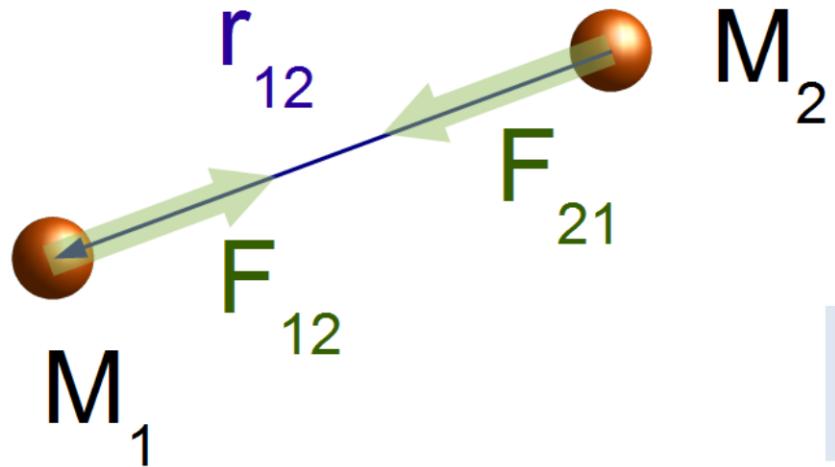
Gravitationskraft

- - -

$$F_{12} = -\gamma \frac{M_1 M_2}{r_{12}^2}$$

\vec{F}_{12} : Kraft auf Masse M1, verursacht durch Masse M2

 Gravitationskonstante



Coulombkraft

⇒ Kraft zwischen zwei Ladungen

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{12}^2}$$

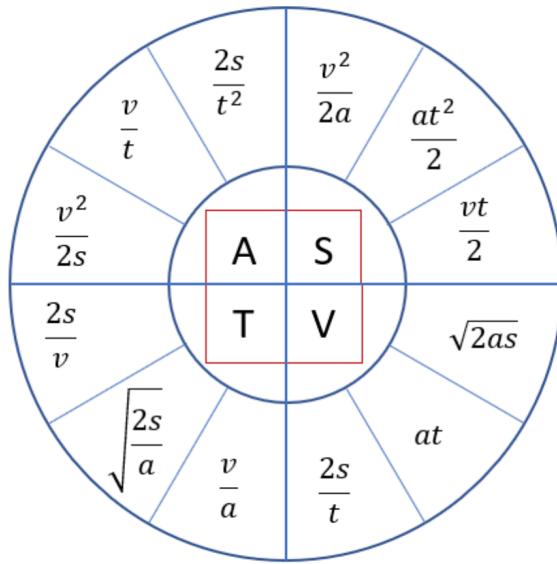
\vec{F}_{12} : Kraft auf Ladung Q1, verursacht durch Ladung Q2

Konstante Beschleunigung

$$v(t) = at + v_0$$

$$v(t) = \sqrt{2as(s - s_0) + v_o^2}$$

$$s = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}vt$$



Bremsweg

$$S = \frac{v(t)^2 - v(0)^2}{2a}$$

⇒ Bremsweg ist proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit

⇒ kinetische Energie beim Aufprall = 0 ⇒ kann nicht umgekehrt proportional sein!

Aufprallgeschwindigkeit beim Fall aus einer Höhe

$$v = \sqrt{2as}$$

s: Höhe

a: Erdbeschleunigung

Energieformen [Joule = J]

Potentielle Energie

⇒ Energie, die man braucht um ein Objekt in eine gewisse Lage zu bringen

$$E_{pot} = mgh$$

$$E_{pot} = mg(h_2 - h_1) \text{ (mit Höhenunterschied)}$$

■ Höhe [m] ■ Gravitationskonstante ■ Masse [kg]

mit Spannung

$$E_{pot.\text{Ladung}} = \bigcup Q$$

Energie, welche ein Elektron durch das "Hinunterfallen" in einer Spannung aufnimmt:

$$m \frac{v^2}{2} = Uq$$

$$v = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$$

Kinetische Energie

$$E_{kin} = m \frac{v^2}{2}$$

Federenergie

$$E_{spring} = k \frac{(x-L)^2}{2}$$

k : Federkonstante x-L : Auslenkung [m] L Ruhelänge [m]

Maximale Geschwindigkeit, die die Masse annehmen kann: $v_{max} = \sqrt{\frac{k(x_{start}-L)^2}{m}}$

Energieerhaltung



Bei physikalischen Prozessen bleibt die Gesamtmenge Energie im betrachteten System und der Umgebung immer erhalten!

$$\sum E_i = \text{konstant}$$

$$E_{pot} + E_{kin} = \text{konstant}$$

Schaltungen

Spannung

⇒ Ladungen fliessen von A nach B, wenn zwischen A und B eine Spannung U existiert

⇒ Ladungen "fallen" eine Spannung hinunter = Energie pro Ladung

Nennspannung zu Wechselspannung

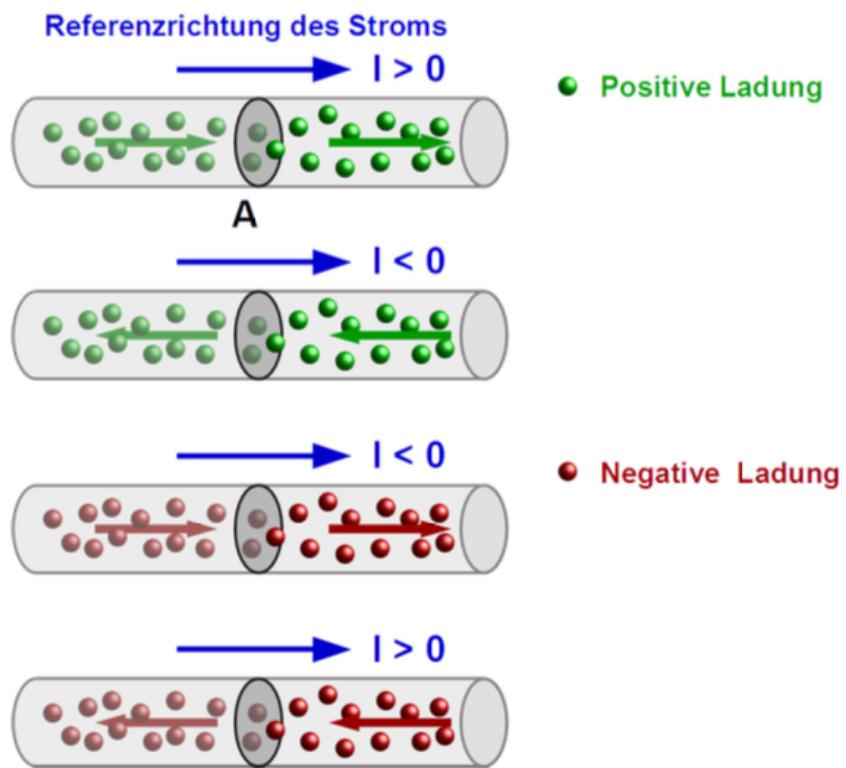
$$U(t) = \sqrt{2} U_{\text{nenn}} \cdot \cos(2\pi ft)$$

Elektrische Ströme [Ampere]

⇒ wie viel Ladung pro Zeiteinheit durch eine Fläche hindurchgeht



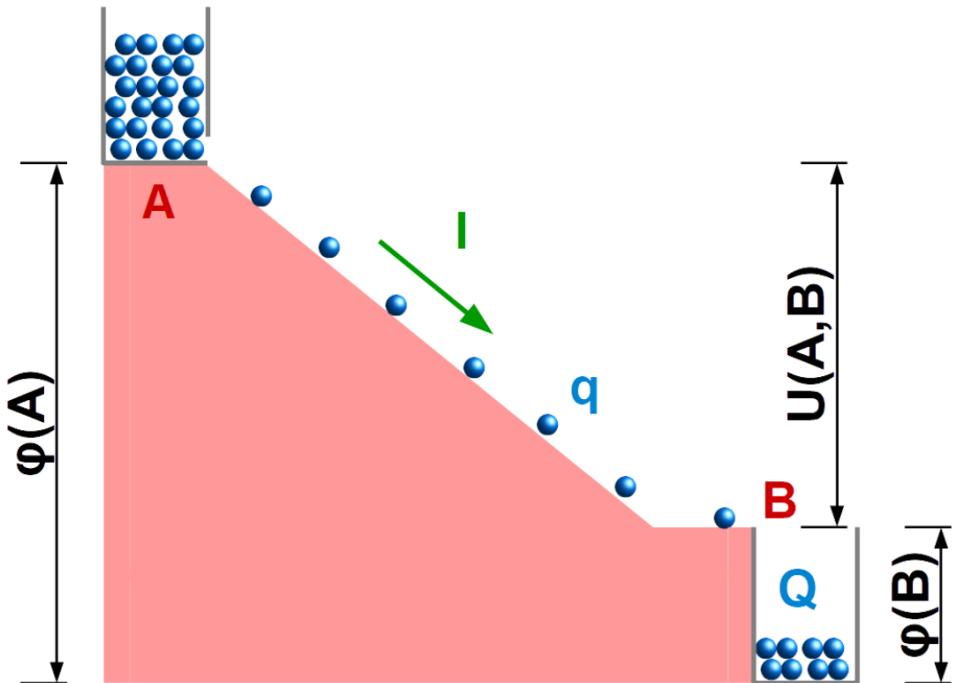
Ein Strom positiver Ladungsträger in eine Richtung ist gleich einem Strom negativer Ladungsträger in die andere Richtung.



Leistung

[Watt] = Joule/s

⇒ die Ladungen des Stroms fallen ein Spannung U "hinunter"



Wirkungsgrad

⇒ Ziel: möglichst hoher Wirkungsgrad (ist aber immer ≤ 1)

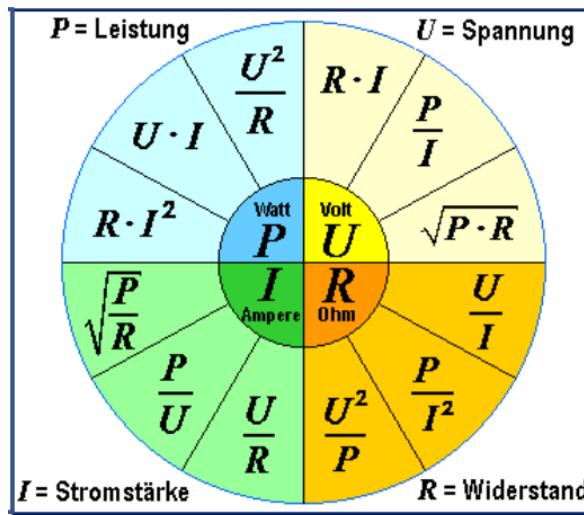
$$\eta = \frac{P_{\text{desired}}}{P_{\text{driving}}}$$

Ohmsches Gesetz

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

$$I = \frac{U_R}{R}$$

$$I = \frac{U_0}{R_1 + R_2}$$



Widerstand [Ohm]

Widerstand eines Kabels

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

L Kabellänge A Querschnittsfläche ρ spez. Widerstand

⇒ Je länger ein Kabel, eine Leitung, desto grösser der Widerstand!

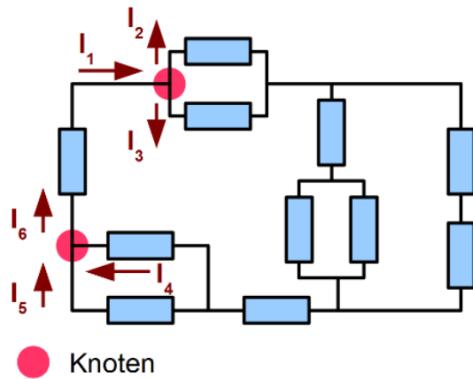
Knotenregel

⇒ Punkt, wo mehrere Drähte zusammen kommen

$$\text{Summe aller Ströme} = 0 \Rightarrow \sum I_n = 0$$

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$I_4 + I_5 - I_6 = 0$$



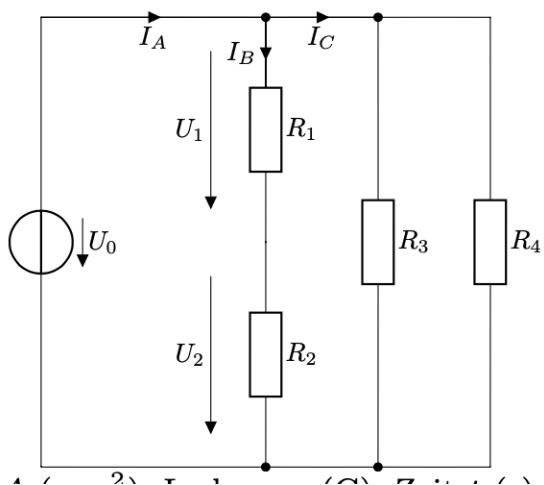
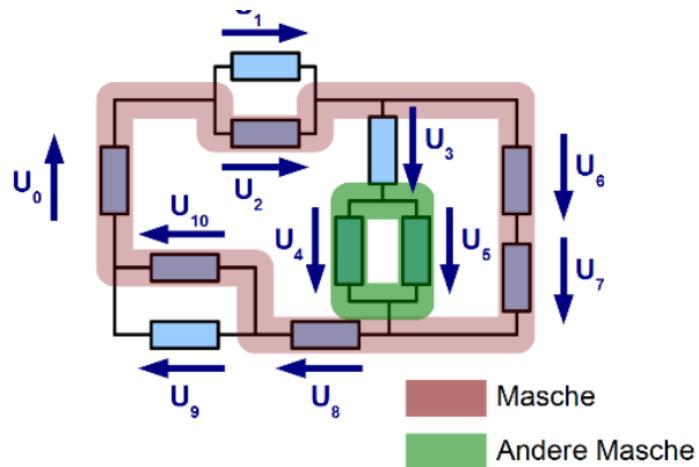
Maschenregel

⇒ Masche = irgendein Weg, der zum Ausgang führt

$$\sum_n U_n = 0$$

$$U_0 + U_2 + U_6 + U_7 + U_8 + U_{10} = 0$$

$$U_5 - U_4 = 0$$



$$\begin{aligned}
 U_0 &= U_1 + U_2 \\
 I_A &= I_B + I_C \\
 R_S &= R_1 + R_2 \\
 R_P &= \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} \\
 &= \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right)^{-1} \\
 U_2 &= U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2}
 \end{aligned}$$

in der Parallelschaltung gilt: $U_A = U_S = U_B$

Rs: Serienschaltung Rp: Parallelschaltung

Innenwiderstand bei einer Serienschaltung

$$\frac{R_{\text{Last}}}{U_{\text{Last}}} (U_0 - U_{\text{Last}}) = R_{\text{in}}$$

Kondensatoren

⇒ zwei Metallplatten

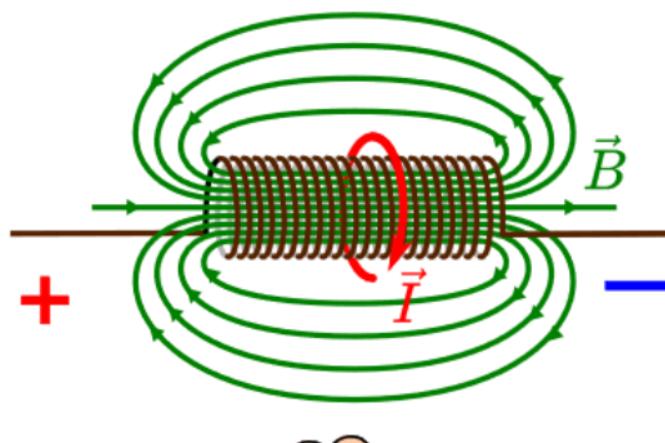
Ladung eines Kondensators: $CU = Q$

C Kapazität [Farad = F]

Spulen

⇒ Wird ein Draht von einem Strom durchflossen, entsteht ein Magnetfeld

⇒ Je stärker der Strom, desto grösser das Magnetfeld.



Anzahl Wicklungen N: $N = \frac{S}{2\pi r}$

Magnetfeld: $B = \mu_r \mu_0 \frac{N}{L} \cdot 1$

Spulenfüllung: $\mu_r = \frac{B}{\frac{S}{2\pi r L} \mu_0 I}$

Transformator



Der Transformator funktioniert nur für Wechselstrom und nicht für Gleichstrom!

- Aufbau: 2 Spulen + Eisenkern → magnetischer Fluss durch den Eisenkern
- Im Betrieb wird der Transformator warm → Magnetfelder im Eisenkern erzeugen Verluste

Spannung

$N_{\text{Sekundärspule}} > N_{\text{Primärspule}}$ Ausgangsspannung > Eingangsspannung

$N_{\text{Sekundärspule}} < N_{\text{Primärspule}}$ Ausgangsspannung < Eingangsspannung

Strom

$N_{\text{Sekundärspule}} > N_{\text{Primärspule}}$ Ströme Primärseite > Ströme Sekundärseite

Batterien

⇒ Spannung der Batterie kann nicht mit einem Transformator hochtransformiert werden

⇒ Strom fliesst vom Plus- zum Minuspol

⇒ Elektronen fliessen vom Minus- zum Pluspol

ideale Batterie

⇒ hat immer dieselbe Spannung zwischen den beiden Polen

$$I = \frac{U_0}{R}$$

reale Batterien

⇒ Innenwiderstand

$$I = \frac{U_0}{R_{\text{in}} + R_{\text{last}}}$$

⇒ Leistungsabgabe am Last- (Verbraucher) und Innenwiderstand

RC-Schaltung

⇒ Kopplung eines Widerstandes und einer Spule = Lade und Entladevorgänge

Zeitkonstante: $\tau_{\text{RC}} = RC$

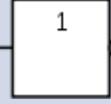
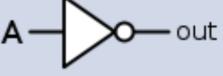
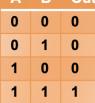
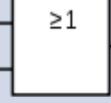
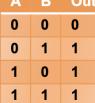
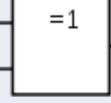
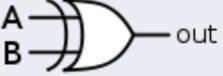
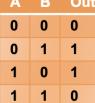
RL-Schaltung

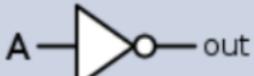
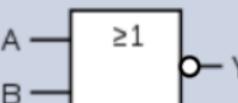
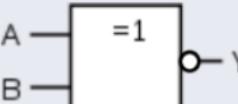
⇒ Kondensator und Spule bilden einen Schwingkreis

Stromnetze

⇒ geringe Ströme mit hoher Spannung können in grosse Ströme mit geringer Spannung verwandelt werden und umgekehrt. Diese Umwandlung kann fast verlustfrei durchgeführt werden

Logikgatter

	IEC-Norm (Europa)	ANSI-Standard (USA)	Wahrheitstabelle
NOT			
AND			
OR			
XOR			

	IEC-Norm (Europa)	ANSI-Standard (USA)
NOT		
NAND		
NOR		
XNOR		

Glitch

- ⇒ Fehler aufgrund Zeitverzögerung bei den Logikgattern
- ⇒ alle Signalpfade durchlaufen gleich viele Logikgatter

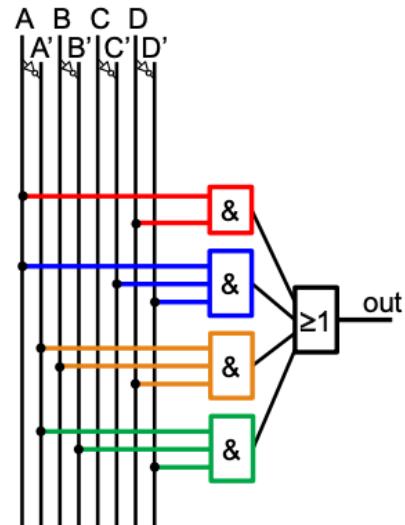
Flipflops

- ⇒ interne Speichelemente, welche durch ein Clock-Taktsignalen betrieben werden

KV-Diagramm

- Wenn man eine Wahrheitstabelle gegeben hat, wie bekommt man daraus die Schaltung?
- Schritt 3: Gatter direkt ablesen

		A'		A		
		00	01	11	10	D'
C'		00	1	0	1 1	
C		01	0	1	1 1	D
C		11	0	1	1 1	D'
C		10	1	0	0 0	D'
		B'	B	B'		



Elektrische und Magnetische Felder

- Elektrische Ladungen [Coulomb C]

Elektrische Felder werden erzeugt durch:

- Ladungen
- zeitlich veränderliche magnetische Felder

Magnetische Felder werden erzeugt durch:

- Ströme
- zeitlich veränderliche elektrische Felder

Elektrisches Feld [Newton pro Coulomb]

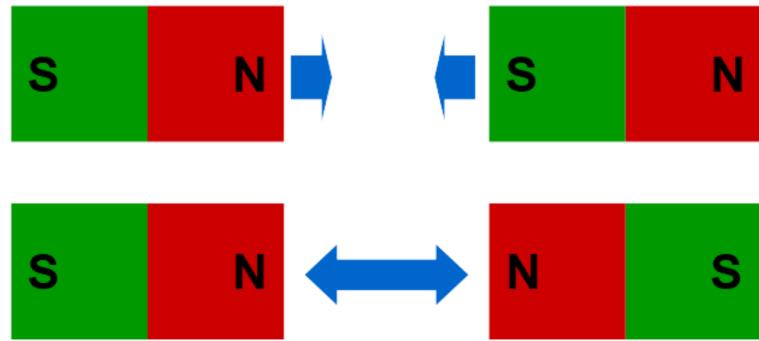
⇒ Kraft pro Ladung

$$\vec{F} = q\vec{E}(\vec{r}, t)$$

Magnetisches Feld [Tesla T]

Magnete

⇒ magnetische Felder gehen vom Nordpol zum Südpol



Lorentz-Kraft

⇒ Kraft welche ein Magnetfeld auf eine Ladung q ausübt

⇒ Magnete haben keinen Einfluss auf ruhende Ladungen

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$$

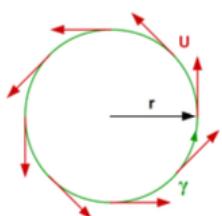
Elektromagnetische Kraft

$$\vec{F}_{\text{elmag}} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Maxwellgleichungen

Linienintegrale

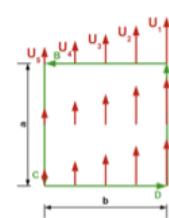
Kreis:



$$\int_{\gamma} \vec{U} \cdot d\vec{\gamma} = 2\pi r U$$

Linie γ , Oberfläche A (m^2), Feld \vec{U} , Radius r (m), Höhe h (m)

Rechteck:



$$\int_{\gamma} \vec{U} \cdot d\vec{\gamma} = aU_1 - aU_5$$

Spezialfälle

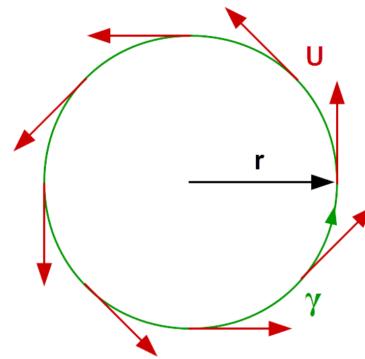


Fig. 3

Für das Linienintegral entlang des Kreises gilt dann:

$$\int_{\gamma} \vec{U} \cdot d\vec{\gamma} = \text{Kreisumfang} \times |\vec{U}| = 2\pi r |\vec{U}|$$

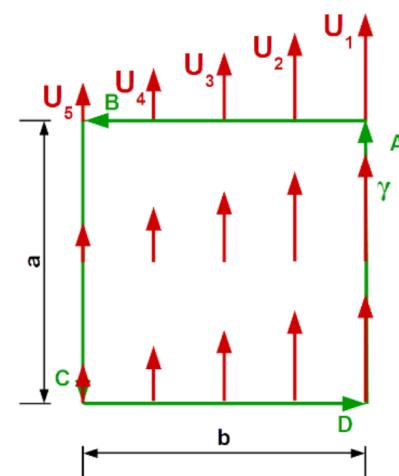


Fig. 4

Für das Linienintegral um das Rechteck gilt dann:

$$\int_{\gamma} \vec{U} \cdot d\vec{\gamma} = aU_1 - aU_5$$

Flussintegrale

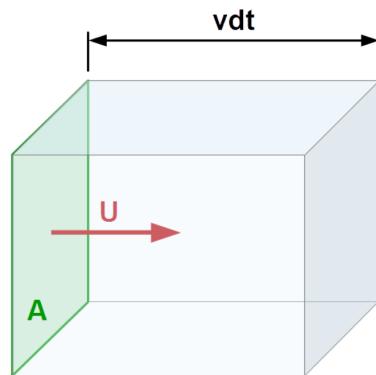


Fig. 5

⇒ misst wie viel von dem Vektorfeld U aus einer betrachteten Oberfläche A herausfliesst

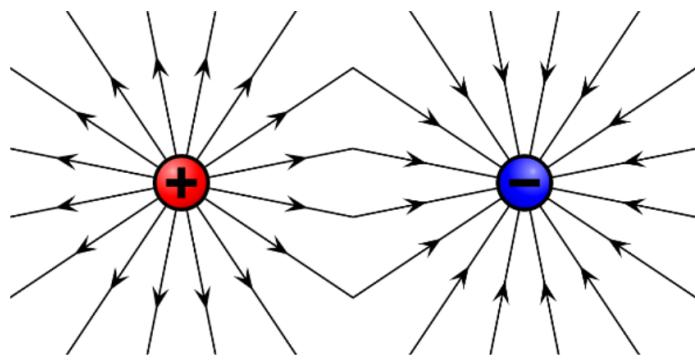
Maxwellgleichungen

Gleichung	Interpretation
$\Phi_{\vec{E}}(\Sigma) = \int_V \frac{\rho}{\epsilon_0} dV$	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 .
$\int_{\gamma} \vec{B} \cdot d\vec{\gamma} = \mu_0 \Phi_j(\Omega) + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \Phi_{\vec{E}}(\Omega)$	Das Linienintegral des magnetischen Feldes \vec{B} über eine Kurve γ ist gleich der zeitlichen Änderung des Flusses des elektrischen Feldes (mal $\mu_0 \epsilon_0$) durch eine von γ berandete Fläche Ω plus dem Fluss der Stromdichte durch Ω mal μ_0

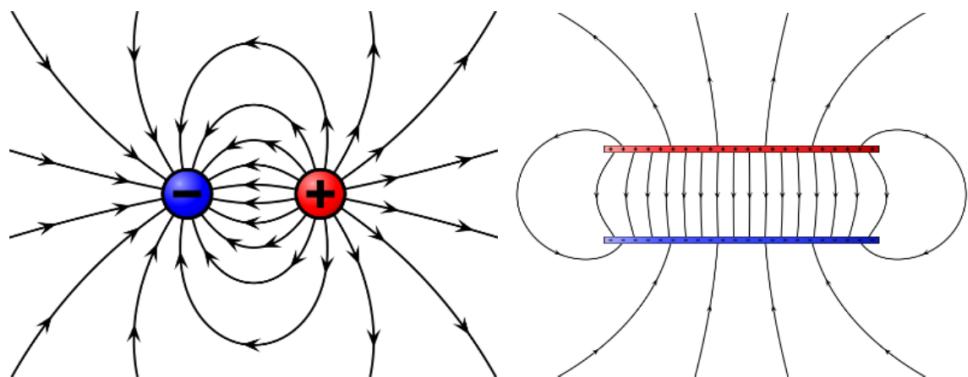
Superpositionzprinzip

Positive Ladungen zeigen von sich weg

Negative Ladungen zeigen auf sich



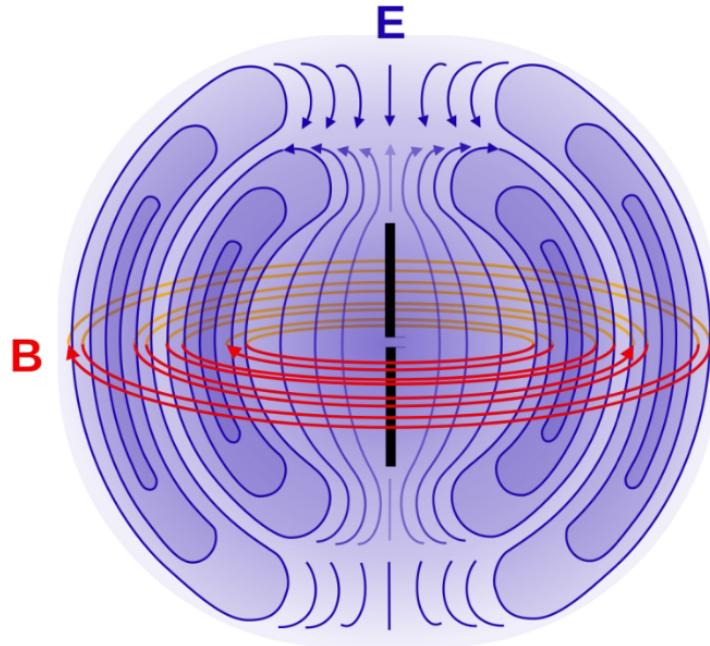
Felder einzelner Ladungen darf man einfach zusammenzählen, um das Feld einer Ladungsverteilung zu erhalten



Faradaysches Induktionsgesetz

⇒ zeitlich veränderliche magnetische und elektrische Felder erzeugen sich gegenseitig

Ein zeitlich veränderlicher Fluss des E -Feldes ist mit der Existenz eines B -Feldes verbunden.



1. Maxwellgleichung

⇒ elektrische Ladungen erzeugen elektrische Felder

$$\oint_A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{a} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

2. Maxwellgleichung

⇒ gesamte magnetische Fluss durch eine geschlossene Oberfläche A sich komplett aufhebt

⇒ es zeigen gleiche viele magnetische Feldvektoren hinein wie hinaus = 0

$$\oint_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{a} = 0$$

⇒ es gibt keine magnetischen Ladungen die Magnetfelder erzeugen (es gibt keine magnetischen Monopole)

3. Maxwellgleichung

⇒ Induktionsgesetz

⇒ elektrische Spannung entlang der Linie L = magnetische Fluss Φ_i durch Fläche A, welcher nach der Zeit t abgeleitet wird

$$\oint_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{a}$$

⇒ sich ändernde magnetische Felder erzeugen elektrische Felder und andersrum

4. Maxwellgleichung

⇒ magnetische Spannung wird durch elektrische Ströme und durch sich ändernde elektrischen Felder erzeugt wird

$$\oint_L \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \mathbf{I} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial}{\partial t} \int_A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{a}$$

Lichtgeschwindigkeit

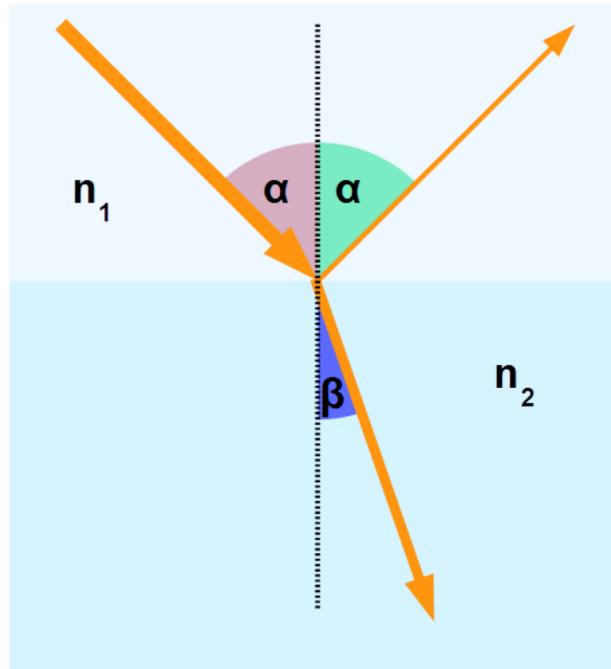
$$c = \frac{2\pi f}{k} = \lambda f$$

Brechungsindex

⇒ Brechungsindex im Vakuum per Definition = 1

⇒ Licht verändert seine Richtung, wenn es in Materie trifft

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



Lichtgeschwindigkeit in Glasfaser

$n_V = 1$ (Brechungsindex im Vakuum)

$$\frac{c_G}{c_V} = \frac{n_V}{n_G} \Rightarrow c_G = \frac{n_V}{n_G} c_V \text{ [km/s]}$$

→ dank der Totalreflexion bleibt das Licht im Glasfaserkabel

Totalreflexion

falls $\sin(\beta) > \frac{n_1}{n_2}$ gilt der Brechungsindex nicht mehr! ⇒ es kommt zur Totalreflexion!

- Alles Licht wird an der Oberfläche reflektiert und es tritt nichts mehr aus

Elektromagnetische Strahlung



Wenn eine Ladung beschleunigt bzw. abgebremst wird, strahlt diese Ladung Energie in Form elektromagnetischer Strahlung ab

⇒ besteht aus Wellen

⇒ je kleiner die Wellenlänge eines Lichtstrahls, desto grösser die Frequenz

Rotes Licht hat eine grössere Wellenlänge als blaues Licht, bzw. rotes Licht hat eine kleinere Frequenz als blaues Licht.

$$c = \lambda \cdot f = \lambda \cdot v$$

Dipolantenne

Oszillierende Ladungen = beschleunigte Ladungen \Rightarrow erzeugen elektromagnetische Strahlung = Signal in einer Antenne

- Die Länge der Antenne sollte ungefähr der Hälfte der Wellenlänge der abgestrahlten Strahlung entsprechen.



Wenn die Antenne senkrecht ausgerichtet ist, strahlt die Antenne vor Allem in horizontaler Richtung

$$\text{Wirkungsgrad einer Antenne: } h \leq \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \approx \frac{8h^3}{\lambda^3}$$

Wellenphänomene

Diffraction

- Trifft die Welle auf ein Hindernis, wird die Welle gestreut.

\Rightarrow kleines Loch: Kugelwelle

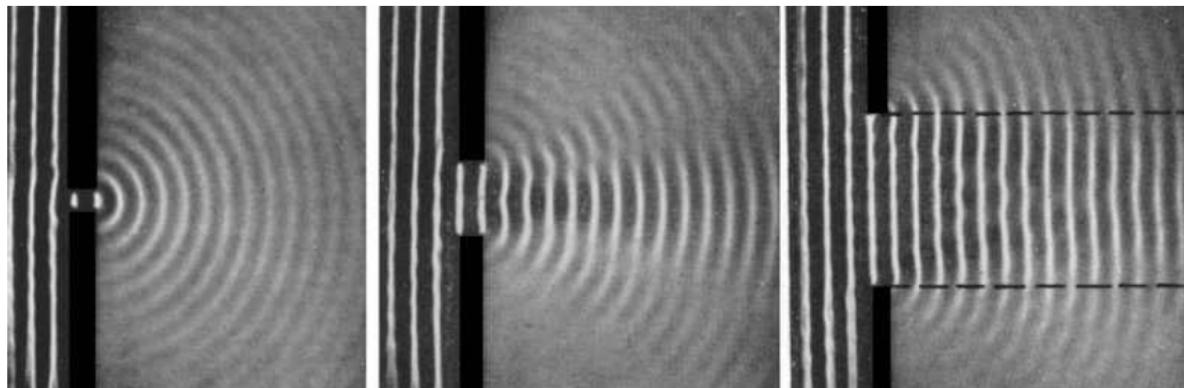


Fig. 18 Streuung einer Welle am Spalt.

Interferenz

\Rightarrow Auslöschung bzw. Verstärkungen, wenn mehrere Wellen aufeinander treffen

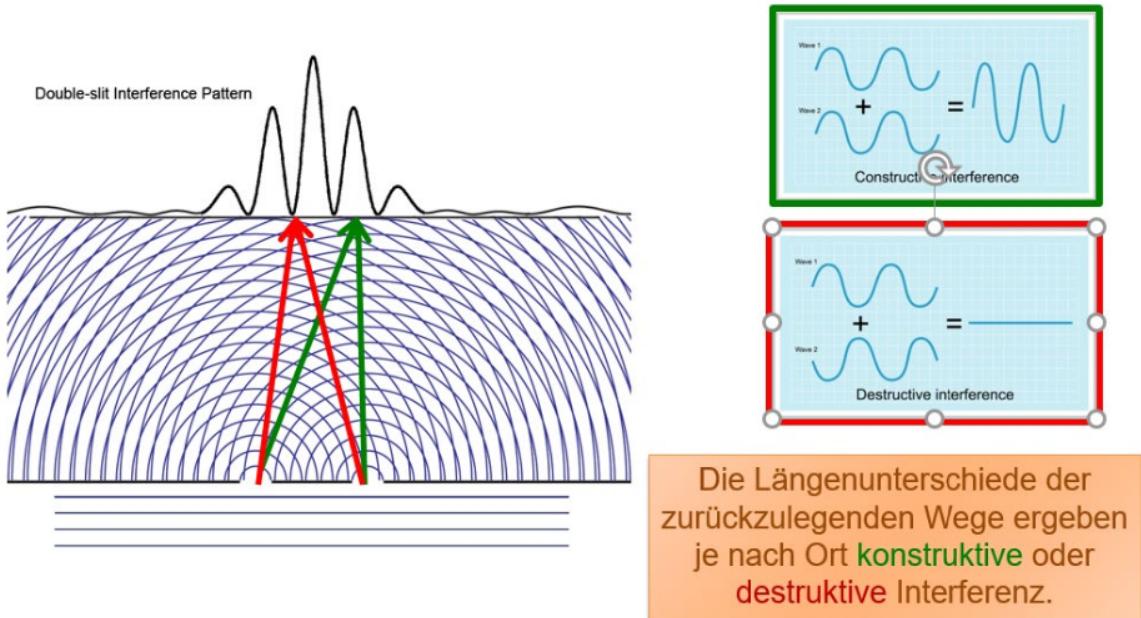


Fig. 19 Interferenz am Doppelspalt

Thermische Strahlung

Jedes Objekt mit einer Temperatur grösser 0 (in Kelvin!) strahlt elektromagnetische Strahlung ab!

Kelvin

$$T \text{ [K]} = T \text{ [C]} + 273.15 \text{ K}$$

Intensität [W / m²]

⇒ wieviel Energie pro Zeit irgendwo im Raum durch eine Einheitsfläche, welche senkrecht zur Stromrichtung steht, fliesst

$$\text{Intensität} = \frac{\text{Energie}}{\text{Fläche} \times \text{Zeit}}$$

Schwarzer Strahler

Ein Körper mit Reflexionsgrad $\rho = 0$, bzw. Absorptionsgrad $\alpha = 1$ für alle Frequenzen nennt man einen **schwarzen Strahler** ⇒ absorbiert alles

⇒ Beispiel: Sonne

Achtung! Auch ein schwarzer Strahler kann strahlen.

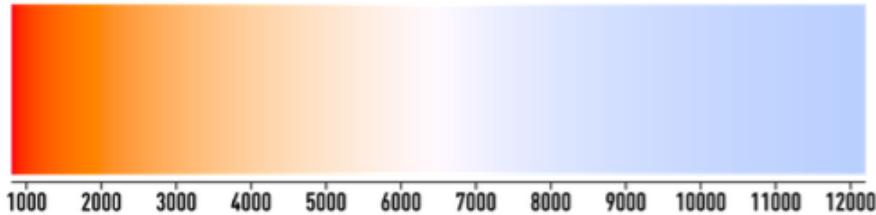


Fig. 4 Wahrgenommene Farbe als Funktion der Temperatur (in Kelvin) eines schwarzen Strahlers.

Planck'sche Strahlungsgesetz

$$I(v, T) = \frac{2h\pi v^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{hv}{k_B T}} - 1} \quad (\text{Frequenz})$$

$$I(\lambda, T) = \frac{2h\pi c^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \quad (\text{Wellenlänge})$$

- ⇒ Je heißer ein Objekt ist, desto grösser ist die Intensität der thermischen Strahlung.
- ⇒ Je heißer ein Objekt ist, desto "blauer" ist die thermische Strahlung (d.h. desto kürzer ist die Wellenlänge des Hauptteils der Strahlung, bzw. desto höher ist dessen Frequenz)

Wien'sches Verschiebungsgesetz

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

$$b = 2.8978 \cdot 10^{-3} \text{ [m K]}$$

Stefan – Boltzmann Gesetz

wie gross die Gesamtleistung der Strahlung eines Körpers mit Oberfläche A und Temperatur T ist

$$\begin{aligned} P_{rad} &= \frac{2\pi}{15} \frac{k_B^4}{c^2 h^3} A T^4 \\ &= \sigma A T^4 \end{aligned}$$

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}$$

⇒ Verdoppelung der Temperatur = Versechzehnfachung der abgestrahlten Leistung 2^4

Berücksichtigung der Außentemperatur

$$P_{25} = \sigma A \left(T_{\text{body}}^4 - T_{\text{env}}^4 \right) = 100 \text{ W}$$

Thermischer Energiefluss aus dem Körper

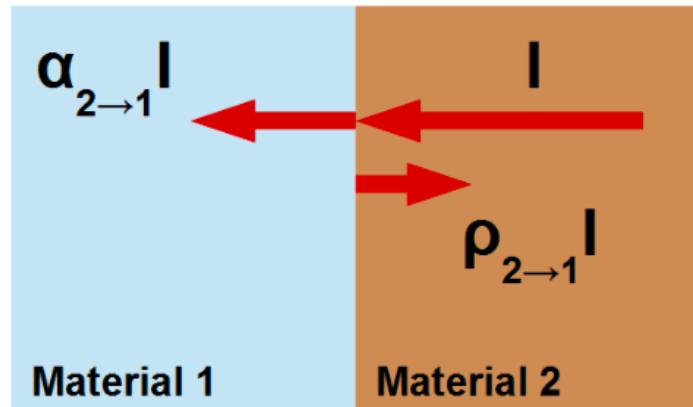
$$I_{\text{therm}} = -\frac{dE}{dt} = \sigma A (T^4 - T_{\text{env}}^4)$$

Reflexion

Reflexionskoeffizient $p < 1$

aus der Energieerhaltung ergibt sich: $\alpha_{1 \rightarrow 2} + \rho_{1 \rightarrow 2} = 1$

auch wenn die Strahlung von "innen" kommt ist es eine Reflexion



für einen schwarzen Strahler gilt:

$$\alpha_{1 \rightarrow 2} = \alpha_{2 \rightarrow 1}$$

$$\rho_{1 \rightarrow 2} = \rho_{2 \rightarrow 1}$$

Energetische Bilanz eines Strahlers

Thermische Abstrahlung

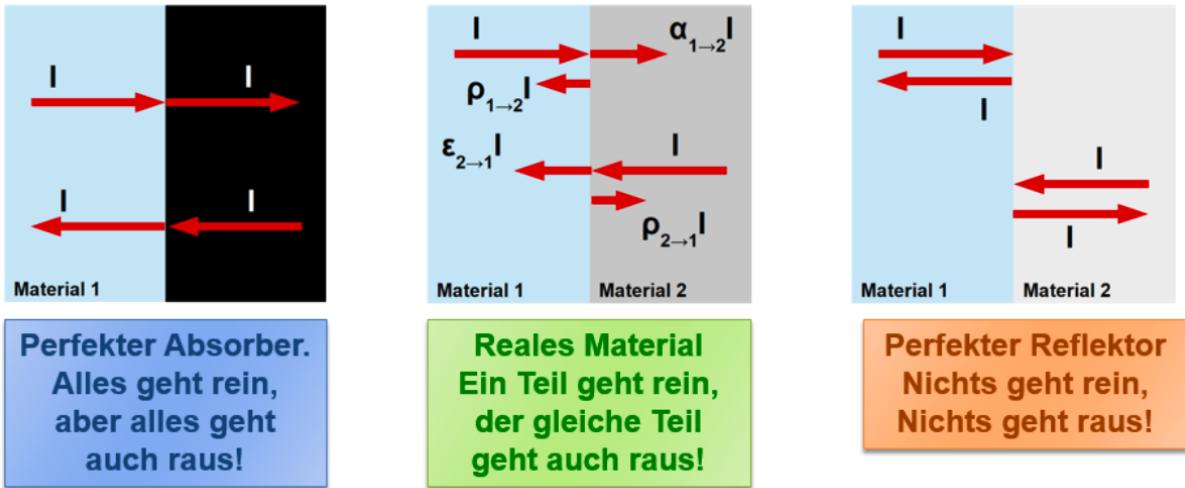
$$I_{\text{rad,therm}} = -\frac{dE}{dt} = \sigma \varepsilon A (T^4 - T_{\text{env}}^4)$$

ε : Emissionskoeffizient \Rightarrow bei einem schwarzen Strahler = 1

Strahlungsphänomene

Farbe eines Hauses

ideale Farbe für ein Haus in der Antarktis = silbrig! Die silbrige Farbe reflektiert die Strahlung von beiden Seiten, innen und aussen! Zwar wird die von aussen kommende Strahlung reflektiert. Das gilt aber auch für die von innen kommende! Damit gewinnen wir zwar tagsüber die Sonnenstrahlung nicht, verlieren aber auch weniger Wärmestrahlung von innen

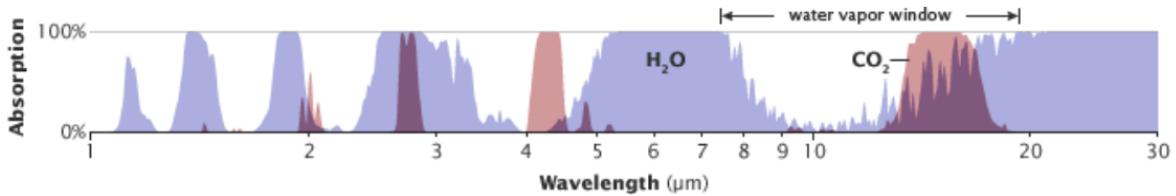


Albedo

⇒ Reflexionskoeffizient der Erde

$$\text{Albedo} = \frac{\text{Intensität der reflektierten Strahlung}}{\text{Intensität der einfallenden Strahlung}}$$

Wasserdampffenster



Wasserdampf lässt diese Strahlung fast ungehindert in den Weltraum

Problem: CO_2 gerade dieses Fenster teilweise schliesst ⇒ wirkt sich stark auf die Strahlungsbilanz aus!

⇒ Je mehr CO_2 , desto weniger Strahlung kann entweichen = Erwärmung

Feedback-Effekte

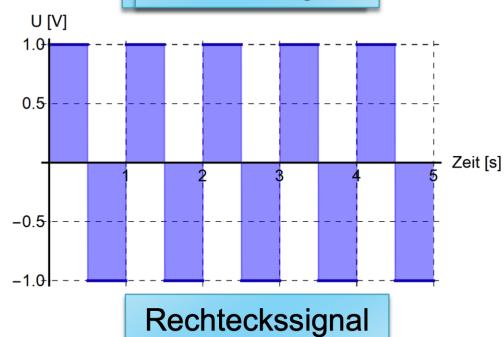
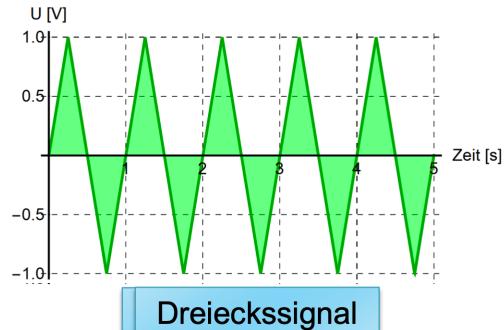
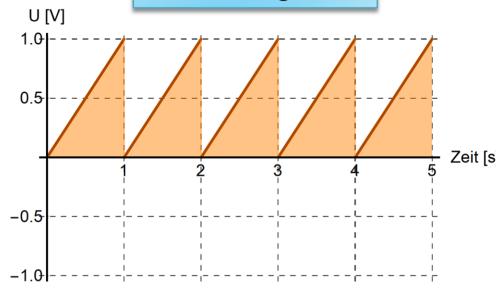
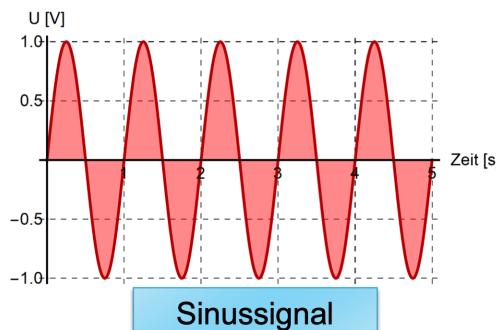
Wenn das Eis in der Arktis schmilzt, wird eine weisse Fläche dunkelblau. Damit reflektiert sie weniger (Albedo sinkt) und die Wärmeaufnahme wird beschleunigt ⇒ Eis schmilzt noch schneller ⇒ noch mehr dunkelblau ⇒ Noch mehr Wärmeaufnahme..

Signale



Ein Signal ist eine sich räumlich im Vakuum oder in einem Medium ausbreitende Auslenkung aus einem Grundzustand des Mediums.

Signalformen



Sinussignale

- ⇒ Unser Ohr empfindet Druckschwankungen in Form von Sinussignalen = reine Töne
⇒ **Jede Funktion kann als Summe von Cosinus- und Sinusfunktion gebildet werden**

Periode: 2π

Cosinussignale

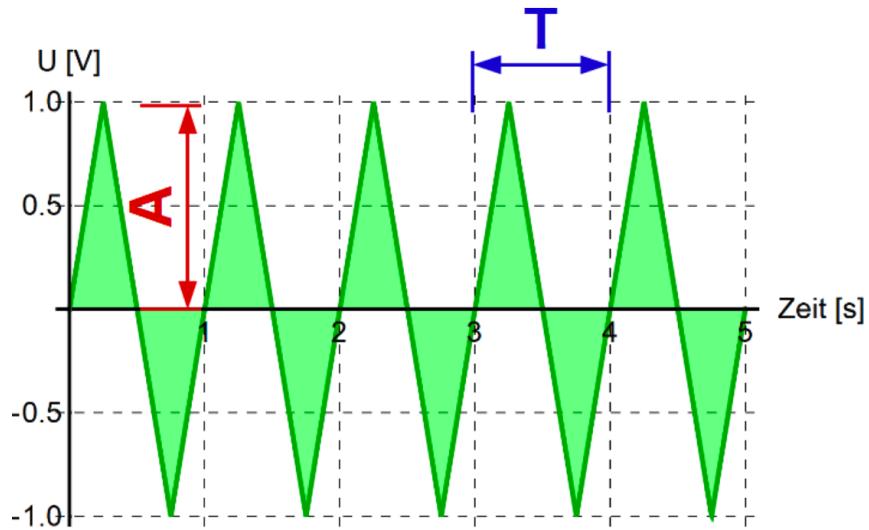
Nicht anderes als ein Sinussignal mit Phasenverschiebung um $\pi/2$

Amplitude, Periode, Phasenverschiebung

Amplitude: maximales Ausmass des Signals

T: $1/v$

f: $1/T \Rightarrow$ wie oft man etwas pro Sekunde tut

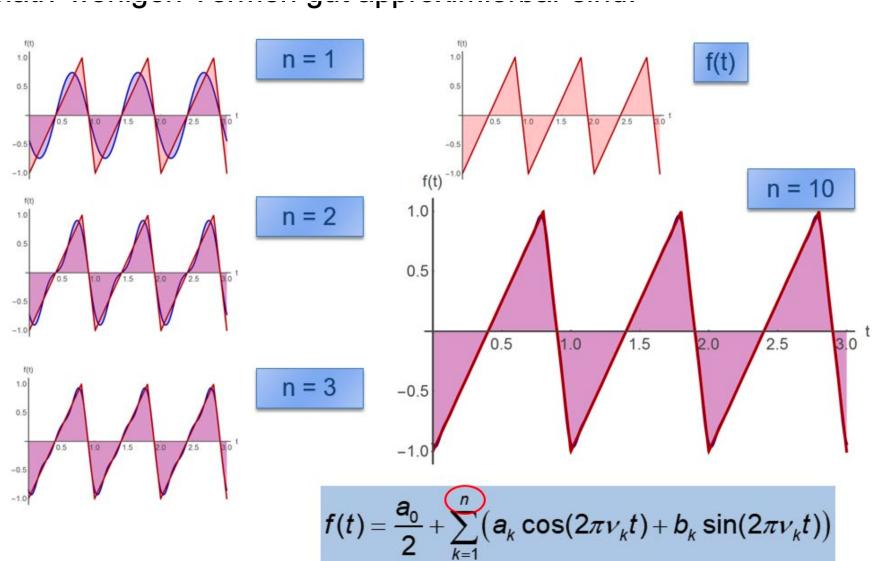


Fouriertransformation



Jede Funktion kann als Summe von (evtl. unendlich vielen) Sinus – und Cosinusfunktion dargestellt werden

⇒ Jedes Audiosignal kann aus Summen von reinen Tönen dargestellt werden



Töne

Instrument = Grundton + Obertöne

⇒ hohe Frequenzen stehen für hohe Töne

⇒ Je mehr Obertöne ein Audiosignal enthält, desto schärfer tönt ein Instrument.

Theorem von Nyquist

⇒ Um ein Signal, welches mit maximaler Frequenz f_{\max} zusammengesetzt ist, rekonstruieren muss man eine diskrete Fouriertransformation mit mindestens

$N > 2Tf_{\max}$ Messpunkten durchführen.

$$f_{\text{abtasten}} > f_{\text{Nyquist}} = 2f_{\max}$$

Aliasing

⇒ Sampling a frequency at too low sampling rate = results in a lower frequency

Blips

⇒ kurzes Signal

⇒ je schmäler das Blip, desto breiter das Spektrum

Prinzip der Unschärfe



Je lokalisierter ein Signal in der Zeitdomäne ist, desto mehr Frequenzen braucht man zu seiner Darstellung, bzw. desto delokalizierter ist es im Frequenzraum.

⇒ Je steiler die Flanken eines Signals, desto grösser der Anteil der hohen Frequenzen im Signal

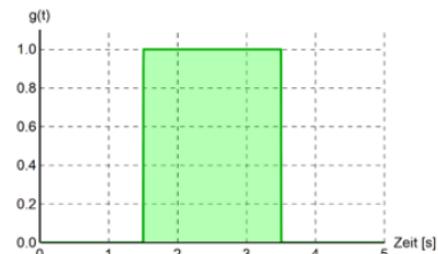
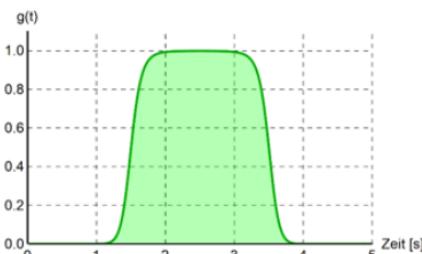
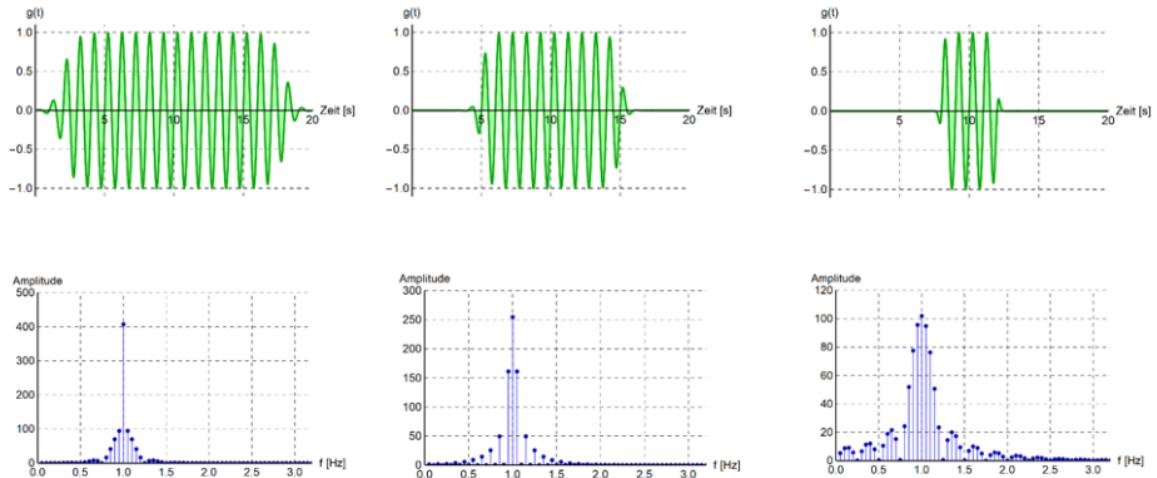


Fig. 3 Flankensteilheit

Spektrum

⇒ kurze Töne haben breitere Spektren



Intensität [Dezibel dB]

⇒ Wellen transportieren Energie. Die Energie, welche eine Welle pro Zeit und pro Fläche transportiert, heisst **Intensität**.

Unterschied von Intensitäten

$$Q = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_2} \right) dB$$

Signal to Noise Ratio (SNR)

⇒ Rauschen ist proportional zur Wurzel der Temperatur und dem Widerstand

$$SNR = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} = \frac{I_{\text{signal}}}{I_{\text{noise}}}$$

$$SNR = \frac{A_{\text{signal}}^2}{A_{\text{noise}}^2}$$