

# Elektrotechnik: Übersicht und Einführung

11. März 2025

Walter Sachs

[walter@waltersachs.ch](mailto:walter@waltersachs.ch)

# Themen/Inhalt I

- Abgrenzung Information/Energie/Materie
- Energieformen: kinetische/thermische/chemische/mechanische/elektrische Energie
- Unterschied Leistung/Energie
- Schwerpunkt elektrische Energie: im folgenden rede ich immer nur von der elektrischen Energie, wenn nicht anders erwähnt
- potentielle Energie (Batterie, Kondensator etc.) oder fließende Energie
- fließende Energie: Strom und Spannung
- Strom nur durch Leiter, Bsp. metallische Leiter mit Atommodell, Leitung in Salzen
- Induktion und kapazitive Kopplung, Verschiebungsströme
- Transversal- und Longitudinalwellen, elektromagnetische Wellen
- Wellen und Frequenzen
- Antennen: Antennenverstärkung, Abstimmung, Antennengewinn, Reflektoren, kapazitive und induktive Kopplung, Antennen in der Natur: Beispiele: Blattrispen, Nadeln, Fühler von Insekten -> Problem der immer höheren Frequenzen, komplexe Organismen aufgrund von Eindringtiefen besser geschützt
- Grenzwerte: berücksichtigen normalerweise nur thermische Effekte, Resonanzeffekte: relativ unabhängig von der Stärke
- Grundsatzfrage (eigentlich aus meiner Sicht beantwortet): gibt es unterhalb einer bestimmten Schwelle keine Effekte mehr, d.h. fangen diese ab einer bestimmten Schwelle schlagartig an?
- Einheiten und typische Größen, Besonderheit logarithmischer Einheiten
- Modulation und Demodulation: Informationsübertragung via Energie
- Einheiten und Größenordnungen
- biologische Systeme: typische Spannungen und Ströme, die Biologie basiert komplett auf elektrischen Feldern/Strömen: Urzeitcode von Luc Bürgin, andere Tests in der Richtung, Lakhovski, Wilhelm Reich, Elektroakupunktur und andere mehr
- thermische und athermische Effekte, Resonanzeffekte
- Halbleiterübergänge in biologischen Systemen
- Mikrorusspartikel und ihre Diodeneffekte
- Ionisationen
- chemische Bindungen und Umbauten aufgrund von Elektrizität
- gelöste Salze (Blut) und deren Verhalten in elektrischen/magnetischen Feldern
- Braun'sche Röhre: Energieübertragung per elektrischem Feld, Informationsübertragung per magnetischem Feld, Ionisationseffekte auf Leuchtschirm, Bremsstrahlung
- LEDs: schwarze Strahlung am PN-Übergang, Leuchtdichte, Kohärenz, Spektrum
- Unterschied Photonen und elektromagnetische Wellen - Welle/Teilchendualismus -> Doppelspaltversuch, Zeitverschiebungen im Versuch, Ändern der Vergangenheit
- Entropie als Universalprinzip -> nur durch Energiezufuhr können wir die Entropiezunahme kompensieren
- kosmische Strahlung, Ionosphäre und Neutrinos, Relativitätstheorie auf die Lebensdauer der Neutrinos angewandt, welche eigentlich gar nicht auf der Erde ankommen dürften
- das Universum: auch einfach nur Wellen mit extrem langer Wellenlänge? Wellen sind, solange sie nicht gedämpft werden, unendlich lang -> ist das Universum deshalb unendlich? Die Expansion des Universums, wie wir sie vermuten, kann vielleicht einfach eine Beobachtung von uns sein, wie sich die Welle weiterbewegt
- Fortpflanzung von Wellen: Schallwellen materiegebunden, elektromagnetische Wellen sind nicht an Materie gebunden, können aber in Materie geleitet werden (Hohlleiter oder Glasfaser), gilt der Welle-Teilchen-Dualismus allgemeiner? d.h. kann es sein, dass die Welle «Universum» gleichzeitig Teilchen (d.h. Planeten) ist? Dann wären wir Menschen einfach eine Welle, die zu Teilchen irgendwo kondensiert -> Frage ist: können diese Teilchen auch komplexer sein und haben sie eine «Ruhemasse»? Resp. was ist die «Ruhe»?
- Calciumspiegel im Blut
- elektrische Vorgänge an der Zellwand, Petkaueffekt
- Vagusnerv, Gehirn
- Nerven: Informationsübertragung, Kodierung, Übergang Nerv->Muskelernervation
- Reflektion, Dämpfung und Eindringtiefen
- Sinusknoten und Problem von Narbengewebe
- Energie im Grossen: AKW
- PV und Elektrosmog
- Windräder und Infraschall
- AKW und Radioaktivität/Ionisationen
- was ist Elektrosmog?
- Mobilfunk und WLAN, Starlink
- Interferenz: konstruktiv und destruktiv
- Informationsübertragung via Energie: kabelgebunden und drahtlos, Licht (Laser)
- Verschränkungen
- Schumannfrequenz und andere «Erdfrequenzen»

# Inhalt II

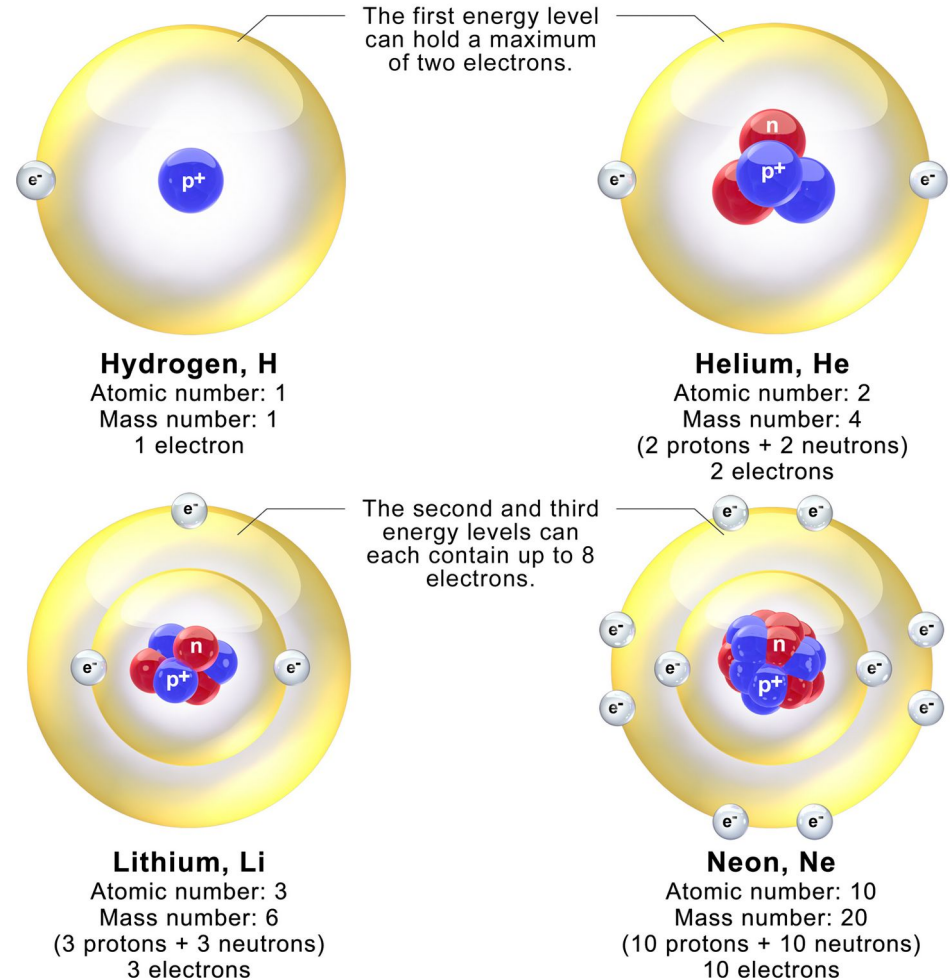
- Was ist Elektrizität?
- Spannung und Strom
- Stromleitung
- Felder und deren Kopplungen
- Elektromagnetische Felder, Wellenlängen und Antennen
- Energie und Information
- Modulation, Demodulation
- Resonanz
- Regelkreise
- Biologie

# Warum ist es wichtig?

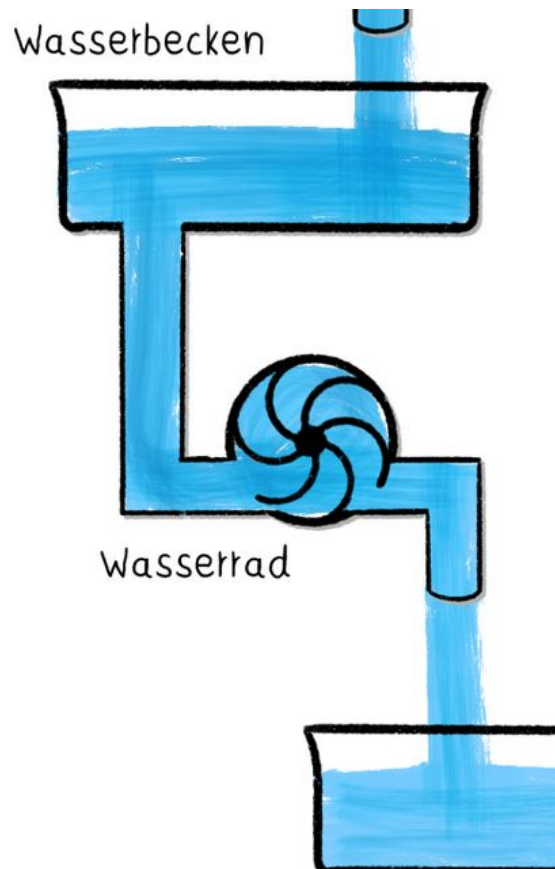
- ausser in Extremfällen kann man Elektrizität körperlich nicht spüren
- die gesamte Biologie basiert aber auf Elektrizität
- Elektrizität kann einkoppeln und in Resonanzen gehen und damit körperliche Vorgänge beeinflussen
- diese Beeinflussungen sind, ausser in Extremfällen, eher schleichend, d.h. werden nicht bemerkt oder von anderen Effekten maskiert

# Was ist Elektrizität

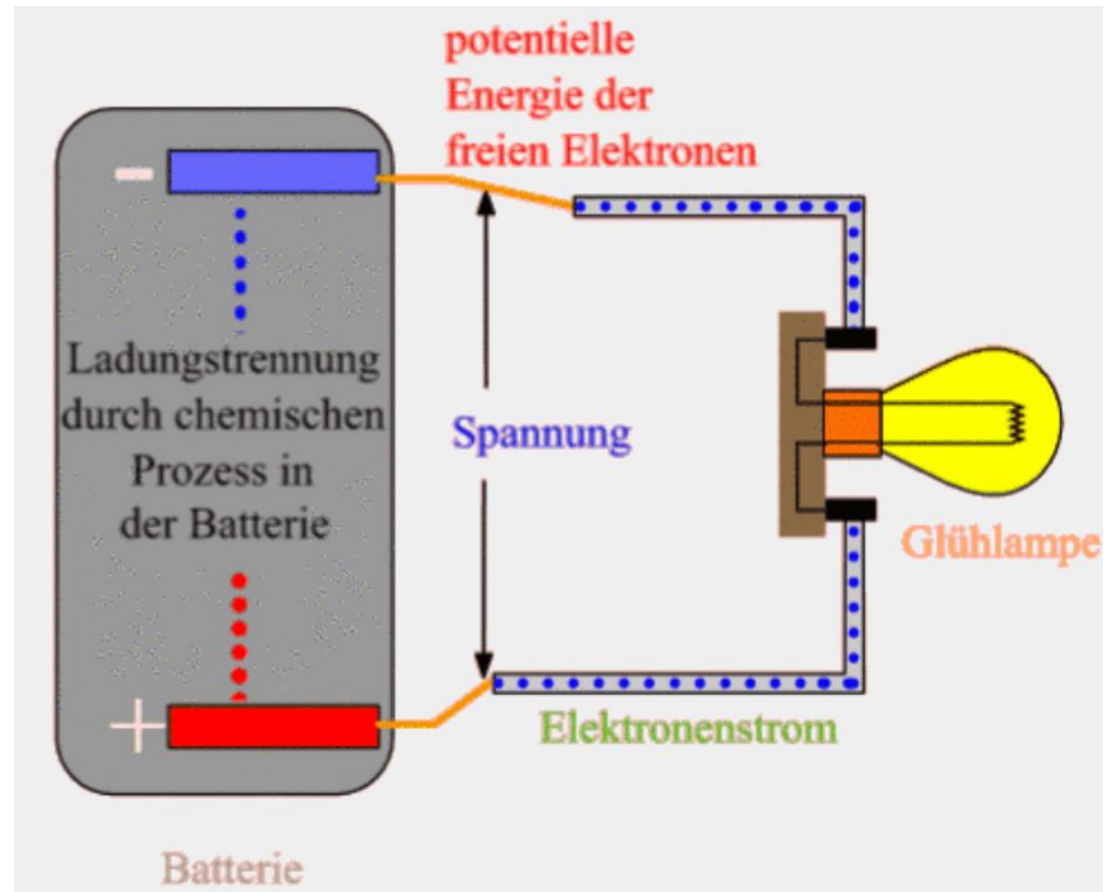
- ist eine der Naturkräfte
- physikalischer Oberbegriff für alle Phänome, die ihre Ursache in ruhender oder bewegter elektrischer Ladung haben
- Hintergrund: Bohrsches Atommodell
- neutrale Atome und Ionen
- Grundsatz: gleiche Ladungen stoßen sich ab, gegensätzliche Ladungen ziehen sich an



# Spannung und Strom I



Quelle: physikkommunizieren.de



Quelle: leifphysik.de

# Spannung und Strom II

- Spannung [V (Volt)]: «Druck der Elektronen» «*Höhe des Wasserfalls*»
- Strom [A, (Ampère)]: Anzahl Elektronen pro Zeit «*Wassermenge pro Zeiteinheit*»
- 1 Ampère ca. 6 Trillionen ( $10^{18}$ ) Elektronen/sec

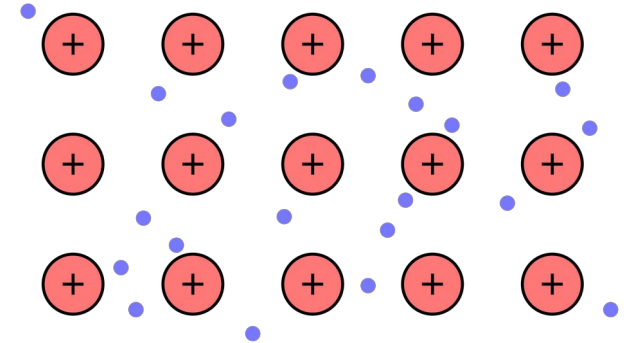
Typische Werte

LED-Taschenlampe	2 V, 0.5 A
Toaster	230 V, 3.5 A
Solaranlage (12 kWp)	600 V, 20 A
SBB-Oberleitung	15 kV, 300 A
menschliche Nerven	50-140 mV, pA-nA

- *Gleichstrom: Stromfluss immer in eine Richtung*
- *Wechselstrom: Stromfluss alternierend, Haushaltsstrom: 100x/sec Flussrichtungsumkehr*

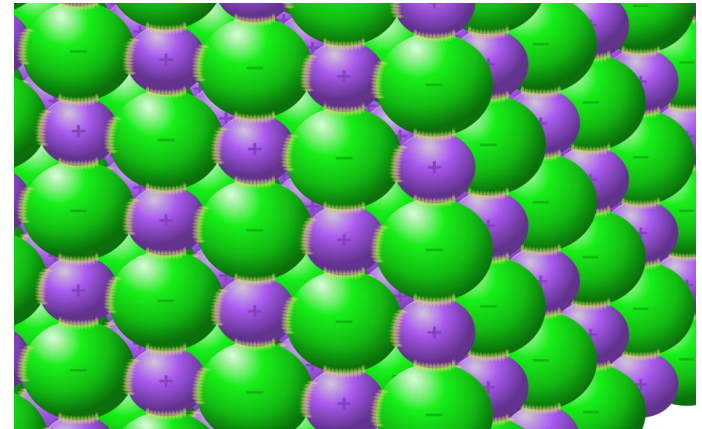
# Stromleitung in Metallen & Flüssigkeiten

Metalle: «Elektronenwolke»

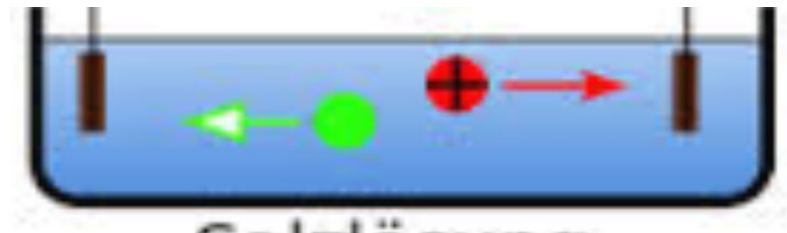


Natriumchlorid (rot/violett:  $\text{Na}^+$ , grün:  $\text{Cl}^-$ )

festes Kochsalz



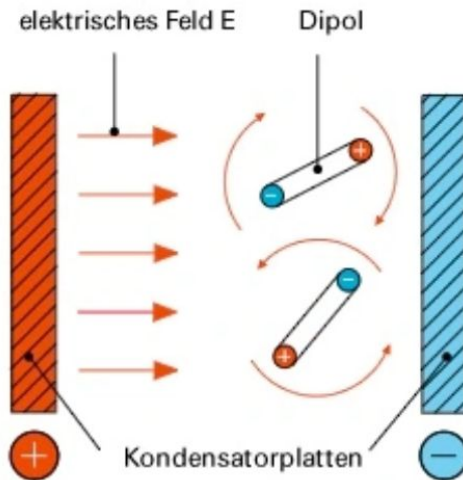
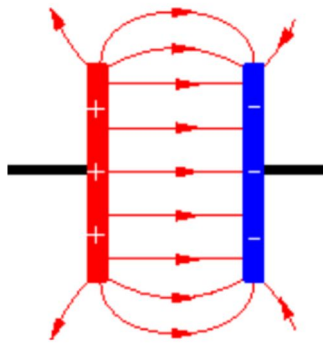
in Wasser gelöstes  
Kochsalz, bei  
Wechselstrom ein  
«Gezappel»



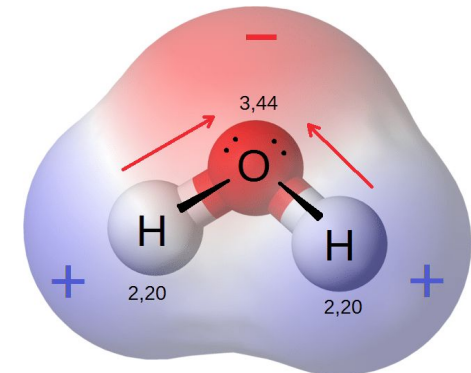


# elektrische Felder

- entsteht immer zwischen zwei Ladungen
- Feldstärke nimmt mit grösserer Spannung zu
- statische Felder bei Gleichstrom, dynamische Felder bei Wechselstrom
- haben Einfluss auf alle leitfähigen Dinge innerhalb der Feldlinien
- Dipole richten sich entlang der Feldlinien aus
- übt eine Kraft in Richtung des Feldes auf Elektronen aus

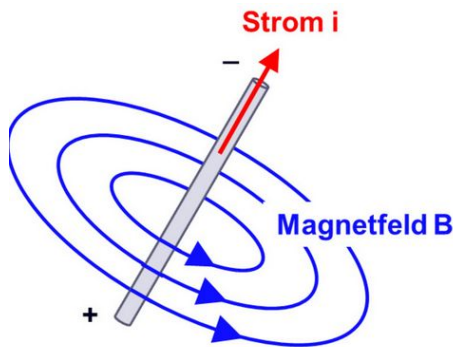


Wasser: ein Dipol

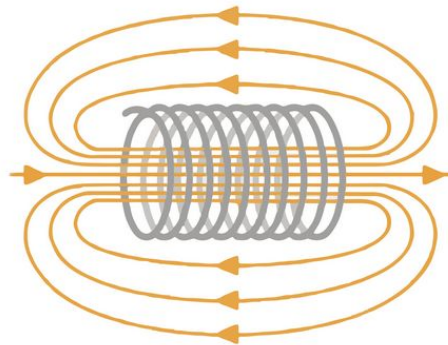


# magnetische Felder

- entstehen immer dort, wo ein Strom fließt
- Feldstärke nimmt mit grösserem Strom zu
- statische Felder bei Gleichstrom, dynamische Felder bei Wechselstrom
- haben Einfluss auf alle «magnetisch empfindlichen» und leitfähigen Dinge innerhalb der Feldlinien
- übt eine Kraft  $90^\circ$  senkrecht zum Feld auf Elektronen aus



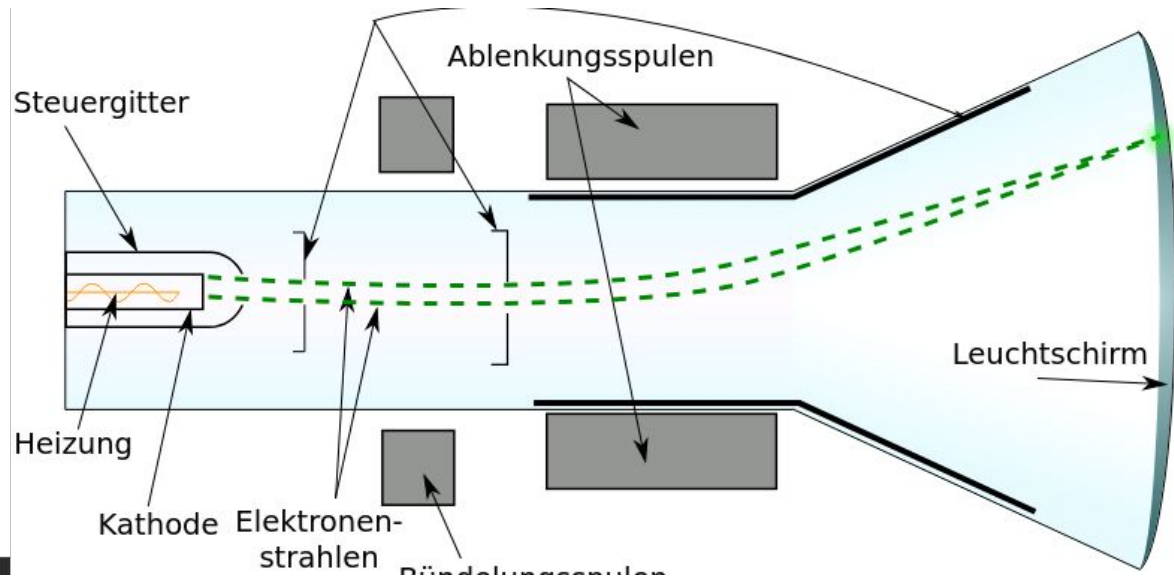
Quelle: emf ethz ch



Quelle: Imz bw de

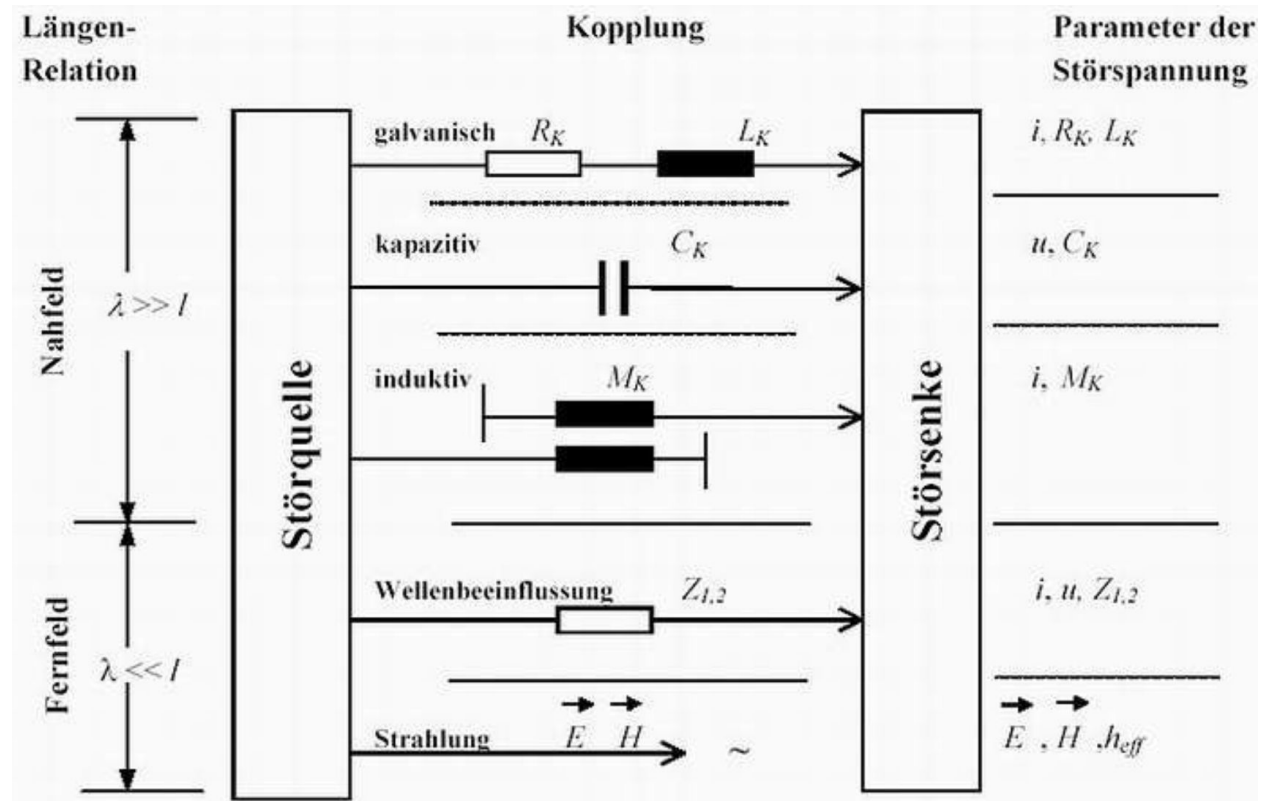
# Beispiel: Braun'sche Röhre

- elektrisches Feld überträgt Energie auf die Elektronen
- magnetisches Feld lenkt die Elektronen ab



# Kopplungsarten I

- galvanische Kopplung: direkt durch das Verbinden zweier Leiter
- kapazitive Kopplung: via elektrischem Feld
- induktive Kopplung : via magnetischem Feld
- elektromagnetische Kopplung: Funk



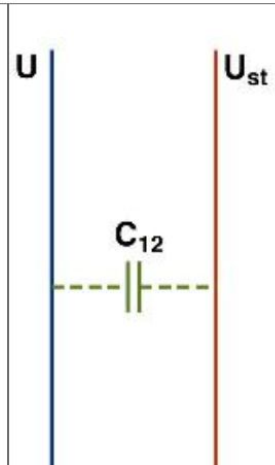
Quelle: demvt de

# Kopplungsarten II

Berechnung:

$$i_{ST} = C_{12} \cdot \frac{du}{dt}$$

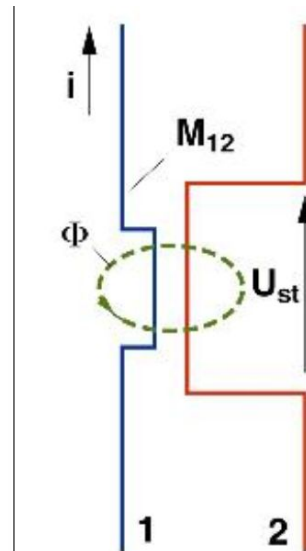
$i_{ST}$  = Störstrom  
 $C_{12}$  = parasitäre Koppelkapazität  
 $du/dt$  = Spannungsänderungsgeschwindigkeit



Berechnung:

$$u_{ST} = M_{12} \cdot \frac{di}{dt}$$

$u_{ST}$  = Störspannung  
 $M_{12}$  = Gegeninduktivität  
 $di/dt$  = Stromänderungsgeschwindigkeit



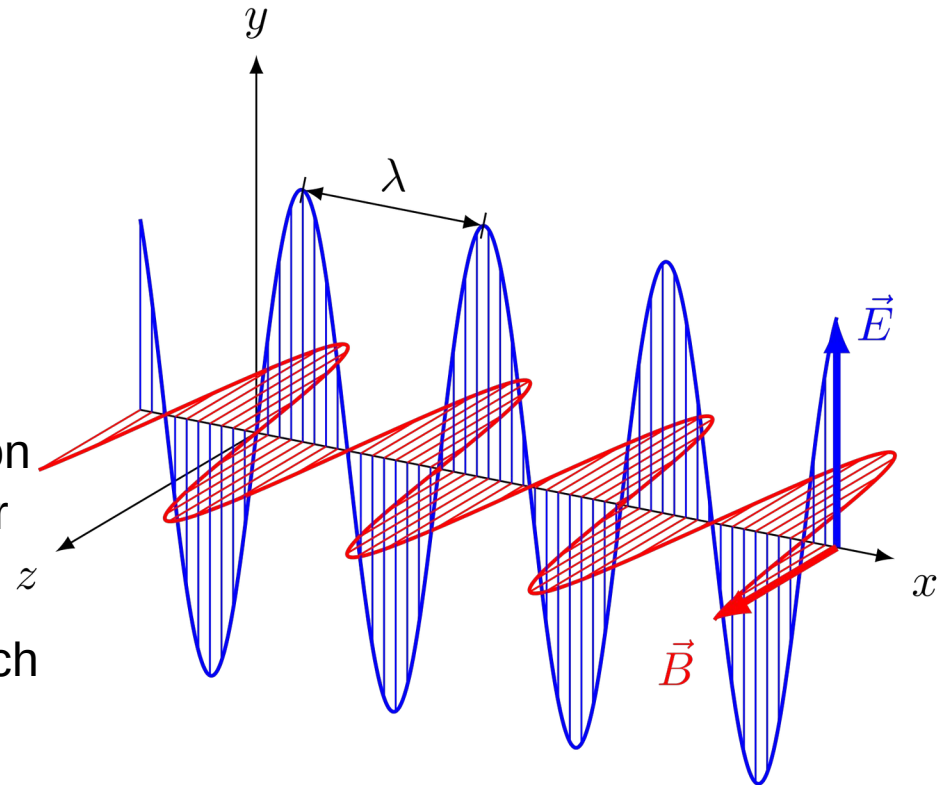
Induktive Kopplung



Quelle: feuerwehr  
riedstadt.de

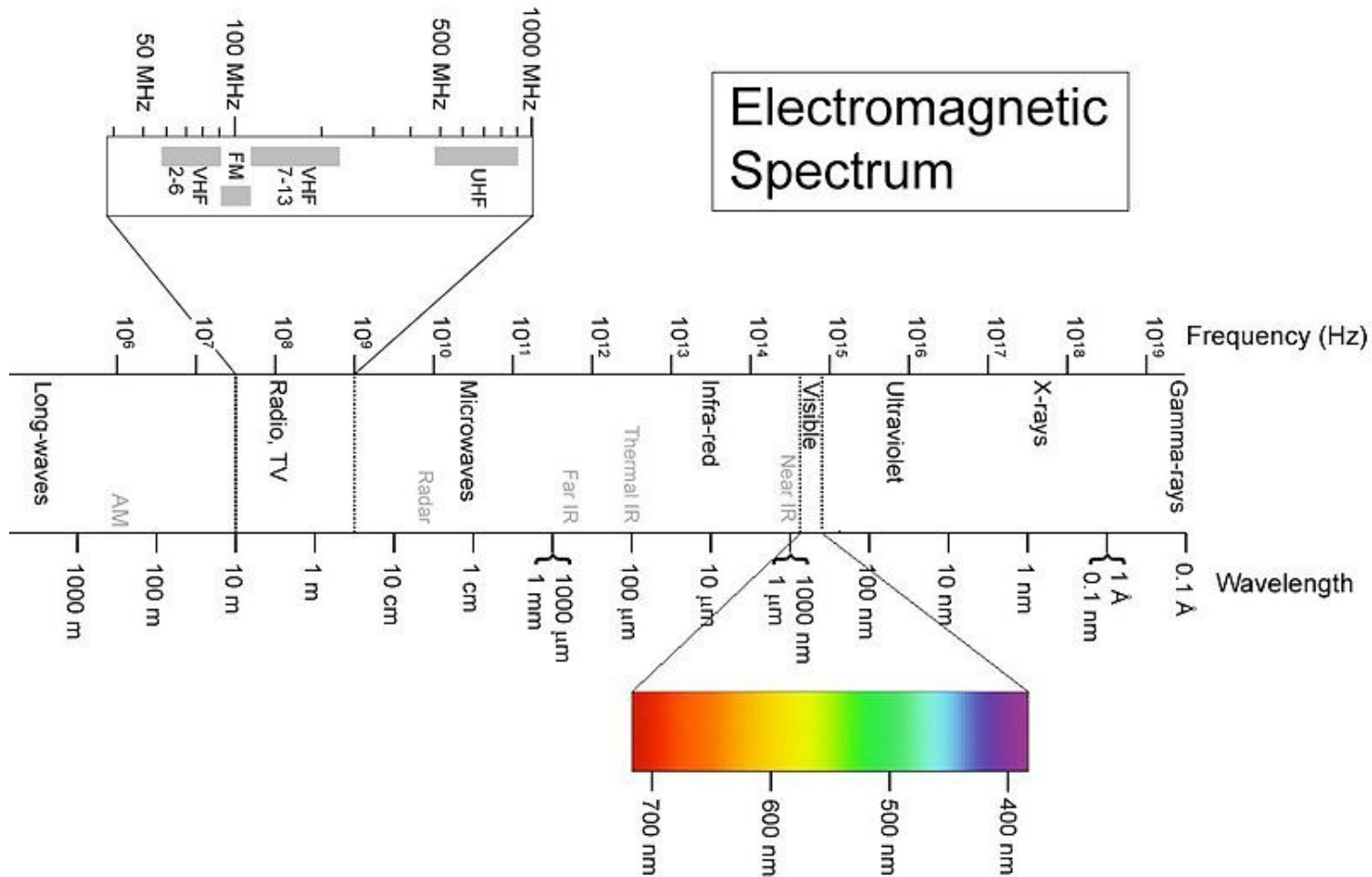
# Elektromagnetische Felder

- durch Kopplung eines magnetischen und elektrischen Felds entsteht ein elektromagnetisches Feld
- dieses kann Energie transportieren
- Beispiele: Radiowellen, Mikrowellen, Licht, Röntgenstrahlung (ab Infrarot redet man von «Strahlung», darunter von «Welle», ist aber physikalisch identisch)
- bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit, auch durch Vakuum
- Eindringtiefe: je höher die Frequenz, desto geringer die Eindringtiefe



# Wellenlänge und Frequenz

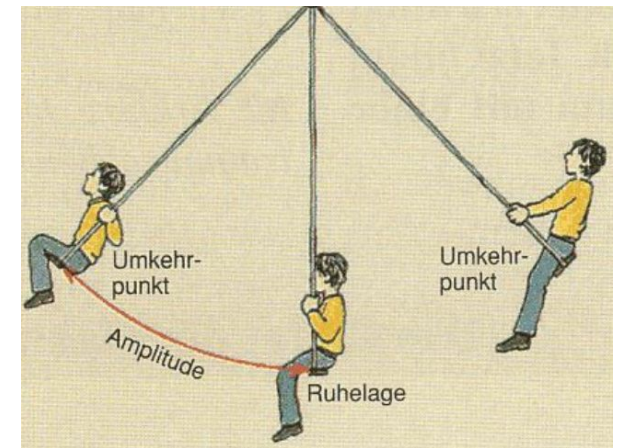
- Lichtgeschwindigkeit = Frequenz \* Wellenlänge





# Resonanz

- jedes System hat mind. eine Eigenfrequenz
- wird ein System mit seiner Eigenfrequenz angeregt, so hat es die maximale Energieaufnahme
- Bsp. Schaukel, welche im richtigen Rhythmus angestossen wird
- Beispiel: Radio, Fernsehen, WLAN, Bluetooth, Mobilfunk
- auf die Trägerwelle wird die Information aufmoduliert, es gilt: Frequenz der Information viel kleiner als Frequenz der Trägerwelle



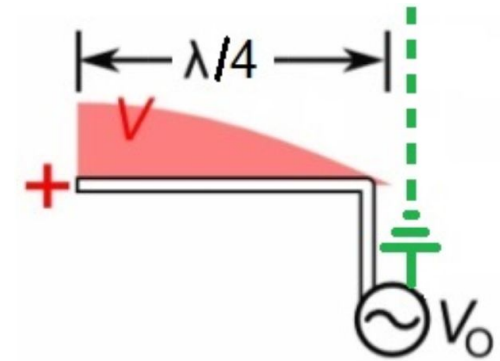
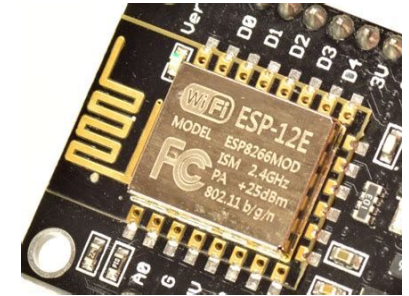
Quelle: studyflix.de



# Antennen

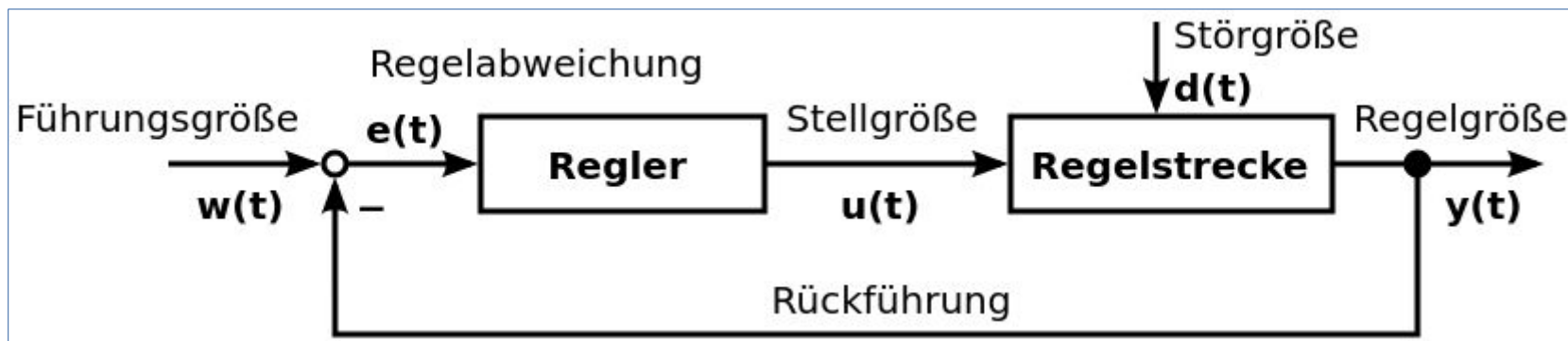
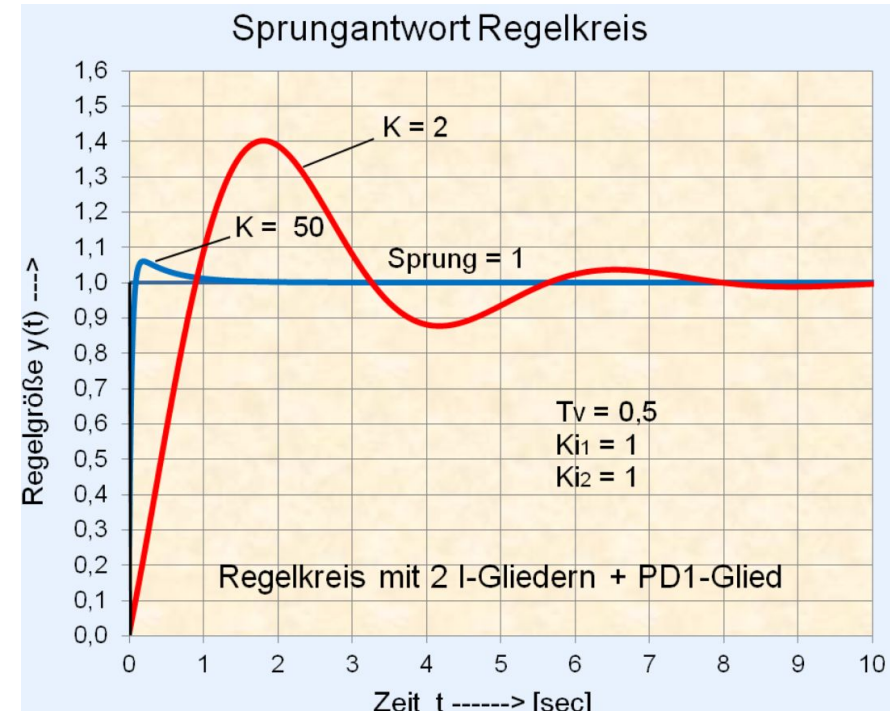
- Antennen dienen zum Senden und Empfangen elektromagnetischer Wellen
- optimal: Antenne abgestimmt auf die Wellenlänge, Beispiel:

Frequenz	Wellenlänge	Antenne
180 MHz (DAB+)	1.6 m	40 cm
3.6 GHz (5G)	8 cm	2 cm
75 GHz (Autoradar)	4 mm	1 mm



# Regelkreise

- rückgekoppeltes System mit dem Ziel, etwas zu stabilisieren - z.B. die Körpertemperatur



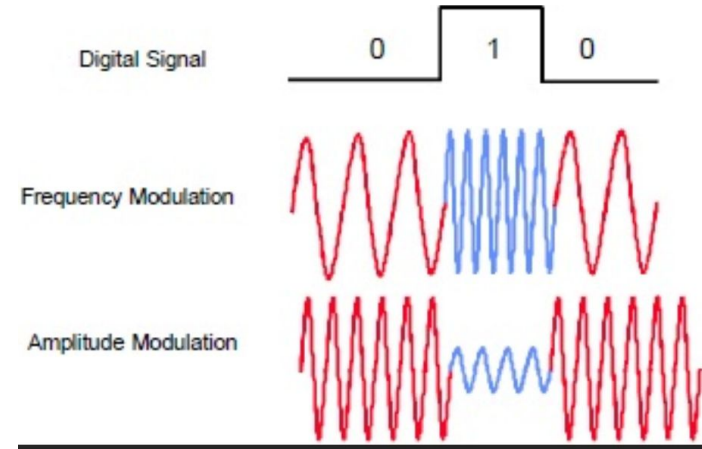
Quelle: wikipedia

# Energie und Information

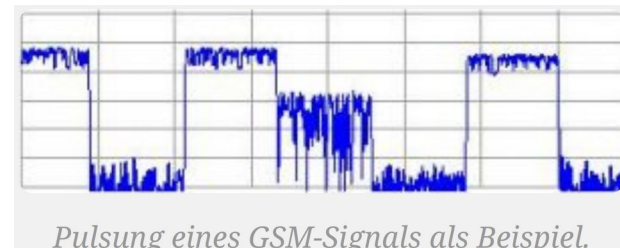
- Energie: Kinetisch, Potenziell, Wärme, Elektrisch, Strahlung (Photonen)
- Energieerhaltungssatz: Energie kann immer nur umgewandelt, aber nicht entstehen oder verschwinden
- Information: Das «Wissen», in der Physik ist sie mit der Entropie (Ordnungsgrad eines Systems) verknüpft
- Information enthält keine Energie
- in der «klassischen Physik» braucht es Energie, um Informationen zu übertragen

# Modulation

- dient zur Informationsübertragung mit elektromagnetischen Wellen
- Beispiel: Radio, Fernsehen, WLAN, Bluetooth, Mobilfunk
- auf die Trägerwelle wird die Information aufmoduliert, es gilt: Frequenz der Information viel kleiner als Frequenz der Trägerwelle



Quelle:  
technopediasite.com

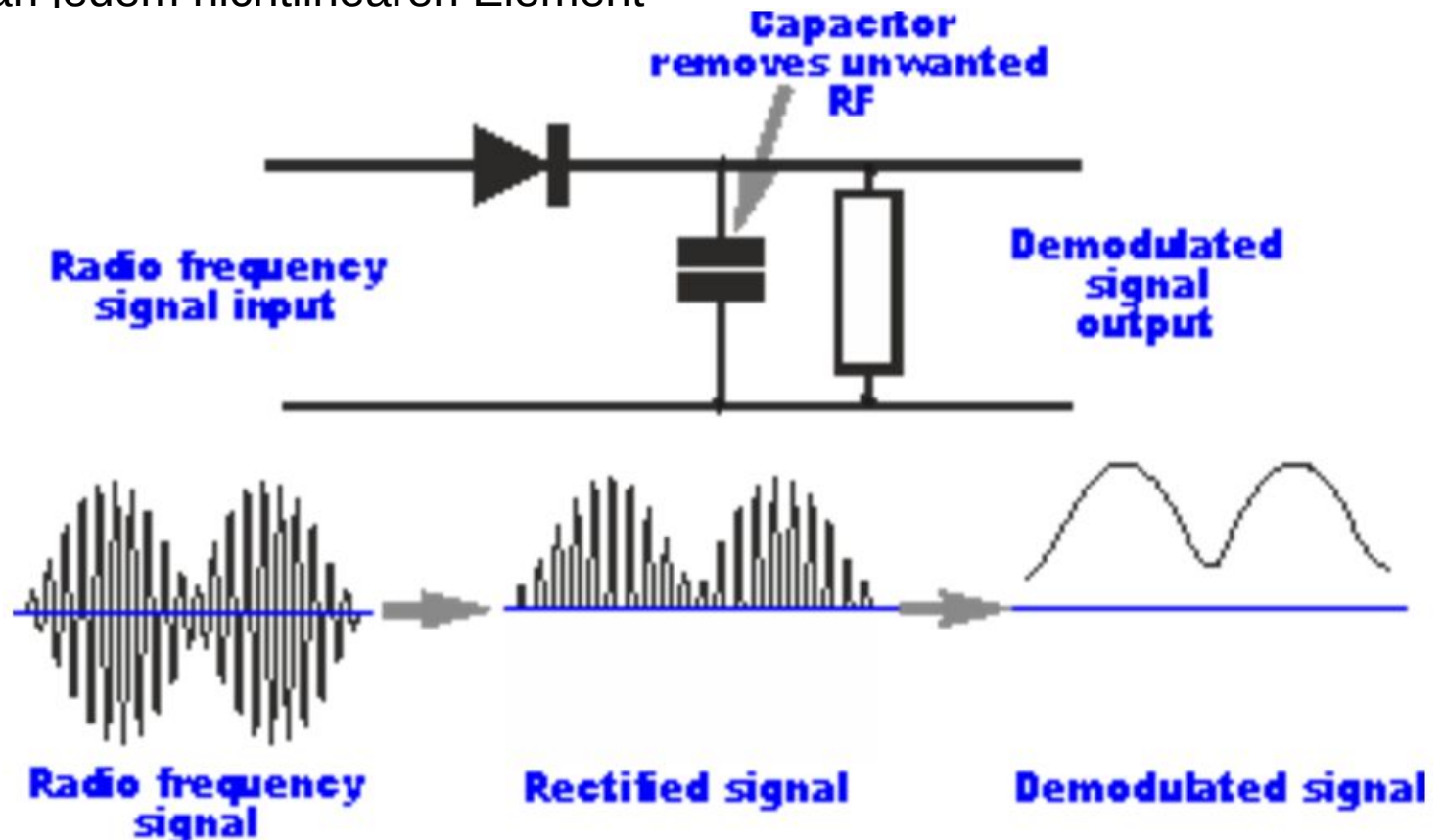


*Pulsung eines GSM-Signals als Beispiel.*

Quelle: hcfricke.com

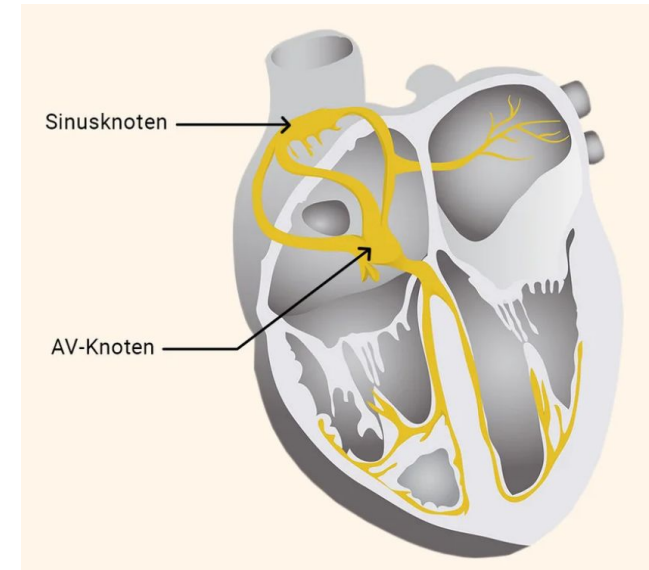
# Demodulation

- Informationsrückgewinnung aus einer elektromagnetischen Welle
- grundsätzlich an jedem nichtlinearen Element möglich



# Und die Biologie? I

- alle Lebewesen sind elektrische Wesen
- auf Zellebene, Nervenebene, Organebene
- allen gemeinsam: kleinste Spannungen (ca. 100 mV) und Ströme (pA - nA)
- verschiedenste Frequenzen und Regelkreise
- verschiedenste Entfernungen:  
Zellen: wenige Mikrometer  
Nerven: Millimeter - Meter  
Gehirn: Mikrometer - Zentimeter  
Blutkreislauf: mehrere 10'000 km
- unzählige Verbindungen
- Stromleitung vor allem via Ionen
- Eisen im Hämoglobin ist schwach magnetisch
- Strom&Felder öffnen und schliessen  
«Zelltore»



Quelle: herzmedizin.de

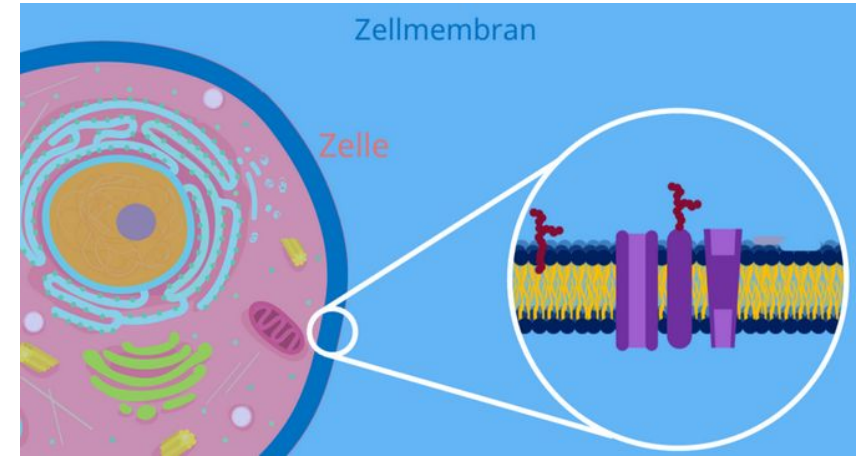
# Und die Biologie? II

- mannigfaltige Effekte nachgewiesen, technisch umgesetzt von der Elektromedizin (z.B. Lakhovski)
- verschiedene Versuche, Gliedmassen durch Anlegen von gerichteten Feldern nachwachsen zu lassen
- Einfluss auf DNA -> «Urzeitcode», Ciba-Geigy\*
- Fritz-Albert Popp: Biophotonen
- Petkau-Effekt: geringe, langfristige Strahlendosen haben einen höheren Effekt als kurzfristige, hohe Strahlung

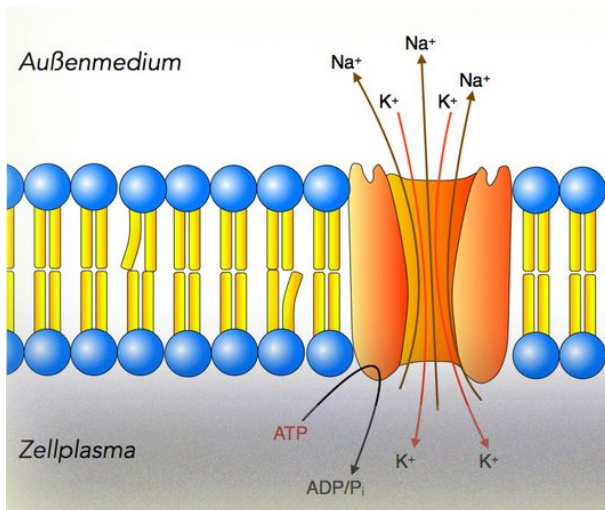


# Biologie - Zellmembranen

- Ionenkanäle: durch Veränderung der elektrischen Spannung werden diese Kanäle geöffnet oder geschlossen
- Ionenpumpen: aktiver Transport entlang elektrischem Gradienten, benötigt ATP, erzeugt ca. 10 mV



Quelle: studyflix.de



Natrium-Kalium-Pumpe

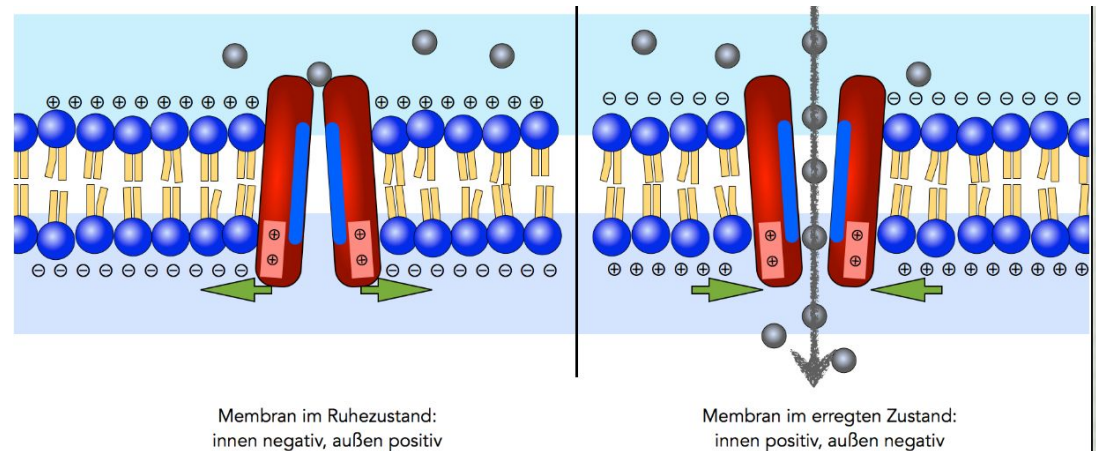


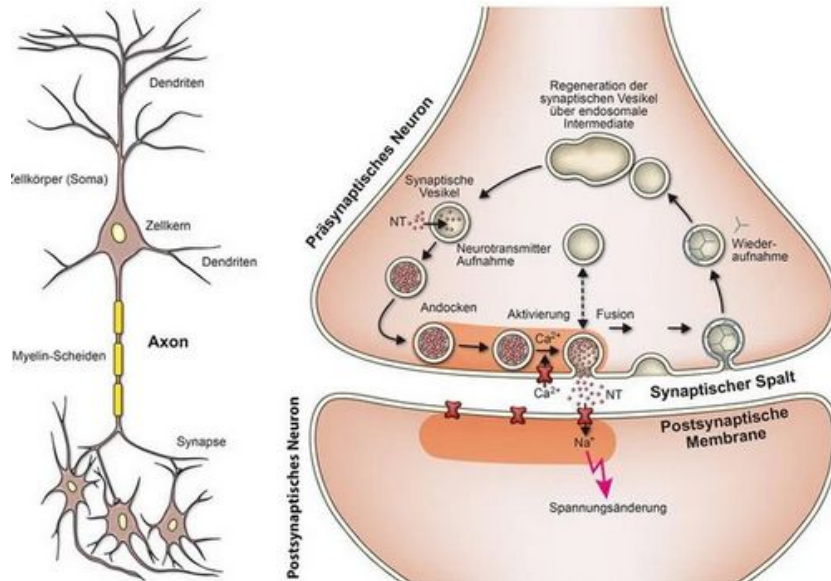
Abbildung 1: Funktionsmodell eines spannungsgesteuerten Ionenkanals

Autor: Ulrich Helmich 2017, Lizenz: siehe Seitenende.

Ionenkanal



# Biologie - Nerven und Gehirn



- Neuronen und Synapsen
- lernfähig, via Rückkopplung
- ca. 100 Milliarden Neuronen, ca. 1 Billionen Synapsen, dazu unzählige Botenstoffe, Ionen, Neuromodulatoren und deren Rezeptoren

# Biologie - Demodulation

Potentielle Demodulationsstellen könnten u.a. sein:

- Zellmembranen: Diese besitzen nichtlineare elektrische Eigenschaften aufgrund der spannungsabhängigen Ionenkanäle. Die Lipiddoppelschicht mit eingebetteten Proteinen kann als Diodenähnliche Struktur wirken.
- Nervenzellen und Synapsen: Das nichtlineare Verhalten von Neuronen bei der Signalübertragung könnte modulierte Signale demodulieren.
- Magnetit-Kristalle: Im menschlichen Gehirn wurden kleine Magnetit-Kristalle ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) nachgewiesen, die als Ferrimagnetika nichtlineare Eigenschaften aufweisen und elektromagnetische Signale potenziell demodulieren könnten.
- Membrangebundene Enzyme: Einige Enzyme zeigen spannungsabhängige Aktivität, die durch niederfrequente Signale beeinflusst werden könnte.
- Calciumkanäle: Diese reagieren empfindlich auf elektrische Felder und weisen nichtlineare Öffnungs- und Schliesscharakteristiken auf.
- Mikrotubuli in Zellen: Diese intrazellulären Strukturen können elektromagnetische Signale möglicherweise nichtlinear verarbeiten.

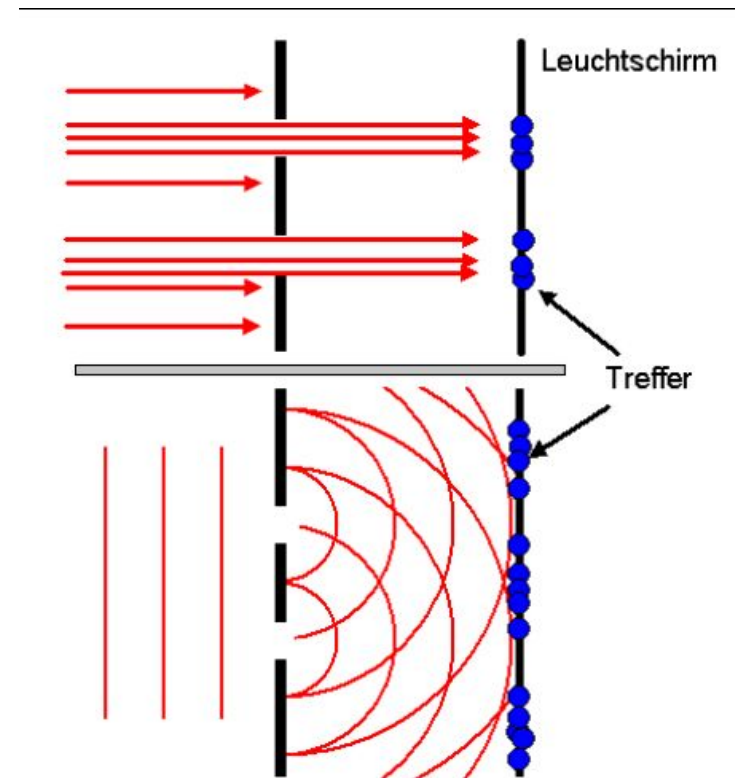
# Welle-Teilchen Dualismus

## Eigenschaften von Wellen

- Ausgedehnt im Raum
- Zeigen Amplitude und Frequenz
- Können sich überlagern (Superposition)
- Zeigen Interferenzmuster (konstruktive und destruktive Interferenz)
- Unterliegen Beugung an Hindernissen
- Können gebrochen und reflektiert werden
- Transportieren Energie ohne Massetransport
- Beispiele: Wasserwellen, Schallwellen, elektromagnetische Wellen

## Eigenschaften von Teilchen

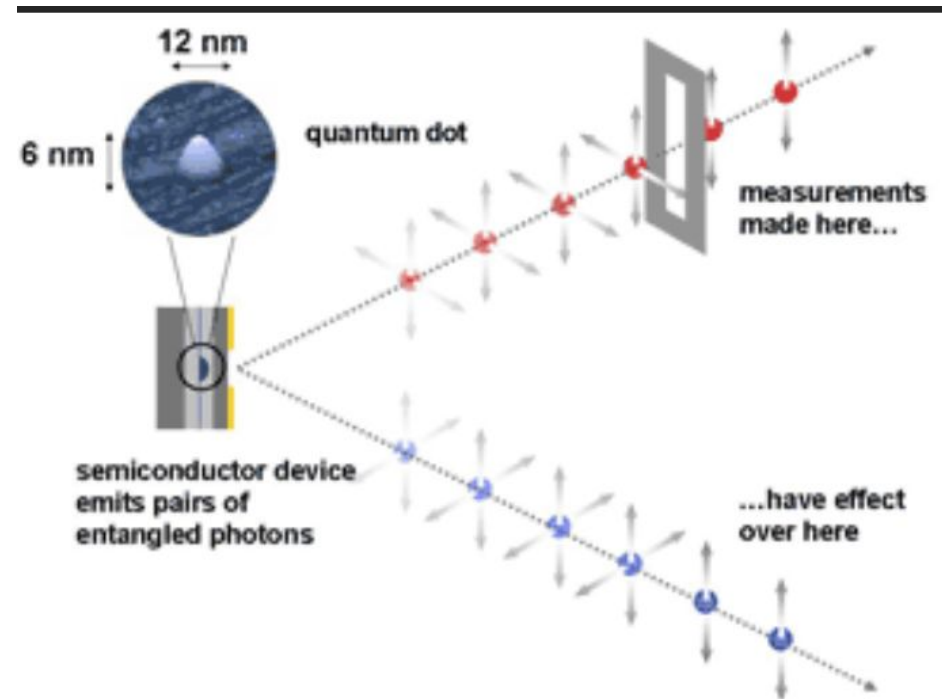
- Lokalisiert und punktförmig
- Besitzen eine definierte Position im Raum
- Haben eine bestimmte Masse
- Können elektrische Ladung tragen
- Stossen miteinander zusammen (diskrete Wechselwirkungen)
- Folgen Bewegungsbahnen
- Können gezählt werden (diskrete Anzahl)
- Beispiele: Elektronen, Protonen, Atome, Kugeln



# Verschränkung

Vergleichbar ist dies mit zwei Bällen, einem weissen und einem schwarzen, deren Zustand im Flug nur als grau zu erkennen ist – sie befinden sich in einer Überlagerung ihrer Zustände. Erst wenn einer der Bälle gefangen wird, zeigt sich seine endgültige Färbung. Im gleichen Moment ist damit auch klar, dass der andere Ball die entgegengesetzte Farbe haben muss. Die große Frage dabei ist jedoch: Woher wissen die Bälle, welche Farbe sie annehmen müssen? Ist ihre Farbe bei Messung purer Zufall oder tragen sie womöglich eine verborgene Information in sich, die ihre spätere Farbe im Vorhinein determiniert?

Quelle: scinexx.de



Quelle: telepolis.de