



Lernfeld 03 Elektrik

Unterrichtsplanung für 1BFR

Inhaltsverzeichnis

Lernfeld 3: Prüfen und Instandsetzen

elektr. Systeme.....	2
Zielformulierung.....	2
Inhalte.....	2

Feedback.....	2
---------------	---

Ideenspeicher.....	2
--------------------	---

Elektrischer Strom und seine Wirkung.....3

Aufbau eines Atoms.....	3
Elektronen e^- und Ionen Me^+	3
Elektrischer Strom in festen Körper.....	3
Versuch 1.....	3
Beobachtung.....	3
Erklärung.....	3
Anwendung der Wärmewirkung.....	3
Anwendung der Lichtwirkung.....	3

Elektr. Strom in Flüssigkeiten.....4

Versuch 2.....	4
Beobachtung.....	4
Erklärung.....	4
Anwendung der chemischen Wirkung.....	4

Magnetische Wirkung des elektr. Stromes.....5

Versuch 3.....	5
Beobachtung.....	5
Erklärung.....	5
Anwendung.....	5

Galvanisches Element.....6

Versuch 4.....	6
Beobachtung.....	6
Erklärung.....	6
Anwendung.....	6

Ohmsches Gesetz.....7

Versuch 5 Bleistiftexperimente.....	7
Ohm'sches Gesetz.....	7
umgeformte Varianten.....	7

Vergleich.....8

Reihenschaltung.....	8
Parallelschaltung.....	8
Schaltplan.....	8
Teilchenmodell.....	8
Strom.....	8
Widerstand.....	8
Spannung.....	8
Kirchhoff'sche Gesetz.....	8
1. Kirchhoff'sches Gesetz = Knotenregel.....	8
2. Kirchhoff'sches Gesetz = Kreisregel.....	8

Ei. Spannung und ihre Erzeugung.....9

Ausgleichsbestreben zweier elektrischer Potentiale.....	9
---	---

Elektromagnetische Induktion 1.....9

Versuch 7.....	9
Beobachtung.....	9
Erklärung.....	9
Anwendung.....	9

Elektromagnetische Induktion 2.....10

Versuch 8.....	10
Beobachtung.....	10
Erklärung.....	10
Versuch c) Selbstinduktion.....	10
Anwendung.....	10

Wirkung des el. Stromes (Kurzform).....11

thermische Wirkung.....	11
Lichtwirkung.....	11
Magnetische Wirkung.....	11
Chemische Wirkung.....	11
Physiologische Wirkung.....	11
Anregung von Halbleiter.....	11

And. Verfahren der Spannungserzeugung.....12

Fotoelement (Solarzelle).....	12
Thermoelement.....	12
Piezoelement.....	12

Vergleich: Hydraulik – Elektrik.....13

Hydraulik.....	13
Elektrik.....	13
Druck.....	13
Spannung.....	13
Flüssigkeitsstrom.....	13
Elektr. Strom.....	13
Drossel.....	13
Widerstand.....	13
Hydraulik.....	14
Elektrotechnik.....	14
Spannung U in [V].....	14
el. Strom I in [A].....	14
Widerstand R in [Ω].....	14
offener Stromkreis.....	14
geschlossener Stromkreis.....	14
Reihenschaltung von Stromerzeugern.....	14
Reihenschaltung von Verbrauchern.....	14
Parallelschaltung von Stromerzeugern.....	14
Parallelschaltung von Verbrauchern.....	14
Vergleich.....	14
Vergleichskriterien.....	14
Anwendung.....	14

Bauelemente.....15

Bauelemente – Auftrag für GA.....15

Bauelemente.....	15
Inhalt.....	15
Aufgabe.....	15

Schalter.....16

Zweck.....	16
Aufbau und Funktionsweise.....	16
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	16
Anwendung im Kfz.....	16

Relais.....17

Zweck.....	17
Aufbau und Funktionsweise.....	17
Bauarten.....	17
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	17
Merkmale.....	17
Anwendung im Kfz.....	17

Sicherung.....18

Zweck.....	18
Aufbau und Funktionsweise.....	18
Bauarten.....	18
Schmelzsicherung.....	18
Fehlerstrom-Schutzschalter.....	18
Schaltzeichen.....	18
Anwendung im Kfz.....	18

Ohmscher Widerstand.....19

Zweck.....	19
Aufbau und Funktion.....	19
Aufbau.....	19
Funktionsweise.....	19
Kennlinie.....	19
andere Widerstände.....	19
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	19
Kennzeichnung.....	19
Anwendung im Kfz.....	19

Kondensator.....20

Zweck.....	20
Aufbau und Funktionsweise.....	20
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	20
Kennlinie.....	20
Merkmale.....	20
Anwendung im Kfz.....	20

Diode.....21

Zweck.....	21
Aufbau und Funktionsweise.....	21
Aufbau.....	21
Durchlassrichtung.....	21
Sperrrichtung.....	21
Schleusenspannung.....	21
Durchbruchsspannung.....	21
Kennlinie.....	21
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	21
Anwendung im Kfz.....	21

Leuchtdiode LED.....22

Zweck.....	22
Aufbau und Funktionsweise.....	22
Merkmale.....	22
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	22
Anwendung im Kfz.....	22

Zenerdiode.....23

Zweck.....	23
Funktion.....	23
Aufbau und Funktionsweise.....	23
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	23
Merkmale.....	23
Anwendung im Kfz.....	23

NTC / PTC.....24

PTC = Kaltleiter.....	24
NTC = Heißeiter.....	24
Funktion.....	24
Kennlinie und Schaltzeichen.....	24
Merkmale.....	24
Anwendung im Kfz.....	24

Transistor.....25

Zweck.....	25
Aufbau und Funktionsweise.....	25
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel.....	25
Merkmale.....	25
Anwendung im Kfz.....	25

Schaltplan.....26

Hilfen zum Lesen von Schaltplänen.....	26
Klemmenbezeichnungen.....	26
Schaltzeichen.....	26
Kennbuchstaben der Bauteile.....	26
Stromlaufpfade.....	26
Vertiefung.....	26

Literaturverzeichnis.....27



Lernfeld 3: Prüfen und Instandsetzen elektr. Systeme

1. Ausbildungsjahr

Zeitrichtwert: 80 Stunden

eigentlich: Prüfen und Instandsetzen elektr. und elektronischer Systeme

Zielformulierung

Die Schülerinnen und Schüler planen anhand von Arbeitsaufträgen und Fehlerbeschreibungen die Prüfung und Instandsetzung von elektrischen und elektronischen Systemen an Fahrzeugen oder berufsspezifischen Systemen. Zur Informationsgewinnung verwenden sie konventionelle und elektronische Informationssysteme. Sie nutzen Schaltpläne und andere technische Dokumentationen der Elektrotechnik/Elektronik bei der Analyse von Grundschaltungen elektrischer Bauelemente an. Die Schülerinnen und Schüler führen eine Fehlersuche an Fahrzeugen oder berufsspezifischen Systemen durch und setzen elektrische und elektronische Systeme instand. Sie wählen die erforderlichen Prüf- und Messgeräte aus. Sie messen und ermitteln elektrische Größen, wenden dabei Tabellen und Formeln an und beurteilen die Messwerte und Signale. Sie wenden die Unfallverhütungsvorschriften zur Vermeidung von Gefahren im Umgang mit elektrischem Strom an.

Die Schülerinnen und Schüler dokumentieren ihre Arbeitsergebnisse und bewerten diese durch Vergleichen mit errechneten Größen und Herstellervorgaben. Unter Berücksichtigung grundlegender Kommunikationsregeln präsentieren sie ihre Arbeitsergebnisse.

Inhalte

- Schaltpläne
- Elektrische und elektronische Bauelemente, Baugruppen und Systeme
- Elektrische und elektronische Schaltungen, Grundgrößen und Signale
- Elektrische Mess- und Prüfgeräte
- Installationsvorschriften
- Schaltzeichen, Klemmenbezeichnungen
- Leitungen, Leitungsverbindungen
- Vorschriften zur Prüfung elektrischer/elektronischer Systeme Arbeitssicherheit und Unfallverhütung im Umgang mit elektrischen Bauteilen

Feedback

08.02.2011: Schüler fordern mehr Abwechslung → Umstellung der U-Einheiten

Ideenspeicher

Fritzing (Open Source) simuliert Leiterplatten und Schaltpläne

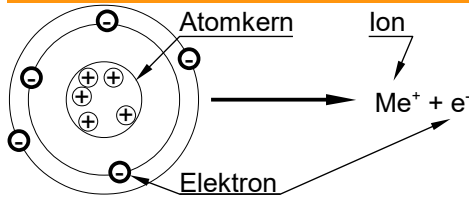


Elektrischer Strom und seine Wirkung

Strom ist Bewegung von Teilchen (Wasser, Auto, Menschen ..)

Elektr. Strom ist Bewegung von elektr. Ladungsträgern.

Aufbau eines Atoms



Neutronen einfügen, wegstrebendes Elektron als einzelnes in eine äußere Schale zeichnen
Elektronen sind auf ihren Umlaufbahnen in Schalen angeordnet, voll besetzte Schalen sind stabil. Die äußeren Schalen sind bei Metallen nur schwach besetzt, diese Elektronen trennen sich leicht.

Metallatome streben auseinander in:

Elektronen e^- und Ionen Me^+

sind elektr. Ladungsträger. Wenn sie sich bewegen, nennt man dies elektr. Strom.

1) Ein: Licht einschalten, was passiert?

- Stromkreis wird geschlossen, el. Strom (=Elektronen) fließen und regen in der Leuchtstoffröhre Ionen zum Leuchten an.
- Strom ist immer Bewegung von Teilchen, vgl: Ladungen (elektr. Strom), Flüsse (Wasser), Autobahnen (Autos), Licht (Photonen).

$$1A = 6,24 \cdot 10^{18} \frac{e}{s}$$

Lichtstrom in Lumen ist ein Maß für die sichtbare Strahlung einer Lampe)

2) Was ist das Besondere an Metallen? (zunächst ohne Antwort)

Metalle sind zwar nicht alles, aber hier genügt diese Betrachtung.

3) Ültig: Woraus besteht Materie?

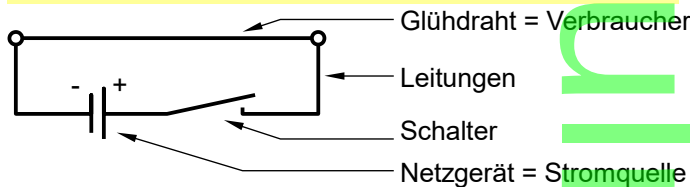
- Materie ist aus Atomen aufgebaut, diese aus einem Atomkern ($\approx 10^{-14}m$) und der Elektronenhülle ($\approx 10^{-10}m$). Metallatome neigen dazu, ihre äußeren Elektronen leicht abzugeben, zurück bleibt ein (Kat-)Ion.
- Jedes Elektron trägt eine (negative) (unteilbare) Elementarladung $e = 1,602 \cdot 10^{-19} C$ (Coulomb) $\rightarrow 1 C = 1 As = 1/e = 6,24 \cdot 10^{18} e$ [Hering 2005]
- Die Ladung eines Elektrons wurde zuerst von Robert Andrews Millikan (1868 – 1953) im Öltröpfchenversuch (Nobelpreis 1923) ermittelt ([Johnson 2009] S.149ff)
- Das altgrch. Wort ἤλεκτρον (élektron) bedeutet Bernstein, an dem die alten Griechen erstmals (überliefert) Elektrizität beobachteten.
- Das altgrch. Wort ἰόν (íon) bedeutet 'gehend' und bezeichnet heute ein durch Elektronenüber- bzw. unterschuss geladenes Molekül.
- Protonen und Neutronen werden durch die schwache Kraft zusammen gehalten, die bei ausreichender Anzahl von Neutronen die abstoßende Kraft unter den Protonen aufhebt.

Strom ist immer Bewegung von Teilchen, vgl: Ladungen (elektr. Strom), Flüsse (Wasser), Autobahnen (Autos), Licht (Photonen). Lichtstrom in Lumen ist ein Maß für die sichtbare Strahlung einer Lampe)

ET_TA_Strom_ist.odt

Elektrischer Strom in festen Körper

Versuch 1



1) Welche Bauelemente benötigt man, um Strom fließen zu lassen?

Schaltzeichen siehe TabB.

AM Glühdraht 400 mm Konstantan $\varnothing 0,2, 16 \Omega/m$, Papier aus dem Handtuchspender

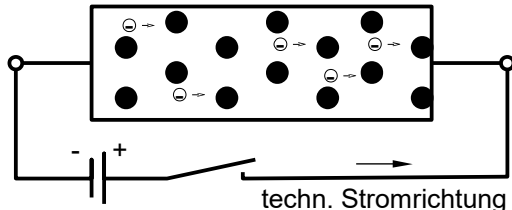
- 15V- Draht glüht, Papier brennt
- 25V- Draht schmilzt

Beobachtung:

Draht wird heiß, glüht und schmilzt.

Erklärung

Im Metall fließen Elektronen und stoßen an die Atomkerne.



$\rightarrow$ Elektronen werden langsamer = el. Widerstand

$\rightarrow$ Atomkerne schwingen schneller = Wärme $\rightarrow$ Licht

Anwendung der Wärmewirkung

El. Heizungen, heizb. Scheiben und Spiegel, Vorglühanlage, Zigarettenanzünder, Schmelzsicherung, Luftmassenmesser (Heißfilm oder Hitzdraht)

Anwendung der Lichtwirkung

Glühlampen (Heißstrahler)

Leuchtstoffröhren (Kaltstrahler, funktionieren ohne Hitze)

LED

Vertiefung

AB mit Veranschaulichungen

Video: MdNuT – elektrischer Widerstand - Ohm

- [Hering 1992]: „Die Elektronen werden vorwiegend durch Gitterschwingungen .. und an Störungen des Gitters (z.B. Gitterbaufehler, Verunreinigungen, Korngrenzen) gestreut... Dabei geht man wie bei der inneren Reibung laminar strömender Flüssigkeiten davon aus, dass die Reibungskraft proportional zur Strömungsgeschwindigkeit ist.“ Perfekte Gitter nahe dem thermischen Nullpunkt haben keinen elektrischen Widerstand $\rightarrow$ Supraleitung.
- [Hering 2005]: „Die Stromstärke I ist 1 Ampere, wenn die durch zwei im Abstand von 1 Meter befindlichen geradlinigen, parallelen Leiter (Durchmesser 0) fließende Stromstärke je Meter Leiterlänge $2E-7N$ hervorruft“
- Die technische Stromrichtung verläuft entgegen der Strömungsrichtung der Elektronen, weil sie schon von Plus nach Minus festgelegt wurde, bevor man wusste, was da strömt.
- Vergleiche: Wenn man eine Büffelherde durch einen Wald jagt, werden gelegentlich Büffel gegen Bäume rennen, dadurch werden die Büffel langsamer und die Bäume wackeln. Wenn die Bäume plantagenartig in Reih und Glied stehen, stoßen die Büffel nur dort an Bäume, wo die Anordnung der Bäume wechselt.

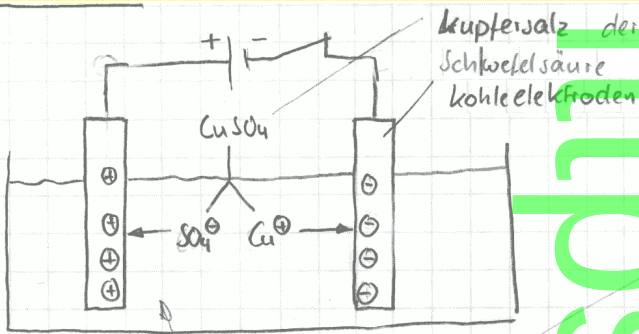
AM Glühbirne und Leuchtstoffröhre

Glühbirne wird heiß, Leuchtstoffröhre bleibt kalt.

ET_TA_Strom_in_Festkörpern.odt

Elektr. Strom in Flüssigkeiten

Versuch 2



Beobachtung

- positive Elektrode gast aus und löst sich auf
- negative Elektrode verkupfert

Erklärung

- In Flüssigkeiten leiten Ionen den el. Strom
- positive Metallionen fließen zum negativen Pol und lagern sich an

Anwendung der chemischen Wirkung

- Galvanisieren (Verchromen, Vernickeln ..)
- Elektrolyse = Spalten von Stoffen, z.B zum Gewinnen von reinen Stoffen (Al, reines Cu, H₂)
- Laden von Akkumulatoren
- Unerwünscht bei Akkus: Ausgasen von Wasserstoff
- Fremdstromanode

Vertiefung

- 1 Ültg: Wdhg: Strom in festen Körpern
- 2 Wie fließt Strom in Flüssigkeiten? Versuch!

Versuch 2: 200ml Wasser + 12g CuSO₄, ca 6 V (nicht zuviel, sonst setzt sich das Kupfer blättrig an)

- 3 Ionen erst allmählich eintragen

- An der Anode gast H aus
- Beim Galvanisieren besteht die Anode aus Cu. SO₄²⁻ löst Cu²⁺ aus der Anode, dann fließt Cu zur Kathode.

Metalle verbinden sich gerne mit Elektronen aufnehmenden Stoffe und bilden Salze (mit verteilten Ladungen).

Im Wasser (= Dipol = Minimagnet) spalten sich Salze in An- und Kationen.

Andere Verfahren, metallische Schichten aufzutragen:

- Feuerverzinken (Eintauchen in geschmolzenes Zinn)
- Blattgold
- Aufdampfen (Alu in Scheinwerfern)
- Auftragsschweißen (Ventilsitzfläche)

Verlustfrei im Gegensatz zur einer Opferanode. Beispiel: Tanks im Erdreich (Kraftstofftanks bei Tankstellen), Brücken, in Warmwasserspeicher, an Schiffsschrauben.

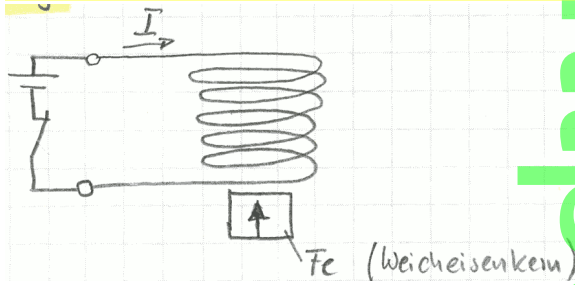
Video MdNuT – Batterie – Alessandro Volta (14'43"). Versuche: 2'30" - 11'10"

ET_TA_Strom_in_Flüssigkeiten.odt

Magnetische Wirkung des elektr. Stromes

Strom → Magnetfeld → Kraft

Versuch 3



Beobachtung

- Stromdurchflossene Leiter ziehen Eisen an
- andere stromdurchflossene Leiter werden je nach Polung angezogen oder abgestoßen

Erklärung

- El. Ströme erzeugen magnetische Wirkung
- In Spulen wird die Wirkung verstärkt
- Eisenkerne verstärken die Wirkung

Anwendung

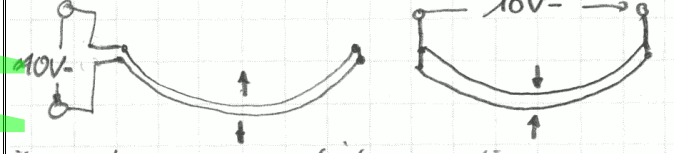
- Relais
- Türöffner
- Elektromotor
- Lautsprecher
- Amperemeter
- Mikrowelle (Wassermolekül = Dipol = Minimagnet)
- Braun'sche Röhre (Röhrenmonitor)
- Hubmagnet
- Railgun
- Magnetschwebbahn
- Magnetventil
- Senderantenne
- magnetische Spannvorrichtung
- Schalfunken
- Brummen eines Trafos
- FI-Schutzschalter, Sicherung
- Erdmagnetfeld wird von Strömen im flüssigen Erdkern erzeugt und bewegt Kompassnadel
- Teilchenbeschleuniger

Vertiefung

Video MdNuT – Strom aus Magneten – Faraday (14'27"). Versuche: 5'30" - 11'30"

Erst später ergänzen..

1 Versuch. Was kann man beobachten?



Kabel ziehen sich an bzw. stoßen sich ab je nach Stromrichtung.

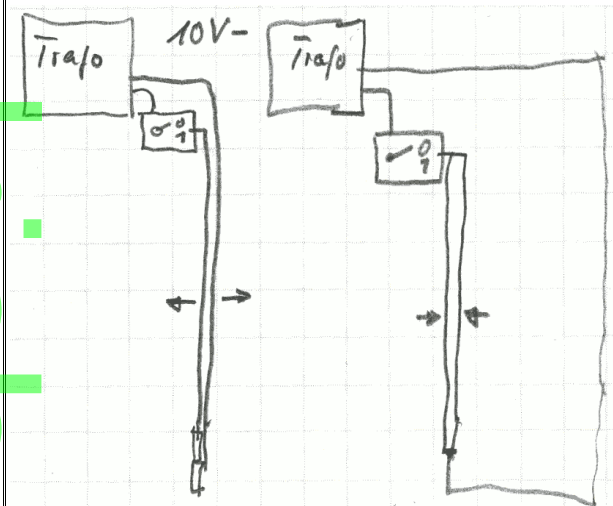
2 Wie kann man die Wirkung verstärken?

Spule mit 300 Wdg., 0,8Ω, max. 2A, Eisenkern, ca. 10 V-, nicht lange belasten.

3 Verlauf der Kraftlinien mit Permanentmagnet und Kompassnadeln zeigen.

Anwendung von „Eisen-“kernen (es gibt auch ferromagnetische Stoffe, die kein Eisen enthalten)

- Kerne von Trafos, Relais, Ferritantennen
- Induktionsherde können prinzipiell jeden Metalltopf erwärmen, aber bei nicht (ferro-) magnetischen Töpfen sind die Streuverluste zu hoch, weil das Magnetfeld nicht gebündelt wird. Sie haben deshalb einen induktiven Sensor und schalten die Kochplatte nur ein, wenn ein Topf aus einem magnetischen Material darauf steht.



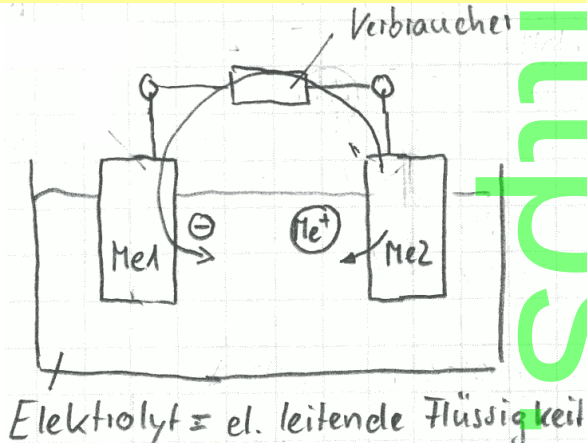
Frei herabhängende Kabel

Video MdNuT – Elektromagnetismus – Ampere (14'54"). Versuche: 4'40"-11'00"

ET_TA_Strom_Wirkung_Magnet.odt

Galvanisches Element

Versuch 4



Beobachtung

- zwei verschiedene Metalle erzeugen Strom, wenn sie durch eine elektr. leitenden Flüssigkeit (= Elektrolyte) verbunden sind.

Erklärung

- unterschiedliche Metalle trennen sich unterschiedlich leicht von ihren Elektronen
- Elektronen drängen vom edlen ins unedle Metall = Spannung
- Strom kann nur fließen, wenn Elektrolyte die Bewegung der Elektronen ausgleichen
- Das unedle Metall löst sich auf.

Anwendung

- Batterie (Umkehrung des Galvanisierens!)
- Akkumulator: galvanische und elektrochemische Wirkung sind umkehrbar
- elektrochemische Korrosion:
 $2 \text{ Metalle} + \text{Wasser (+ Salz)} \rightarrow \text{Strom} + \text{Rost.}$
Luftfeuchtigkeit genügt für die Korrosion. In der Wüste dagegen rosten Autos fast nicht (new Mexico, Arizona)
- Opferanode

Vertiefung

1 Wdhg: Was ist Strom?

2 Wer oder was treibt die Ladungsträger zur Bewegung (vgl. Wasser)

[Video MdNuT-Batterie-Volta](#)

Hinweise

[Aquaclock](#)

trocken → keine Wirkung

Wasser → wenig Wirkung

Salzwasser → läuft

getrennte Wasser → keine Wirkung

[Apfel, Cu- und Zn-Nagel, Voltmeter](#)[→ \[HJTabKfz\] „Elektrochemische Spannungsreihe“](#)

Die Korrosion geschieht durch Bildung von Metallhydroxiden: $\text{H}_2\text{O} + \text{Me} \leftrightarrow \text{MeOH} + \text{H}$
oder andere Reaktionen, z.B. mit O_2 .

de.Wikipedia.org/wiki/**Opferanode**: „Eine Opferanode ist ein Stück unedles Metall, das zum Korrosionsschutz von Funktionsteilen aus anderen Metallen (speziell [Eisen](#) und [Stahl](#)), aber auch [Stahlbeton](#) und [Messing](#)) verwendet wird. Es wird somit gezielt [Kontaktkorrosion](#) eingesetzt.“

Anwendungsbeispiele: Zink auf Karosserieblech ist eine Art Opferanode; aus Zink bei Schiffschrauben aus AlSn; aus Magnesium in Warmwasserspeicher

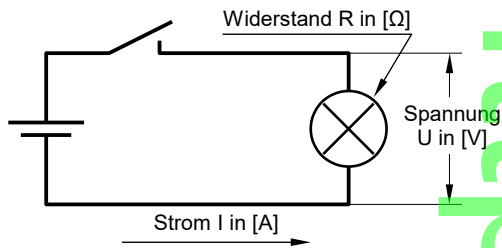
[Video Zitronenbatterie – Die Maus](#)[Video MdNuT – Strom - Faraday](#)

ET_TA_Spannung_galvanisch.odt

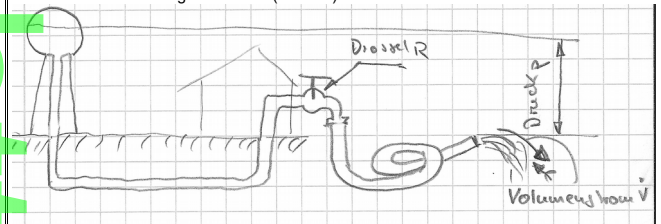
Seitenumbruch

**Ohmsches Gesetz**

= Zusammenhang zwischen Strom I, Spannung U und Widerstand R



- 1 Ein: Wovon hängt ab, wie viel Wasser durch den Schlauch strömt?
Druck und Stellung des Hahns (Drossel)



- 2 Elektrische Analogie entwickeln: Wovon hängt ab, wie viel el. Strom durch die Leitung strömt?

Elektrik	Hydraulik	Autos
Spannung U in [V]	Druck	Eile
el. Strom I in [A]	Flüssigkeitsstrom, Volumenstrom	Fz / min
Widerstand R in [Ω]	Drossel	weniger Spuren

Versuch 5 Bleistiftexperimente

Universalmeßgeräte

Widerstand_AB_Bleistiftexperimente 1

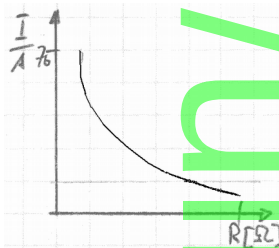
Bleistiftminen bestehen aus einem Ton-Grafit-Gemisch. Da die weichen Minen mehr Grafit enthalten und schwärzer zeichnen, haben sie den Kennbuchstaben B[lack]. Dicke Bleistiftstiche leiten genügend Strom, um ihren Widerstand zu messen.

Normalerweise überspringen

Versuch 6 Messreihe

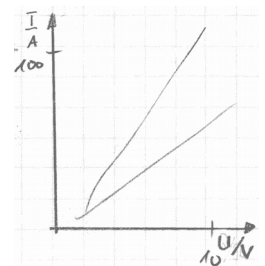
U = 2 V, R variabel

R in [Ω]	I in [A]
70	20
35	50
20	100
10	200



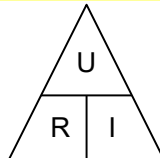
R = ...; U variabel

U in [V]	R = 100 Ω	R = 200 Ω
10	I = 10 A	I = 5 A
8	I = 8 A	I = 4 A
6	I = 6 A	I = 3 A
4	I = 4 A	I = 2 A

**Ohm'sches Gesetz**

$$U = R \cdot I$$

Spannung = Widerstand · Strom

umgeformte Varianten

[Duden 2006]: Ohm'sches Gesetz oder ohmsches Gesetz

Je höher die Spannung ist und je niedriger der Widerstand, desto mehr Strom fließt.

Vertiefung**Veranschaulichung**

- 1 Autobahn mit Baustelle
- 2 Kinobesucher strömen (=I) aus der Vorstellung durch die Ausgangstür (=R) und stauen sich (=U)

Aufgabenblatt

Angabe des Ohmschen Widerstandes für Mineralwasser: „Diese Kunden .. bevorzugen im Allgemeinen sehr gering mineralisierte Wässer.. Dabei ist sowohl der elektrische Widerstand als auch die elektrische Leitfähigkeit ein Wert, der von der Summe der gelösten Salze im Wasser abhängig ist.“ Hornberger Lebensquell, 26.04.12 per E-Mail auf Anfrage

ET_TA_Widerstand_Ohm.odt

Seitenumbruch



Vergleich	Reihenschaltung	Parallelschaltung
Schaltplan		
Teilchenmodell (Auto, Wasser, .., Elektronen)		
Strom	Jedes Teilchen muss durch jeden Widerstand → der Strom ist überall gleich: $I_{ges} = I_1 = I_2 = ..$	Die Teilchen verteilen sich auf die Widerstände → der Gesamtstrom ist die Summe der Einzelströme: $I_{ges} = I_1 + I_2 + ..$
Widerstand	Jeder Widerstand verringert den Durchfluss und erhöht den Gesamtwiderstand: $R_{ges} = R_1 + R_2 + ..$	Jeder Widerstand erhöht den Durchfluss und verringert den Gesamtwiderstand: $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ..$
Spannung verhält sich andersherum wie der Strom	$U_{ges} = U_1 + U_2 + ..$	$U_{ges} = U_1 = U_2 = ..$
	Vertiefung	ET-Ub-Ohm Knoten- und Maschenregel nicht explizit einführen, aber visualisieren: Ströme immer als Pfeile am Knoten zeichnen; Spannung immer als Pfeile von links nach rechts (Potential)

Kirchhoff'sche Gesetz

Die Kirchhoffschen Gesetze sind eine alternative Möglichkeit, Ströme und Spannungen in Schaltungen zu ermitteln.

1. Kirchhoff'sches Gesetz = Knotenregel

Zufließende Ströme werden positiv, abfließende Ströme negativ gezählt.

An einem Stromverzweigungspunkt ist die Summe aller Ströme gleich Null.

$$\sum I_i = 0 = I_1 + I_2 + \dots$$

2. Kirchhoff'sches Gesetz = Kreisregel

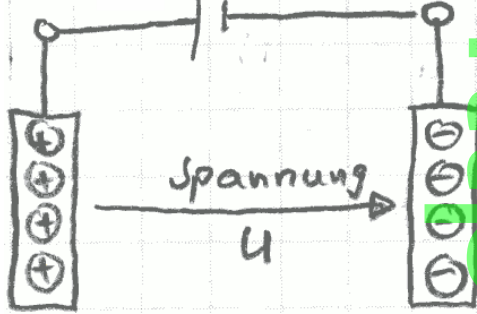
In einem geschlossenen Stromkreis ist die Summe aller Spannungen gleich Null

$$\sum U_i = 0 = U_1 + U_2 + \dots$$



El. Spannung und ihre Erzeugung

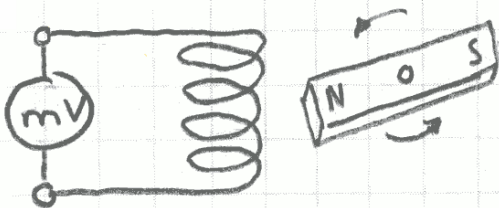
= „Druck“ zwischen elektr. Ladungen,
Vgl: Ausgleichsbestreben zweier elektrischer Potentiale



Benötigt wird eine Spannungsquelle (Elektronenpumpe)

Elektromagnetische Induktion 1

Versuch 7



Beobachtung

- Wenn sich der Magnet bewegt → Spannungsmesser pendelt → Wechselspannung

Erklärung

- Magnetfelder, die sich bewegen, erzeugen in einem el. Leiter eine elektr. Spannung = elektromagnetische Induktion
- Da das Magnetfeld zwischen Nord- und Südpol hin und her wechseln muss, entsteht immer eine Wechselspannung.

Anwendung

- Generator (Dynamo, Lichtmaschine)
- Wenn man eine Gleichspannung benötigt, muss die Spannung gleichgerichtet werden.
- Bei geeigneter Bauweise kann ein Generator auch als Motor laufen (Lichtmaschine ↔ Anlasser)

Vertiefung

3 Wdhg: Was ist Strom?

4 Wer oder was treibt die Ladungsträger zur Bewegung (vgl. Wasser)

Ausgleichsbestreben zweier elektrischer Potentiale:

- Wetterkarte mit einem Hoch und einem Tief → Ausgleichsbestreben führt zu Wind = Luftstrom
- Wasserhochbehälter (hohes Potential) → Ausgleichsbestreben führt dazu, dass Wasser zum niedrigeren Potential strömt.

ET_TA_Spannung.odt

4a: Spule 75 Wicklungen, rotierender Permanentmagnet auf Kulispitze. Meß 30mV (Fe-Kern verstärkt die Wirkung). Ohne Fe-Kern ergibt axiale Bewegung die stärksten Ausschläge.
4b: Spule mit 1 Wicklung?

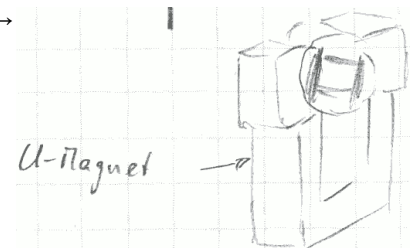
Im Vergleich dazu den Stabmagnet ohne Bewegung neben die Spule halten.

AM Stromwender

Versuch: Dynamo antreiben → Spannung erzeugen

Anker mit 4 Spulen, U-Magnet

- als Motor 5-10 V-
- als Generator 3V Meß



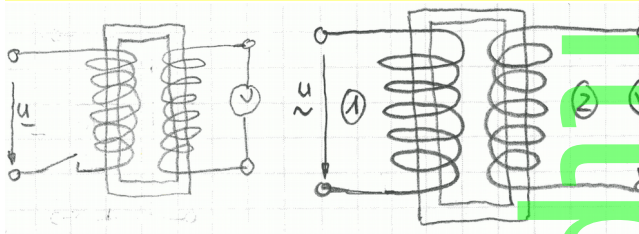
ET_TA_Spannung_Induktion_1.odt

Ültg: Bürstenfeuer

Seitenumbruch

Elektromagnetische Induktion 2

Versuch 8



Beobachtung

- Beim Ein- oder Aus-Schalten von Kreis 1 wird in Kreis 2 kurzfristig eine Spannung erzeugt.
- Wechselstrom im Primärkreis induziert (erzeugt) Wechselspannung im Sekundärkreis

Erklärung

- Auch elektrisch erzeugte Magnetfelder erzeugen in jedem Leiter eine elektr. Spannung.
- Da sich das Magnetfeld ändern muss, geht es nur mit Wechselstrom und erzeugt nur Wechselspannung

Anwendung

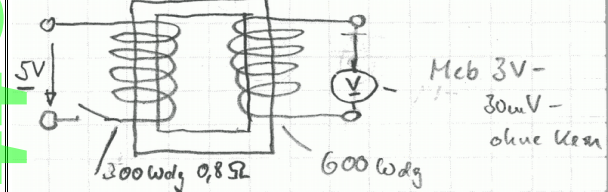
- Zündspule
- Zündlichtpistole (Stroboskoplampe)
- Unterbrecherkontakt (Versuch a)
- Transformator (Trafo)
- Radiowellen (Funk)

Vertiefung

Wo ist der Versuch mit den hängenden Drähten?

- 5 Ültg: Andere Möglichkeit, Magnetfelder zu erzeugen?

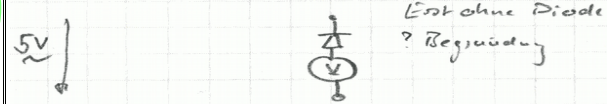
Versuch a)



Beim Einschalten des Primärstromkreises in Schaltung a) zuckt die Spule merklich.

Versuch b)

- 6 Wie kann man die Anzahl der Leitungen erhöhen? → Spule
 7 Magnetfeldänderung ohne Schalter? → Wechselstrom
 8 Magnetfeld bündeln? → Eisenkern

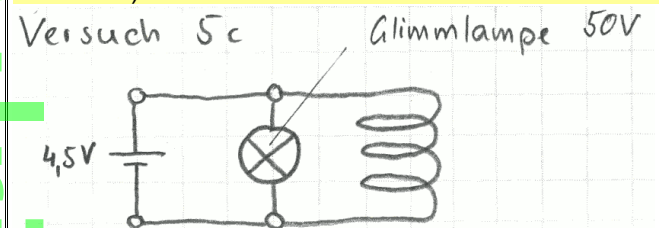


Auch Kondensatoren ziehen Strom nur beim Ein-/Ausschalten.

Spule wandelt umkehrbar um: Strom ↔ Magnetfeld.

- 9 Magnetfeldänderung erzeugt in jedem (!) Leiter Strom? → auch in sich selbst
 10 Magnetfeldänderung ohne Schalter? → Wechselstrom

Versuch c) Selbstinduktion



Beobachtung: Glimmlampe leuchtet kurz auf.

Anwendung Selbstinduktion

- Abreißfunken bei jedem Schaltvorgang
- belasteter Trafo zieht mehr Primärstrom



Wirkung des el. Stromes (Kurzform)

thermische Wirkung

beim Stromfluß durch einen Widerstand wird elektr. Energie in Wärme umgewandelt. Außer supraleitende haben alle Leiter einen Widerstand. Je kleiner der Gesamtwiderstand ist, desto größer ist die entzogene Leistung (Kurzschluß).

- Schmelzsicherung
- Leitungsquerschnitt
- Herdplatte
- Glühbirne (Halogen-Prinzip)

Lichtwirkung

entsteht meist durch Sekundäreffekte oder durch Anregung durch Elektronen.

- Glühbirne (über Wärme)
- LED, Leuchtdioden, Luminiszenzdioden
- Gasentladungslampen, Leuchtstoffröhren
- Lichtbogen (über Wärme)

Magnetische Wirkung

jede Stromänderung in einem elektr. Leiter erzeugt elektromagnetische Wellen, jede elektromagnetische Wellenänderung erzeugt in einem Leiter Strom. Magnetische Felder erzeugen Kräfte auf bestimmte Stoffe.

- Relais, Hubmagnet, Elektromotor
- Braun'sche Röhre
- Generator
- Antenne, Trafo

Chemische Wirkung

durch elektrische Ladung können Moleküle in Ionen und umgekehrt umgewandelt werden. Die Ionen können chemisch reagieren oder bewegt werden (=elektr. Strom).

- Galvanisieren
- Zündfunke
- Korrosion, Batterie, Akkumulator

Physiologische Wirkung

Wirkung des elektrischen Stromes im menschlichen Körper

Anregung von Halbleiter

können entweder bestimmte Effekte erreichen, oder umgekehrt können Erscheinungen das Verhalten des elektr. Stromes erzeugen.

- Diode
- Transistor
-

Spektrum der Wissenschaft 06/99 S.98: „Den (makroskopischen) elektrischen Widerstand (von Metallen) erzeugen Stöße der Leitungselektronen an Gitterfehlern oder – wegen der Wellennatur der Ladungsträger – auch an thermischen Schwingungen des Kristallgitters. Ein perfekt geordneter Kristall am absoluten Temperaturnullpunkt – also ohne thermische Schwingungen – wäre demnach ein idealer Leiter „ohne“ elektrischen Widerstand.“ Bekannterweise ist die Leitfähigkeit von Gold, Kupfer und Aluminium sehr hoch, während Blei, Zinn oder Zinn einen 10 bis 20fachen Widerstand haben.

Bei Leitern, die nur aus einem Atom bestehen, hängt die Leitfähigkeit von der Anordnung der Atome in der äußeren Schale ab. Hier ändert sich die Skale: ein einzelnes Bleiatom leitet den Strom besser als ein einzelnes Goldatom.

Die dabei transportierbaren Stromdichten entsprechen etwa 200 Mio Ampere /mm².“

[Video MdNuT – Glühlampe – Thomas A. Edison](#)

Luminiszenzdiode ist der technische Fachausdruck für LED.

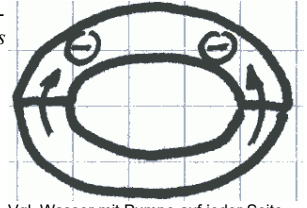
[Video MdNuT – Strom und Elektromagnetismus – Faraday](#)

ET_TA_Strom_Wirkung_Übersicht.odt

And. Verfahren der Spannungserzeugung

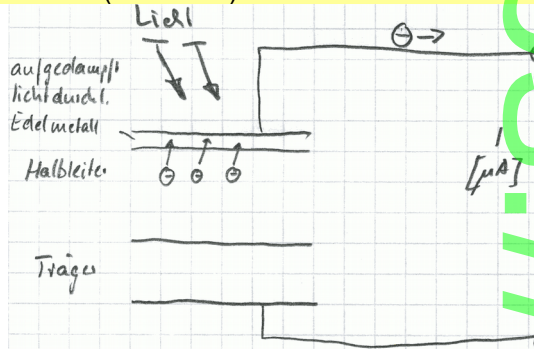
beruhen auf Paaren von Metallen, zwischen denen der Elektronenfluss einseitig gefördert wird.

- 1 Ültg: Metalle wollen sich von Elektronen trennen
- 2 Bringt man 2 Metalle in Kontakt, fließen Elektronen aus dem unedleren ins edlere Metall. Aber auch mit mehreren Kontaktstellen kann es keinen Kreisfluss geben, weil die Elektronen immer in dasselbe Teil drängen.
- 3 Strom fließt dauerhaft erst, wenn die Spannung an einer Kontaktstelle nochmals erhöht werden kann, bzw. wenn der Elektronenfluss an einer Kontaktstelle gefördert wird.



Vgl. Wasser mit Pumpe auf jeder Seite

Fotoelement (Solarzelle)

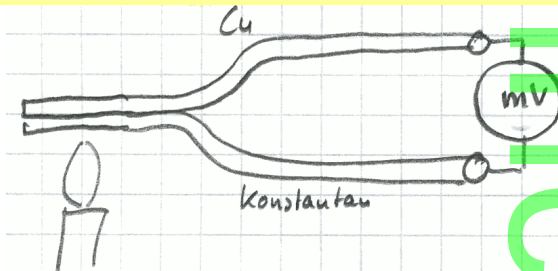


Abgabe von Elektronen wird durch Licht gefördert (=Spannung)

Video MdNuT – elektrischer Widerstand – Ohm

[Christian Jahrbuch] B165
Pl, Au, Ag

Thermoelement



Abgabe von Elektronen wird durch Wärme gefördert (=Spannung)

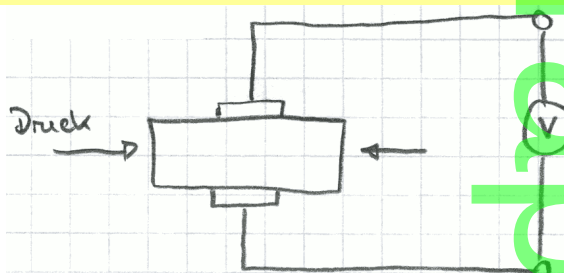
Anwendung

- Temperaturmessung
- schneller als Fotowiderstände, benötigen keine Spgquelle

[Christian Jahrbuch] B213

Cu und Konstantan verlöten oder verdrehen, Meß 30mV

Piezoelement



Abgabe von Elektronen wird durch mechanischen Druck gefördert (=Spannung)

- Feuerzeug
- Klopfensoren

Umkehrung:

- Schwingquarze (Taktgeber in PC, Fernsteuerung)
- Lautsprecher (Hochtöner)

Brennstoffzelle

[Christian Jahrbuch] B185
in Feuerzeugen: $U = 18kV (!)$

ET_TA_Spannung_sonstige.odt



Vergleich: Hydraulik – Elektrik

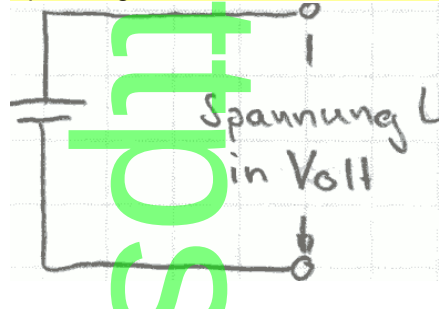
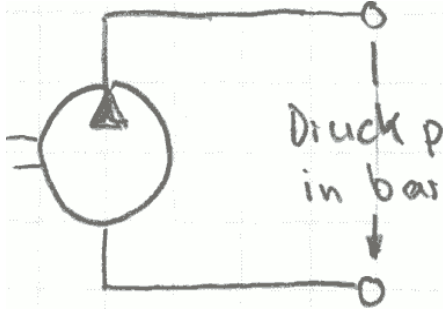
- 4 Wdhg: Was ist Spannung?
„Anziehungskraft“ zw. getrennten Ladungen
5 Was braucht man, um Spannung zu erzeugen?

Hydraulik

Elektrik

Druck

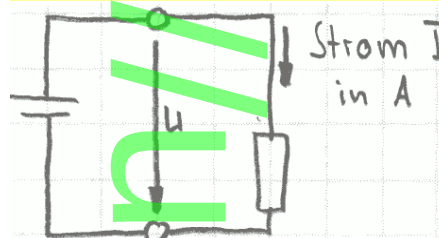
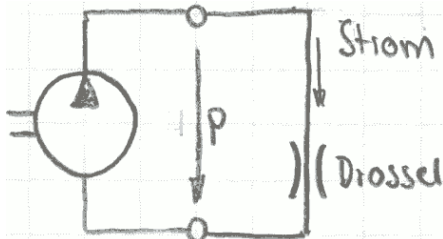
Spannung



steht auch bei offenem Kreis an

Flüssigkeitsstrom

Elektr. Strom

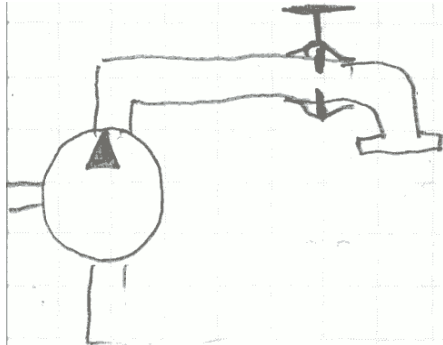


Je kleiner die Drosselwirkung,
desto größer der Strom

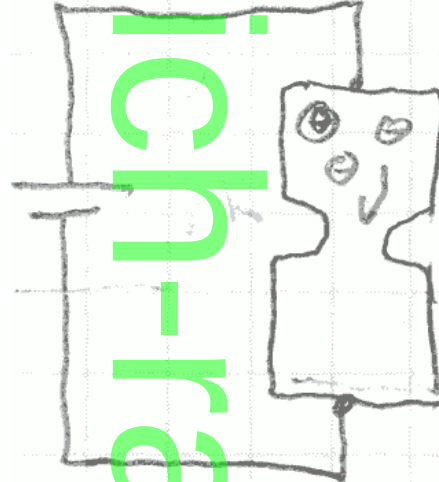
Je kleiner der Widerstand,
desto größer der Strom

Drossel

Widerstand



Je enger der Querschnitt,
desto größer die Drossel und desto
kleiner der Durchfluss (=Strom)



Je größer der Widerstand, desto kleiner
der Strom (= Durchfluss)

AB, TabB: Hydraulische Schaltzeichen

**Hydraulik**Spannung U in [V]el. Strom I in [A]Widerstand R in [Ω]**offener Stromkreis**

Druck p wird durch eine Pumpe oder ein Gefälle erzeugt, zwischen zwei Messpunkten gemessen und in bar angegeben.

geschlossener Stromkreis

Flüssigkeitsstrom kann fließen. Fließende Teilchen sind Moleküle der strömenden Flüssigkeit, zB Hydrauliköl.

Man misst den Flüssigkeitsstrom an einer Stelle im Stromkreis und gibt ihn in Flüssigkeitsmenge pro Zeit an (zB Liter pro Minute).

Die Menge der fließenden Teilchen hängt von der Größe des Druckes und der Drossel ab: kleiner Druck = kleiner Strom kleine Drossel = großer Strom

Ohne Drossel kann die Pumpe überlastet werden.

Reihenschaltung von Stromerzeugern

Pumpen in Reihen geschaltet:
Einzeldrücke addieren sich

Der Flüssigkeitsstrom ist an allen Stellen gleich groß

Reihenschaltung von Verbrauchern

Drosseln in Reihe geschaltet:
Gesamtdruck teilt sich auf mehrere Einzeldrücke

Die Drossel addiert sich aus den einzelnen Drosseln. Die Gesamtdrossel wird größer.

Der Flüssigkeitsstrom ist an allen Stellen gleich groß.
(Er ist kleiner, als er bei nur einer der Drosseln wäre.)

Parallelschaltung von Stromerzeugern

Pumpen parallel geschaltet:
Der Druck bleibt gleich

Der Flüssigkeitsstrom addieren sich aus den Einzelströmen

Parallelschaltung von Verbrauchern

Drosseln parallel geschaltet:
Druck ist an jeder Drossel gleich

Die Drossel berechnet sich aus den einzelnen Drosseln. Die Gesamtdrossel wird kleiner.

Der Flüssigkeitsstrom addiert sich aus den Einzelströmen.
(Er ist größer, als er bei nur einer der Drosseln wäre.)

Vergleich**Vergleichskriterien**

Kraftübertragendes Medium

Übertragbare Kräfte

Geschwindigkeit

Gefahrenpotenzial

Anwendung

Lkw-Bremsen

Bagger

Pkw-Bremsen

Elektrotechnik

Druck

Flüssigkeitsstrom, Volumenstrom

Drossel

Spannung U wird durch einen Generator oder eine Batterie erzeugt, zwischen zwei Messpunkten gemessen und in Volt [V] angegeben.

Elektrischer Strom kann fließen. Fließende Teilchen sind meist Elektronen, in Flüssigkeiten sind es Ionen (el. geladene Moleküle).

Man misst den elektrischen Strom I an einer Stelle im Stromkreis und gibt ihn in Ladungsmenge pro Zeit an. Die Einheit ist ampere [A]. 1 A entspricht 6,24 Trillionen Elektronen pro Sekunde.

Die Menge der fließenden Teilchen hängt von der Größe der Spannung und des Widerstandes R ab: kleine Spannung = kleiner Strom kleiner Widerstand = großer Strom

$U = R \cdot I$ (Ohm'sches Gesetz)

Der Widerstand R wird in Ohm [Ω] = V/A angegeben.

Ohne Widerstand kann die Batterie oder der Generator überlastet werden (Kurzschluss).

Batterien in Reihe geschaltet:

Spannungen U addieren sich

$U = U_1 + U_2$

Der elektrische Strom I ist an allen Stellen gleich groß

$I = I_1 = I_2$

Widerstände R in Reihe geschaltet:

Gesamtspannung U teilt sich auf mehrere Einzelspannungen

$U = U_1 + U_2$

Der Widerstand R addiert sich aus den einzelnen Widerständen. Der Gesamtwiderstand wird größer.

$R = R_1 + R_2$

Der elektrische Strom I ist an allen Stellen gleich groß.

(Er ist kleiner, als er bei nur einem der Widerstände wäre)

$I = I_1 = I_2$

Batterien parallel geschaltet:

Die Spannung U bleibt gleich

$U = U_1 = U_2$

Der elektrische Strom I addiert sich aus den einzelnen Strömen

$I = I_1 + I_2$

Widerstände R parallel geschaltet:

Spannung U ist an jedem Widerstand gleich

$U = U_1 = U_2$

Der Widerstand R berechnet sich aus den einzelnen Widerständen. Der Gesamtwiderstand wird kleiner.

$1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ oder

$R = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2)$

Der elektrische Strom I addiert sich aus den Einzelströmen.

(Er ist größer, als er bei nur einem der Widerstände wäre)

$I = I_1 + I_2$



Bauelemente

Bauelemente – Auftrag für GA

Bauelemente

- Kondensator
- Ohmscher Widerstand
- PTC und NTC
- Sicherung
- Mechanischer Schalter
- Relais
- Diode
- Leuchtdiode
- Zenerdiode
- Transistor
- Thyristor

Aufgabe

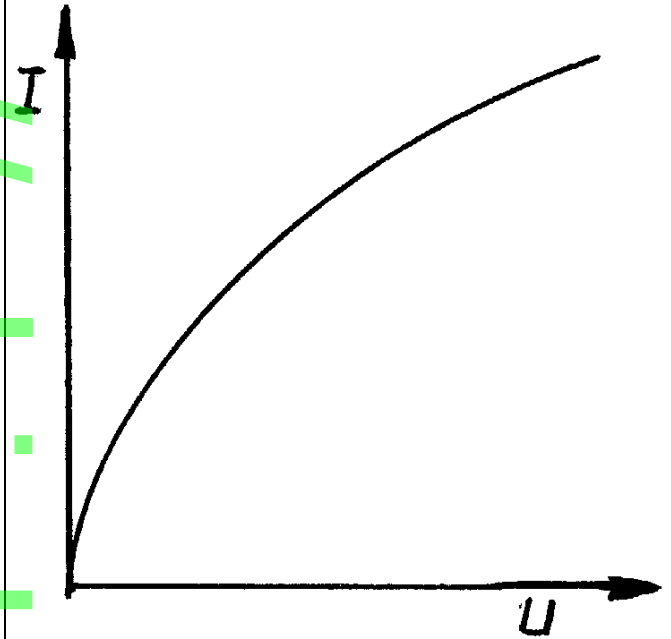
- Erarbeiten
- Ein (!) DIN-A4-Blatt mit den wichtigsten Infos erstellen, das für die Mitschüler kopiert werden kann
- Präsentieren des Ergebnisses

6 Regie

AM Bauelemente_FO_Auftrag

Inhalt

- Was macht es?
- Wie funktioniert es?
- Kennlinie (siehe unten)
- Bauarten
- Kennzeichnung
- Schaltzeichen
- Beispiel für eine Schaltung (mit Erklärung und praktischer Vorführung)
- Anwendungsbeispiele für Kfz



Spannungs-Strom-Diagramm

Schalter

Zweck

Stromkreise öffnen oder schließen

Aufbau und Funktionsweise

Schließer, Öffner und Wechsler rasten ein
Tasten wirken nur solange betätigt

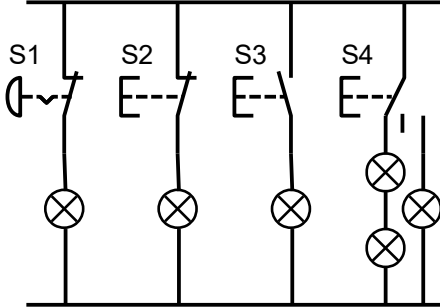
drücken:

drehen: Zündschloss

ziehen:

kippen:

Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel



S1: Schließer mit Raste

S2: druckbetätigter Öffner

S3: druckbetätigter Schließer

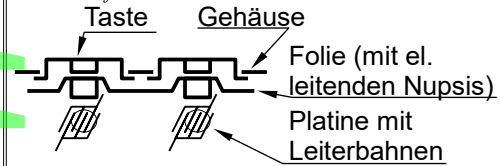
S4: Mehrstellenschalter mit 3 Positionen

Anwendung im Kfz

Lichtschalter, Start-Stopp-Schalter, Blinker ...

Vertiefung

Sonderbauform Tastatur



- Mit Tastendruck werden die elektrisch leitenden Nupsis auf die Platine gedrückt und verbinden die verzahnten Leiterbahnen elektrisch.
- Taste und Gehäuse kann man in der Spülmaschine reinigen, die Folie und die Platine eingeschränkt mit Isopropanol

S3 durch Schließer mit Drehschalter ersetzen

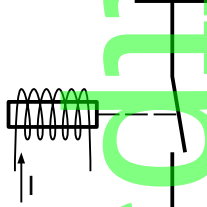
Relais

Zweck

- Schaltet mit kleinem Steuerstrom einen großen Arbeitstrom
-

Aufbau und Funktionsweise

- mittels einer Feder wird der Magnetanker in Ruhestellung gehalten.
- Steuerungstrom fließt durch eine Magnetspule
- magnet. Kraft bewegt den Schalter und schließt / öffnet den Kontakt.

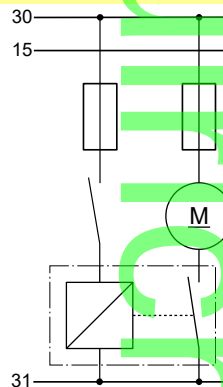


Bauarten

- Schließer: schließt einen Stromkreis
- Öffner: öffnet einen Stromkreis
- Wechsler: wechselt zwischen verschiedenen Verbrauchern
- Schrittelais: durch kurzzeitiges Einschalten des Steuerstroms geht das Relais in die andere Schaltstellung, z.B. Fern- / Abblendlicht
- Schütz: Relais für sehr große Leistungen

Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel

Ansteuerung des Anlassers



Schaltzeichen → TabB S.230

Magnetschalter: Klemmenbezeichnungen, Start-Stopp-Schalter, Anlasser, Steuerstromkreis, Arbeitsstromkreis,

Merkmale

- + kleine Ströme schalten große Leistungen
- + benötigen keine Kühlung
- Erschütterungs- und Stoßempfindlich
- Geräuschentwicklung
- Verschleiß: mechanisch und elektrisch (Abbrand)

Anwendung im Kfz

- Magnetschalter (Relais für Anlasser)
 - dicke Leitung für hohen Anlasserstrom ist kurz
 - zum Zünd-Startschalter führt nur eine dünne Leitung
 - durch den Zünd-Startschalter fließt nur wenig Strom
- Scheinwerfer
- Blinker
- Benzinpumpe

Vertiefung

ET_TA_Bauelemente_Relais.odt

Seitenumbruch

Sicherung

Zweck

- Absichern eines Stromkreises gegen
 - gegen zu hohe Ströme
 - gegen Überhitzung und Schäden.

Aufbau und Funktionsweise

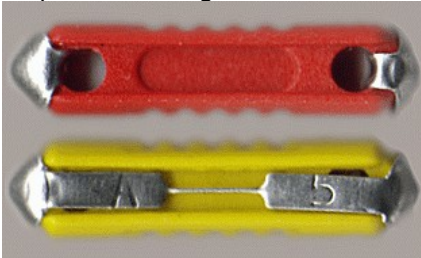
- Unterbricht einen el. Stromkreis, wenn ein festgelegter Strom überschritten wird.

Bauarten

Schmelzsicherung

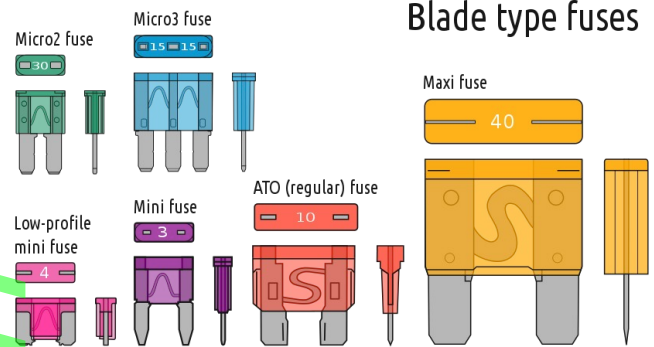
- sind Leiter mit einer dünnen Stelle
- schmelzen, wenn die Hitze durch den Strom zu groß ist
- relativ langsam

Torpedosicherungen



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Electrical_fuse%2C_Bosch_type.png

Flachsicherung und Flachsicherung Maxi



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fb/Electrical_fuses%2C_blade_type.svg/870px-Electrical_fuses%2C_blade_type.svg.png

Fehlerstrom-Schutzschalter

ehemals: FI-Schalter („F“ für Fehler, „I“ für Strom),
genormt: RCD (Residual Current Device)

- magnetische Auslösung
- zerstörungsfrei
- kann wieder eingeschaltet werden

Anwendung: zB. in Wohnwagen

Z-Diode

- lässt schädlichen/überschüssigen Strom abfließen
- unterbricht die Funktion des gesicherten Teiles nicht (zB. bei Sensoren)
- zerstörungsfrei

Schaltzeichen



Anwendung im Kfz

Alle elektr. Verbraucher werden über Sicherungen abgesichert.



RCD funktionieren wie ein Relais, dass sich bei zu hohem Strom selbst ausschaltet.

Vertiefung

Zusatzinfos

Supraleitende und pyrotechnische Sicherung
Fa. Nexans verwendet einen Supraleiter als Sicherung in einem Braunkohlekraftwerk. Der Nennstrom beträgt $I=800A$, die Sicherung soll aber auch Anlaufströme von $I=4150A$ für $0,05s$ und $I=1800A$ für $18s$ aushalten. Lösung ist ein Hochtemperatursupraleiter mit einer Sprungtemperatur von $-180^{\circ}C$, der mit flüssigem Stickstoff bei $-200^{\circ}C$ betrieben. Wird der Strom zu hoch, steigt die Temperatur und damit der Widerstand. Vorteile sind:
kein vollständiges Abschalten, wie bei pyrotechnischen Sicherungen (Explosionsbegrenzer)
keine elektronische Regelung erforderlich. Quelle: [vdj] 22/2010



Ohmscher Widerstand

Zweck

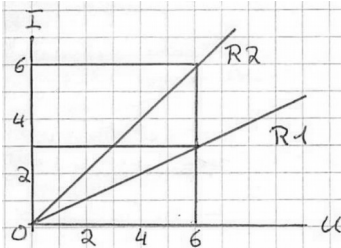
- Strom verringern
- Wärme erzeugen
- unvermeidlicher Nebeneffekt bei allen Leitern

Aufbau und Funktion

Aufbau

Besteht aus einer dünnen Kohle- oder Metallschicht (Folie oder Draht).

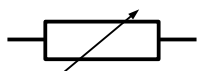
Kennlinie



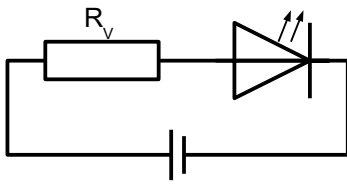
Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel



einfacher Widerstand



veränderbarer Widerstand



Vorwiderstand für LED

Kennzeichnung

Ringe

Anwendung im Kfz

Vorwiderstände für LED oder für Glühkerzen

Wärmewirkung:

- Elektrische Heizung aller Art
- Schmelzsicherungen

Lichtwirkung:

Vertiefung

Widerstand: mot 05/2010

Analogien

Verkehr: Straßenschild Engstelle, Stau

Hydraulik: teilgeöffneter Wasserhahn

Kfz: Drosselklappe

Funktionsweise

In einem Leitungsdraht strömen die Elektronen zwischen den Metallatomen hindurch.

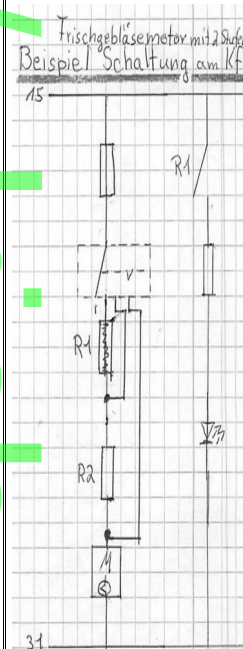
Die Elektronen werden behindert → Stau → Widerstand

Die Atome werden angestoßen →

- Ein kleiner Widerstand hat bei gleicher Spannung U einen größeren Strom I zur Folge, d.h. die Stromkennlinie verläuft steiler.
- Doppelte Spannung bewirkt doppelter Strom → linearer Anstieg

andere Widerstände

- Ohmscher Widerstand: unabhängig von der Frequenz
- kapazitiver Widerstand, z.B. Kondensator: Sperrt Gleichstrom, Widerstand sinkt mit der Frequenz
- induktiver Widerstand, z.B. Spule: durchlässig für Gleichstrom, Widerstand steigt mit der Frequenz



Quelle: Valentin, Seyfullah

ET_TA_Bauelemente_Widerstand.odt

Kondensator

Zweck

- Energie speichern und abgeben (Kapazität in F=Farad)
- Sperrt Gleichstrom
- Glättet Wechselstrom

Aufbau und Funktionsweise

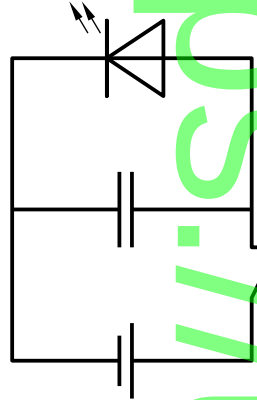
- 2 Metallplatten mit Isolierung dazwischen

Kondensator aus Alufolie bauen

Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel

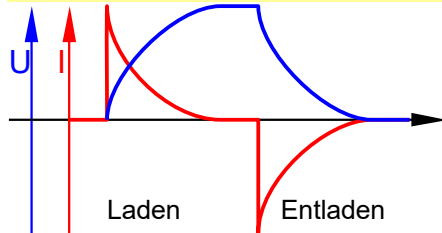
Schaltung: 1000µF, LED, 5V-

- Nach Ein:
 - Batterie lädt Kondensator mit Elektronen
 - gleichzeitig leuchtet LED
- Nach Aus:
 - Kondensator entlädt sich über LED → leuchtet nach



- Nach Schließen des Stromkreises fließen Elektronen
 - durch die LED (leuchtet)
 - zum Kondensator (lädt sich auf bis Batteriespannung)
- Auf einer Platte des Kondensators drängen sich Elektronen und stoßen die Elektronen auf der anderen Platte ab → Spannung baut sich auf.
- Nach Öffnen des Stromkreises fließen die Elektronen vom Kondensator auf dem einzig verbleibenden Weg durch die LED: LED leuchtet nach. (Einen ähnlichen Effekt gibt es bei Ladegeräten, da auch Trafospulen Energie speichern, und zwar im Magnetfeld.

Kennlinie



Merkmale

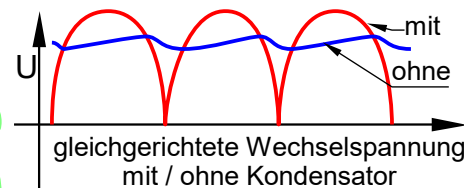
ähnlich wie Akku, aber ohne chem. Vorgänge:

- verschleißfrei
- fast verlustfrei
- viel schneller
- aber
- wesentlich geringere Kapazität

Die Kapazität eines Kondensators hat eine andere Bedeutung als die Kapazität einer Batterie und hat auch eine andere physikalische Größe. Während die Kapazität einer Batterie in etwa die Obergrenze der möglichen Ladung $Q = I \cdot t$ [$C = As$] beschreibt, gibt es solch eine Obergrenze bei Kondensatoren nicht oder nicht scharf. Die mögliche Ladung eines Kondensators hängt nämlich von der angelegten Spannung ab. Sie ist vergleichbar mit einem Gasdruckspeicher oder einem elastischen Flüssigkeitsspeicher (→ Gasdruckstoßdämpfer...), deren Speichervermögen vom angelegten Druck abhängen. Die Kapazität eines Kondensators ist definiert als $C = Q/U = (I \cdot t) / U$ [$F = As/V$]. Veranschaulichung: Welche (Luft-) Kapazität hat ein Luftballon? Das hängt vom Druck ab.

Anwendung im Kfz

- Glätten von Spannungsspitzen
- Funkentstörung
- Gleichrichten der Lima-Spannung



Vertiefung

ET_TA_Bauelemente_Kondensator.odt



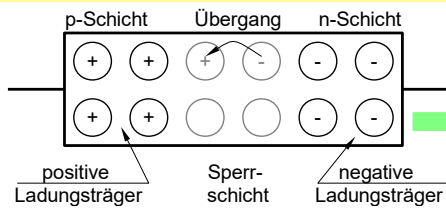
Diode

Zweck

lässt Strom nur in eine Richtung durch

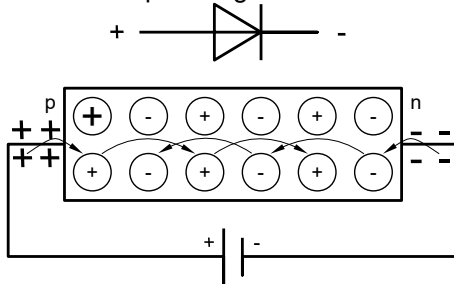
Aufbau und Funktionsweise

Aufbau



Durchlassrichtung

- Der positive Pol + liegt an der p-Schicht u.u.
- Die gleichen Ladungen drücken sich in die Sperrschicht
- ab der Schleusenspannung fließt Strom



Dioden trifft man im Kfz kaum noch an, aber das Thema ist als Vorlauf für Z-Dioden, LED und Transistor hilfreich.

Veranschaulichung / Analogien

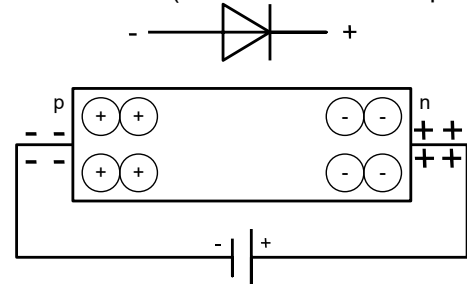
Pneumatik: Rückschlagventil, z.B. Schlauchventil am Reifen
Verkehr: Einbahnstraße

Vereinfachte Erklärung

- In Halbleitermetallen gibt es kaum freie Elektronen, die den Strom leiten. Damit Halbleiter leitfähig werden, dotiert (=impft) man sie mit negativen oder positiven Ladungsträgern, dadurch entstehen n- und p-Schichten. Elektronen bewegen sich nicht frei in einer Elektronenwolke, sondern hüpfen sozusagen von Dot zu Dot.
- Die n-Schichten haben freie Elektronen im Leiterband, die p-Schichten Lücken im darunterliegenden Valenzband. Bewegung positiver Ladung nach rechts entsteht, indem sich ein Elektron nach links bewegt, dort eine Lücke neutralisiert und rechts eine Lücke hinterlässt.
- Dioden bestehen aus einer n- und einer p-Schicht.
- In der Übergangsschicht einer Diode belegen e⁻ die Lücken* und versperren so den Durchgang für weitere Elektronen.

Sperrrichtung

- Der positive Pol + liegt an der n-Schicht u.u.
- Die verschiedenen Ladungen ziehen sich an und die Sperrschicht wird breiter
- Es fließt kein Strom (bis zur Durchbruchsspannung)



Schleusenspannung

= mindestens benötigte Spannung

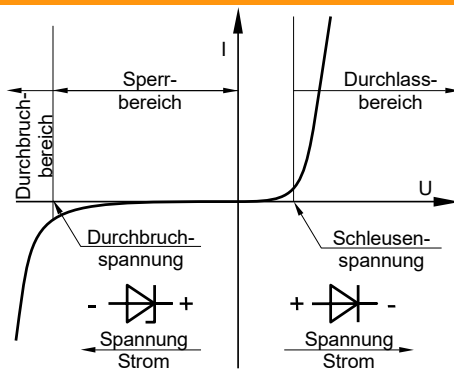
Die Schleusenspannung ist erforderlich, um die Sperrschicht zu überwinden. Vergleiche Reifenventil: Beim Aufpumpen eines Reifens braucht es Druck, bevor das Ventil zu öffnet.

Durchbruchsspannung

→ siehe Zenerdiode

Wenn die Spannung (=„elektr. Druck“) in Sperrrichtung zu groß wird, werden die Elektronen quasi mit Gewalt durch die Diode gedrückt → Strom fließt in Sperrrichtung. Normale Dioden halten das nicht aus, Z-Dioden sind speziell dafür ausgelegt.

Kennlinie



Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel



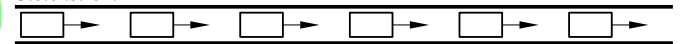
Anwendung im Kfz

Brückengleichrichter nach dem Generator:
Wechselstrom → Gleichstrom

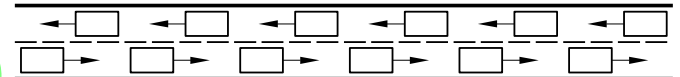
Prinzip siehe rechts

Bild: [HJTabKfz]23 S.201: Sechs oder mehr Dioden wegen Dreiphasen

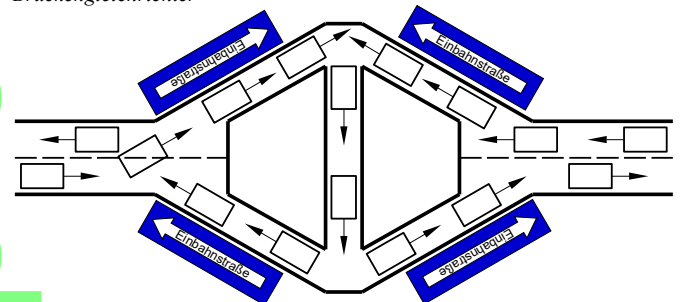
Gleichstrom



Wechselstrom



Brückengleichrichter



– waagrecht fließt Wechselstrom, senkrecht Gleichstrom

ET_TA_Bauelemente_Diode.odt

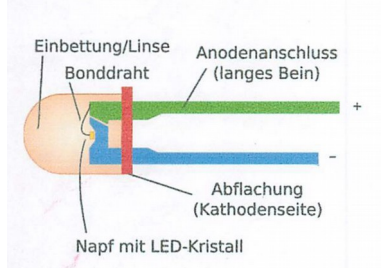
Vertiefung

Leuchtdiode LED

Zweck

Beleuchten

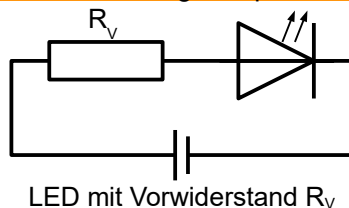
Aufbau und Funktionsweise



Merkmale

- lange Lebensdauer
- ausfallsicher, wenn man viele LED einsetzt, die nicht gleichzeitig ausfallen
- geringer Energieverbrauch
- vibrationsbeständig
- schnelles Aufleuchten
- da sie nur geringe Spannungen vertragen, benötigen sie einen Vorwiderstand
- vertragen viele Schaltspiele → PWM möglich

Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel



Anwendung im Kfz

- Armaturenanzeige
- Rücklichter
- Tagfahrlicht, Bremslicht
- Fernbedienung, z.B. Schließanlage
- Ampeln
- Nachteil: LED-Scheinwerfer enteisen/trocknen nicht von selbst

Vertiefung

Hintergrundwissen

Fakten rund um LEDs

Es gibt zwei Arten, mit LEDs weißes Licht zu erzeugen: Man nimmt rote, grüne und blaue Dioden und mischt ihr Licht wie im Monitor zu weißem Licht mit einstellbarer Farbtemperatur. Die drei Dioden sitzen dabei normalerweise gemeinsam in einem Gehäuse. Man erkennt sie an ihren sechs Beinchen und den drei kleinen Plättchen unter dem Deckel - die Halbleiter-Chips, die bei der Rekombination von Elektronen und Löchern am Halbleiterübergang (pn-Übergang) Photonen emittieren. Die RGB-LEDs sind die teurere Variante. Alternativ erzeugt man das weiße Licht mit blau leuchtenden Chips, die mit einer gelben Phosphorschicht bedeckt sind: Treffen blaue Photonen auf die Phosphorschicht, emittiert diese gelbes Licht. Das verbliebene blaue Licht vermischt sich mit dem gelben Licht aus der Phosphorschicht zu weißem Licht. Solche Dioden nennt man im Allgemeinen „weiße Dioden“, obgleich es sich genau genommen um beschichtete blaue Dioden handelt. Ihre Farbtemperatur wird beim Fertigungsprozess festgelegt, lässt sich also nicht nachträglich ändern. Pseudo-White-LEDs gibt es mit warmem, neutralem und kaltem Weißlicht mit Farbtemperaturen zwischen 2500 und 10 000 Kelvin. Um das am Halbleiterübergang emittierte Licht möglichst effizient und gleichmäßig in Strahlrichtung zu verteilen, wird der Halbraum unter den Chips verspiegelt und der Halbraum darüber mit einer Linse versehen. Außerdem muss die Wärme am Übergang bestmöglich abgeführt werden, denn die Effizienz der Diode nimmt mit steigender Temperatur stark ab. Die Lebensdauer einer LED wird zudem durch die Stromstärke beeinflusst: Je weniger Strom durch die Diode fließt, umso länger hält diese durch. Die LED-Hersteller geben üblicherweise den maximalen Strom und die maximal zulässige Temperatur am Halbleiterübergang an, bei dem die Diode mit mindestens 70 Prozent ihrer Ausgangshelligkeit über die prognostizierte Lebensdauer leuchtet.

Der sogenannte Colour Rendering Index (CRI) beschreibt, wie natürlich Objektfarben im Licht einer LED erscheinen. Er reicht von 0 (totale Farbverfälschung) bis 100 (wie im natürlichen Umgebungslicht), je höher der CRI ist, umso unverfälschter wirken die beleuchteten Objekte.

Die für LEDs genannte Lichtstärke in Lumen (lm) beschreibt den Lichtaustritt an der LED-Oberfläche. Im Displaybereich und in der Raumbeleuchtung gibt man Leuchtstärken üblicherweise in Candela pro Quadratmeter (cd/m^2) respektive Candela (cd) an. Candela und Lumen sind nicht direkt ineinander umrechenbar, die Leuchtstärke im Raum beziehungsweise am Display nimmt mit steigender Fläche ab. Das Licht einer LED ist stets mehr oder weniger fokussiert, der Lichtstrahl gleicht einem Kegel.

Die Größe der beleuchteten Fläche hängt vom Öffnungswinkel des Kegels ab: Je kleiner der Winkel, umso heller ist der Lichtfleck an der beleuchteten Oberfläche. Eine gleich helle Diode mit größerem Öffnungswinkel wird zwar einen größeren Fleck, diesen aber weniger intensiv beleuchten. Je größer die beleuchtete Fläche sein soll, umso heller muss die Diode leuchten beziehungsweise umso mehr Dioden müssen genutzt werden.

c't 2009, Heft 18

ET_TA_Bauelemente_LED.odt

Zenerdiode

Zweck

- Spannungsstabilisierung
- Spannungsbegrenzung bzw. Schutz vor Überspannung

Funktion

- eine Z-Diode ist eine Diode, die in Sperrichtung verwendet wird
- bis zur Durchbruchspannung sperrt die Z-Diode den Strom
- sobald die Durchbruchspannung überschritten wird, lässt die Z-Diode so viel Strom durch, dass die Spannung nicht wesentlich ansteigen kann

Veranschaulichung:

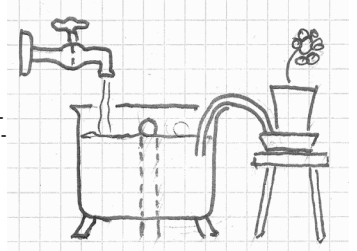
- Überdruckventil
- Überlauf einer Badewanne/ eines Handwaschbeckens

Ein Pflanzenkundler geht auf eine mehrmonatige Forschungsreise, möchte aber seine Zimmerpflanzen stets mit frischem Wasser aus dem Wasserhahn versorgen. Wenn er die Menge mit dem Wasserhahn einstellt, bekommen die Blumentöpfe an trockenen Tagen zu wenig Wasser und an feuchten Tagen laufen sie über. Lösung: Badewanne dazwischen schalten.

Wasserhahn = Vorwiderstand
Badewanne = Z-Diode: bis zum Überlauf gibt die Badewanne den Wasserstand (Spannung) direkt weiter, ab dem Überlauf lässt sie so viel Wasser (Strom) abfließen, dass der Wasserstand (Spannung) nicht steigen kann. Nachteil: Wasserverbrauch.

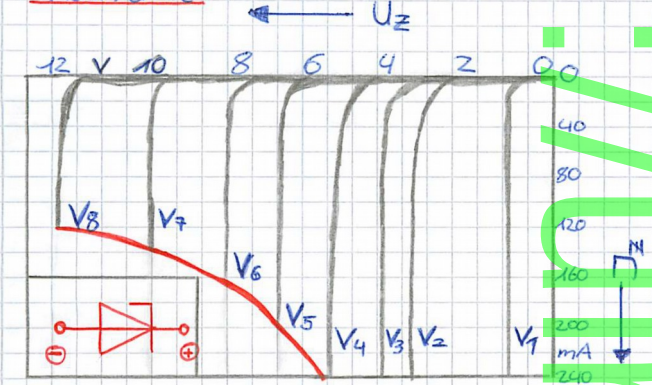
Veranschaulichung:

Überdruckventil, z.B. im Deckel des Kühlers eines Kfz, Schnellkochtopf

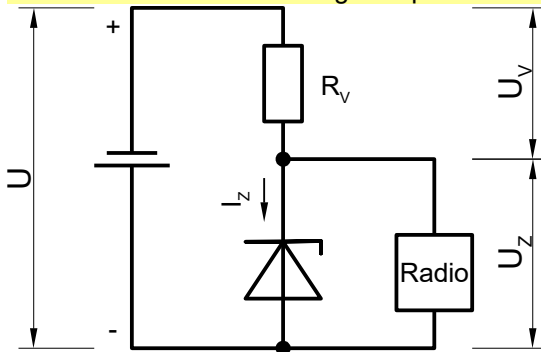


Aufbau und Funktionsweise

– Kennlinie



Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel



Annahme: Das Radio benötigt konstant 5 V, das Bordnetz liefert 8 .. 14 V.

- Z-Diode ist entgegen der Stromrichtung eingebaut.
- Wenn die Spannung U^2 über dem Radio (und der Z-Diode) unter 5V liegt, lässt die Z-Diode keinen Strom I_z durch. Ob das Radio funktioniert, ist nicht sicher.
- Strebt die Spannung U^2 über 5V, lässt die Z-Diode den überschüssigen Strom durch. Die Spannung steigt nur noch wenig ($\rightarrow$ steile Kurve in der Kennlinie). Den geringen Spannungsanstieg muss das Radio verkraften können.
- Um den Stromverbrauch zu verringern, wird ein Vorwiderstand eingesetzt. Er darf höchstens so groß sein, dass er bei minimaler Bordnetzspannung 8V keinen größeren Spannungsabfall als 3V erzeugt, sodass 5V für das Radio bleiben. Der erforderliche Wert für den Vorwiderstand hängt also auch vom Innenwiderstand des Radios ab.

Merkmale

- hoher Stromverbrauch (verringert durch Vorwiderstand)

Anwendung im Kfz

- Spannungsstabilisierung für Schaltungen mit kleinem Stromverbrauch
- Sensorschutz

Vertiefung

Rechenbeispiel

NTC / PTC

PTC = Kaltleiter

NTC = Heißleiter

Funktion

PTC (= positiver Temperaturkoeffizient) heißen so, weil ihr Widerstand mit der Temperatur steigt.

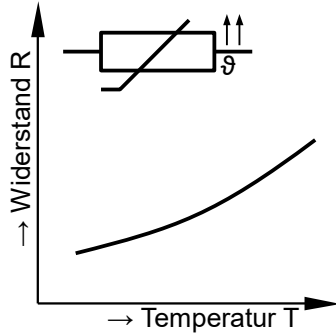
- PTC leiten den el. Strom kalt besser als warm
- Kaltleiter

NTC (= negativer Temperaturkoeffizient) Widerstand sinkt mit der Temperatur.

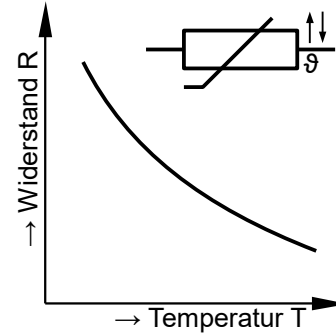
- NTC leiten den el. Strom warm besser als kalt
- Heißleiter

Kennlinie und Schaltzeichen

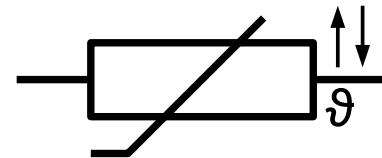
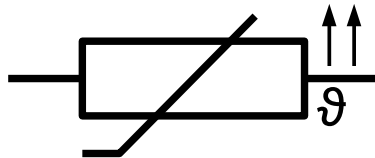
- Kasten heißt Widerstand.
- Schräge Linie durch den Kasten heißt veränderbar.
- ⤴ heißt veränderbar durch Temperatur.



Kaltleiter



Heißleiter



↑↑ = Widerstand steigt, wenn Temperatur steigt = PTC

↓↓ = Widerstand steigt, wenn Temperatur sinkt = NTC

Merkmale

PTC als Strombegrenzer: Wenn zuviel Strom fließt, steigt der Widerstand und reduziert den Strom

NTCs reagieren empfindlicher auf Temperatur (steilere Kennlinien, deshalb als Sensor (bis 160°C)

Anwendung im Kfz

- Überlastschutz bei Heizungen: Sitzheizung; Glühkerzen, Elektr. Zusatzheizungen (Kühlwasser), Lambda-Sondenheizung
- Temperatursensor möglich, z.B. Auslasstemperatursensor (→ Technik Profi 2007-03 S.16, über 160°C seien NTC nicht mehr genau genug)

- Temperatursensoren: Auslasstemperatursensor; Außentemperatur; Kühlmitteltemperatur; Innenraumtemperatur

Vertiefung

ET_TA_Bauelemente_NTC-PTC.odt

Transistor

7 Regie
8 Regie

Zweck

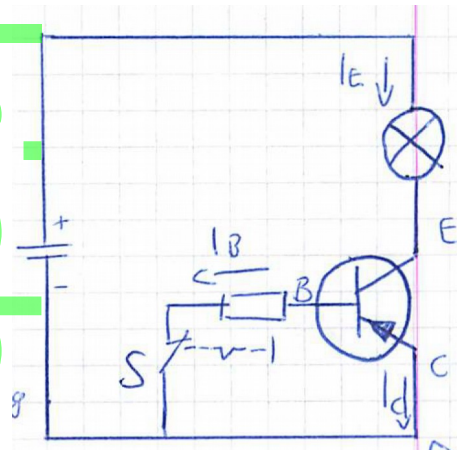
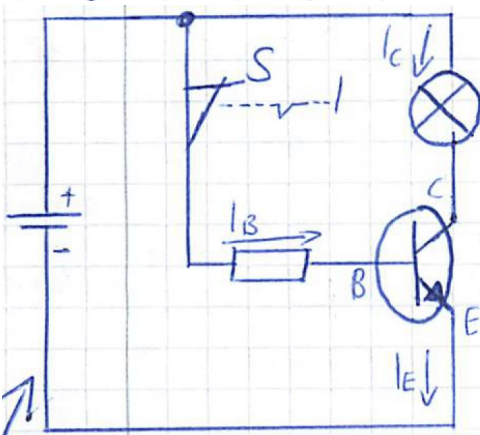
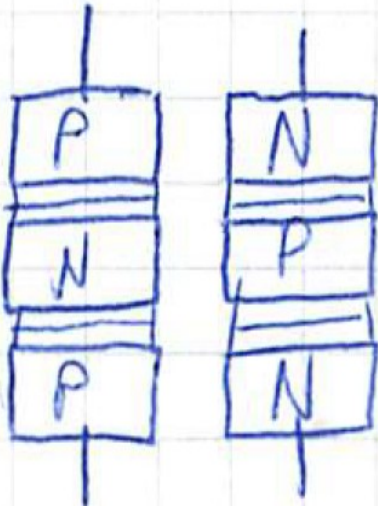
- Schalter
- Verstärker

Man steuert mit einem kleinen Stromkreis einen großen Stromkreis, damit man nicht mit dem großen Stromkreis in berührung kommt.

Aufbau und Funktionsweise

- 3 Schichten PNP oder NPN
- Basis, Emitter, Kollektor

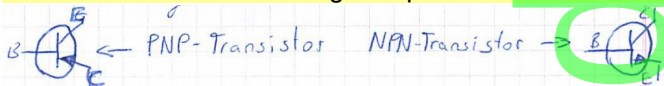
Kann aus zwei gegeneinander geschalteten Dioden gebaut werden. Eine davon sperrt immer, aber mit einer Emitterspannung kann man die sperrende Diode dazu überreden, Strom zu leiten.
Der Transistor besteht aus Halbleiterzonen mit zwei Übergängen



Wenn der Schalter S geöffnet ist, fließt in der Schaltung kein Strom. Wenn man den Schalter S schließt, fließt vom Schalter S bis zur Basis ein schwacher Basisstrom. Dieser hebt im Transistor eine Sperrvorrichtung auf. Nun kann zwischen Kollektor und Emitter der starke Arbeitsstrom. Wenn man den Schalter S wieder öffnet, setzt die Sperrvorrichtung wieder ein

Schaltzeichen und Schaltungsbeispiel

Bauarten
PNP, NPN
C: Kollektor; B: Basis; E: Emitter



Flipflop

Merkmale

Anwendung im Kfz

Im Steuergerät haufenweise

Vertiefung



Schaltplan

ist die zeichnerische Darstellung der Stromwege und zeigt die Wirkungsweise einer elektrischen Schaltung

ET_TA_Schaltplan.odt

- 1) Ein: Nebelscheinwerfer funktionieren nicht, Kunde hat Glühlampen und Sicherungen bereits geprüft. Mögliche Ursachen?: Schaltplan erforderlich

AB Nebelscheinwerfer-defekt

(nicht TabB, damit eingezeichnet werden kann)

- 2) Finden Sie die Schaltung für die Nebelscheinwerfer

- 3) Welche Hilfen finden Sie im Schaltplan?

Stromlaufplan in aufgelöster Darstellung: Übersichtlichkeit hat Vorrang, der Einbaupunkt der Bauteile ist nicht berücksichtigt.

[HJTabKfz]25 „Klemmenbezeichnungen“ S.227, S.233

AM Steuergerät mit Klemmenbezeichnungen

Hilfen zum Lesen von Schaltplänen

Klemmenbezeichnungen

sind genormte Bezeichnungen der el. Anschlüsse und stehen meist auf den Bauteilen, um Verwechslungen zu vermeiden. Wichtige Klemmen:

31: Batterie-Minuspol -, Masse

30: Batterie-Pluspol + (Dauerplus)

15: Geschalteter Pluspol (Ausgang Zünd-/Fahrschalter)

83a: Ausgang Stellung 1: Kleinbuchstaben kennzeichnen verschiedene Schaltstellungen (= schaltbar)

Schaltzeichen

stellen Bauelemente zeichnerisch dar (= leicht lesbar).

Beispiele: (mit Schaltsymbol)

Leitungen

Stecker (Kreise)

Schalter (Schließer, Öffner, Mehrstellenschalter)

Sicherung

Lampen

Batterie

Hupe

Widerstand

[HJTabKfz]25 „Schaltzeichen, -elektrische“ S.230f

Schaltsymbole ergänzen

Kennbuchstaben der Bauteile

Bauteile sind mit einem Kennbuchstaben und einer Zahl eindeutig gekennzeichnet:

einige Kennbuchstaben:

B: Umsetzer (z.B. Sensoren)

E: Glühlampen

F: Sicherungen (am. fuze, eng. fuse)

G: Stromquellen (Generator, Batterie)

H: Meldeeinrichtungen (z.B. Hupe, Anzeigelampe)

K: Relais, Schütz

M: Motor

R: Widerstand

S: Schalter, Taster

- 4) Wie kann man herausfinden, welches Bauteil genau gezeichnet ist?

[HJTabKfz]25 „Schaltpläne“ S.225f

Zündstartschalter / Fahrschalter

Stromlaufpfade

erleichtern das Finden

Vertiefung

AB ET_SP_Lichtanlage

Verlangt das Zuordnen der Geräte anhand der genormten Klemmenbezeichnungen

AB Klemmenbezeichnungen oder TabB

ET_TA_Schaltplan.odt

Literaturverzeichnis

Christiani Elektronik: , Lehrgang Elektronik-Labor, 1982

Duden 2006: -, Duden - Die deutsche Rechtschreibung, 2006

Hering 1992: Ekbert Hering ua., Physik für Ingenieure, 1992

Hering 2005: Ekbert Hering, Klaus Bressler, Jürgen Gutekunst, Elektronik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, 2005

HJTabKfz: Elbl, Föll, Schüler, Tabellenbuch Fahrzeugtechnik,

HJTabKfz: Elbl, Föll, Schüler, Tabellenbuch Fahrzeugtechnik, 2004

HJTabKfz: Elbl, Föll, Schüler, Tabellenbuch Fahrzeugtechnik,

Johnson 2009: George Johnson, Die zehn schönsten Experimente der Welt, 2009

vdi: , vdi-nachrichten,