

Elektrotechnik

1. Klasse

Ing. Volker Regenfelder

Lehrmittel: Fachkundebuch Europaverlag 26 Auflage 2009
Fachkunde 2 Elektroinstallation Blitzschutz Verlag Jugend und Volk
Fachrechenbuch Europaverlag
Diverses Anschauungsmaterial

Lehrstoffübersicht

1	AUFBAU DER MATERIE	4
1.1	DER ATOMAUFBAU	4
1.2	DIE ELEMENTAR-LADUNG	4
1.3	ELEKTRISCHE LEITER UND NICHTLEITER	4
2	WIRKUNGEN DES ELEKTRISCHEN STROMES	5
2.1	WIRKUNG AUF DEN MENSCHLICHEN KÖRPER	6
3	GEFAHREN DES ELEKTRISCHEN STROMES	7
3.1	ELEKTROUNFALL	7
3.2	UNFALLVERHÜTUNG	8
3.3	SICHERHEITSREGELN (ÖVE EN 50110)	8
3.4	MAßNAHMEN BEI ARBEITEN AN ELEKTRISCHEN ANLAGEN:	8
3.5	GESETZE UND VORSCHRIFTEN:	9
4	DIE ELEKTRISCHE SPANNUNG	11
4.1	ERZEUGUNG VON SPANNUNG	11
4.2	SPANNUNGSARTEN: STROMARTEN	12
4.3	SPANNUNGSEBENEN	12
4.4	MESSEN DER ELEKTRISCHEN SPANNUNG	12
5	DER ELEKTRISCHE STROM	13
5.1	DER ELEKTRISCHE STROMKREIS	13
5.2	STROMARTEN	14
5.3	MESSEN DES ELEKTRISCHEN STROMES	14
5.4	DIE ELEKTRISCHE STROMDICHT	14
6	DIE ELEKTRISCHE LADUNG (ELEKTRIZITÄTSMENGE)	15
7	DER ELEKTRISCHE WIDERSTAND	15
7.1	DER LEITWERT	15
7.2	DAS OHMSCHE GESETZ	16
8	DER LEITERWIDERSTAND	17
8.1	DER SPEZIFISCHE WIDERSTAND	17
8.2	DIE LEITFÄHIGKEIT	17
9	SCHALTUNGEN VON WIDERSTÄNDEN	19
9.1	REIHENSCHALTUNG VON WIDERSTÄNDEN	19
9.2	PARALLELSCHALTUNG VON WIDERSTÄNDEN	20
9.3	GEMISCHTE SCHALTUNGEN VON WIDERSTÄNDEN	21
9.3.1	<i>Spannungsteiler</i>	21
9.4	ÜBUNGEN ZU REIHEN-, PARALLEL- UND GEMISCHTER SCHALTUNG	21
10	TEMPERATURABHÄNGIGKEITEN VON WIDERSTÄNDEN	22
10.1	DER TEMPERATURKOEFFIZIENT:	22
10.2	BERECHNUNG DER WIDERSTANDSÄNDERUNG:	22
11	SPANNUNGSQUELLEN	23
11.1	BELASTUNG VON SPANNUNGSQUELLEN	23
11.1.1	<i>Leerlauf der Spannungsquelle:</i>	23
11.1.2	<i>Belastungen der Spannungsquelle:</i>	23
11.1.3	<i>Kurzschluss der Spannungsquelle:</i>	23
11.2	ANPASSUNG	23
11.3	SCHALTUNG VON SPANNUNGSQUELLEN	24
12	ARBEIT, LEISTUNG UND WIRKUNGSGRAD	25
12.1	MECHANISCHE ARBEIT	25
12.2	MECHANISCHE LEISTUNG:	26
12.3	ELEKTRISCHE WIRKLEISTUNG	27
12.4	ELEKTRISCHE ARBEIT	28

12.5	DER WIRKUNGSGRAD	29
13	DIE ELEKTROWÄRME	30
14	DIE ELEKTROCHEMIE	31
14.1	DIE ELEKTROLYSE	31
14.2	PRIMÄR- UND SEKUNDÄRELEMENTE	32
14.2.1	<i>Primärelemente(Batterien):</i>	32
14.2.2	<i>Sekundärelemente (Akkumulator):</i>	32
15	DER MAGNETISMUS	33
15.1	DER NATÜRLICHE MAGNETISMUS	33
15.1.1	<i>Das magnetische Feld:</i>	33
15.2	DER ELEKTROMAGNETISMUS	34
15.2.1	<i>Stromdurchflossener Leiter:</i>	34
15.2.2	<i>Stromdurchflossene Spule:</i>	34
15.3	KENNGRÖßEN DES MAGNETISMUS	35
15.3.1	<i>Die Durchflutung:</i>	35
15.3.2	<i>Die magnetische Feldstärke:</i>	35
15.3.3	<i>Die magnetische Flussdichte:</i>	35
15.3.4	<i>Der magnetische Fluss:</i>	36
15.3.5	<i>Die Permeabilität:</i>	36
15.4	MOTORPRINZIP	37
15.5	GENERATORPRINZIP	38
15.6	TRANSFORMATORPRINZIP (INDUKTION DER RUHE	39
16	DAS ELEKTRISCHE FELD	40
17	DER KONDENSATOR	41
17.1	PERMITTIVITÄT	41
17.2	DIE KAPAZITÄT	42
17.3	KONDENSATOR IM GLEICHSTROMKREIS	43
17.4	SCHALTUNGEN VON KONDENSATOREN	44
17.4.1	<i>Reihenschaltung</i>	44
17.4.2	<i>Die Parallelschaltung</i>	44
18	DIE ELEKTROMAGNETISCHE VERTRÄGLICHKEIT	45
18.1	EMV UND TN-NETZ	45
18.2	EMV UND ELEKTRISCHE GERÄTE	45
18.3	RECHTLICHE VORSCHRIFTEN	46
18.4	MAßNAHMEN ZUR ENTSTÖRUNG	46

1 Aufbau der Materie

1.1 Der Atomaufbau

Atome bestehen aus Protonen, Neutronen und Elektronen.

Atomkern:	Protonen	gleichviel wie Elektronen ($1,67 \cdot 10^{-24}$ g)
	Neutronen	halten die Protonen zusammen
Hülle:	Elektronen	leicht (1800 mal kleiner als Proton-Gewicht)

Atome sind sehr klein ($1/10.000 \mu\text{m}$). Der Kern ist 100.000 mal kleiner als der Atomdurchmesser.

Vereinfachtes Atommodell nach Niels Bohr:

Siehe Buch Seite 27 Abb.1, Niels Bohr dän. Physiker 1885 - 1962

1.2 Die Elementar-Ladung

Protonen	positiv
Neutronen	neutral
Elektronen	negativ
Elementarladung:	$e = +/-1,602 \cdot 10^{-19}$ C, As (Coulomb/Amperesekunde)

Da normalerweise **gleich viele** Elektronen wie Protonen vorhanden sind, ist das Atom nach außen hin **neutral** geladen.

Siehe Buch Seite 27 Abb.2

1.3 Elektrische Leiter und Nichtleiter

Die **äußersten** Elektronen eines Atoms sind mehr oder weniger **frei beweglich**. Sie werden **Valenzelektronen** genannt (lat. valens: kräftig, mächtig).

Vereinfacht dargestellt: (Valenzband, Leiterband und Abstand)

Viele freie Elektronen	Leiter (Metalle,...)
Wenige freie Elektronen	Nichtleiter (Kunststoff,...)

Siehe Buch Seite 22 unten

Eine **nichtleitende Umgebung** herrscht dann, wenn durch Gummiunterlagen oder isolierende Wände und Fußbodenbelag keine leitende Verbindung des Menschen zur Erde besteht.

2 Wirkungen des elektrischen Stromes

Siehe Buch Seite 33

Nur die **WIRKUNGEN** lassen den elektrischen Strom **erkennen**
(kein SEHEN, HÖREN oder RIECHEN).

Viel Nutzen bei richtiger Anwendung und
große Gefahr bei falscher Anwendung!

Der Fachmann muss den Laien schützen!

Wirkung	Auftreten	Beispiele
<u>Wärmewirkung:</u>	immer vorhanden	E-Herd Heizkörper
<u>Magnetische Wirkung:</u>	immer vorhanden	Lautsprecher Türöffner
<u>Lichtwirkung:</u>	in Gasen, Halbleitern	Leuchtstofflampe (Lumineszenz) LED
<u>Chemische Wirkung:</u>	leitende Flüssigkeiten	Batterie Akkumulatoren
<u>Physiologische Wirkung:</u>	bei Menschen und Tieren	Weidezäune Medizinische Geräte

2.1 Wirkung auf den menschlichen Körper

Siehe Seite 320 und Fachkunde 2 Seite 11

Da der Körperwiderstand zwischen **1.000** und **20.000** Ω (Ohm) liegt, treibt eine Spannung ab **50 V** (AC/~) und **120 V** (DC/=) lebensgefährlichen Strom.

Der Körperwiderstand hängt ab von:

Berührungsfläche
Berührungsdruck
Feuchtigkeit
Standort
Spannung

Wirkung bei 50Hz Wechselstrom: (< 1 Sekunde Einwirkdauer)

Wahrnehmungsgrenze	ca.	1 mA
Schmerzbildung	ca.	3-6 mA
Krampfbildung (Loslassschwelle)	ca.	15 mA
Lebensgefahr	ca.	40 mA

Merke:
 Strom ab 40 mA
 und Spannung ab 50 V
 sind **LEBENSGEFÄHRLICH!**

3 Gefahren des elektrischen Stromes

Fließt Strom über einen Menschen ist er gefährdet. Dies ist abhängig von der Stromstärke, der Dauer des Stromflusses und dem Stromweg im Körper.

Siehe Buch Seite 320 und Seite 18

3.1 Elektrounfall

Siehe Fachkunde 2 Seite 12

Auswirkungen auf den Menschen:

Zuerst entstehen	Schmerzen
dann	Muskelkrämpfe
dann	Herzkammerflimmern
und	Schockwirkungen.

Gehirn wird nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt.

Rettenvorgang: Verunglückten aus dem Stromkreis befreien
Erste Hilfe leisten
Arzt oder Rettung verständigen
bei Polizei melden (Meldepflicht)

Richtige Befreiung aus dem Stromkreis:

- Den **Stecker** aus der Steckdose **ziehen**.
- **Ausschalten**
- Den Verunglückten **isoliert wegziehen**.
- **Sicherungen entfernen**

Erste Hilfe:

Siehe Buch Seite 18 und Fachkunde 2 Seite 12

3.2 Unfallverhütung

Siehe Fachkundebuch 2 Seite 6-7

Hauptunfallursachen sind:

schlechtes Werkzeug
Unvorsichtigkeit
schlechte Körperliche Verfassung
Hast und Unwissenheit

Beispiele siehe obengenanntes Buch.

3.3 Sicherheitsregeln (ÖVE EN 50110)

Siehe Fachkunde 2 Seite 18 oder Europabuch Fachkunde 325 Tabelle

1. Allpolig und allseitig abschalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Auf Spannungsfreiheit prüfen
4. Erden und Kurzschließen
5. Benachbarte spannungsführende Teile abdecken und Gefahrenstelle eingrenzen.

Unter Spannung setzen erfolgt in umgekehrter Reihenfolge

3.4 Maßnahmen bei Arbeiten an elektrischen Anlagen:

Grundsätzlich ist das Arbeiten an Anlagen die unter Spannung stehen verboten.

Europabuch Fachkunde E-Technik Seite 325 und Seite 15 Bild2

3.5 Gesetze und Vorschriften:

Siehe Fachkunde 2, Seyr Seite 14
 Siehe Buch Seite 14 und Seite 340 Übersicht 1

Strafgesetzbuch	StGB
Elektrotechnikgesetz 1992	ETG
Elektroschutzverordnung 1995	ESV
Österreichische Vorschriften für Elektrotechnik	ÖVE
Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an öffentliche Versorgungsnetze mit Betriebsspannungen bis 1000V mit Erläuterungen der einschlägigen Vorschriften	TAEV
Erkundigungen beim Elektrizitäts-Versorgungs-Unternehmen	EVU

Kennzeichnung der Geräte:

ÖVE - Zeichen und CE - Zeichen

Siehe Fachkunde 2 Seite 14 – 15
 Siehe Buch Seite 323 und Seite 15-16

Technische Arbeitsmittel müssen dem Gesetz über technische Arbeitsmittel (**Gerätesicherheitsgesetz-GSG**) entsprechen. Geräte die in der EU auf dem Markt kommen, müssen den Sicherheitsanforderungen der EU-Richtlinien genügen. Als Zeichen der Übereinstimmung tragen diese Produkte das **CE-Zeichen** (Communauté Européenne = Europäische Gemeinschaft). **Das Zeichen wird vom Hersteller angebracht und nur im Schadensfall muss ein Nachweis der Einhaltung der Richtlinien erfolgen.**



Voraussetzung für die Berechtigung zum Führen des Zeichens **Geprüfte Sicherheit GS** ist, dass das betreffende Erzeugnis eine Bauartprüfung in einer anerkannten unabhängigen Prüfstelle bestanden hat (wird in Deutschland ausgestellt).

Für Österreich gibt es ein gleichwertiges Zeichen, das **ÖVE-Zeichen**. Mit dem ÖVE-Zeichen wird auch bestätigt, dass das Gerät von einer autorisierten oder akkreditierten Prüfstelle geprüft worden ist (neu ist in Österreich die Kombination **GS-ÖVE-Zeichen**).

[Siehe Europabuch Fachkunde Elektrotechnik Seite 323](#)



4 Die elektrische Spannung

Siehe Buch Seite 28

Die elektrische Spannung ist die zur Ladungstrennung aufgewendete Arbeit je Ladung.

Die elektrische Spannung **drückt** die Elektronen durch den Leiter.

Ohne Spannung kein Strom

Formelzeichen:

U

Einheit:

1 V (Volt)

Spannung wird über Leitungen fortgeleitet (~ **Lichtgeschwindigkeit**) und steht jedem Verbraucher sofort zur Verfügung. Die Spannung wird auch **Potenzialdifferenz** genannt.

Siehe Buch Seite 28 Bild. 2

4.1 Erzeugung von Spannung

Siehe Buch Seite 29 Tabelle

<u>Wirkung:</u>	<u>Beispiel</u>
<u>durch Induktion:</u>	Generator, Dynamo
<u>durch chemische Wirkung:</u>	Batterie (elektrochem. Spannungsquelle), Autobatterie
<u>durch Wärme:</u>	Thermoelement
<u>durch Licht:</u>	Solarzellen (Photovoltaik), Photoelement
<u>durch Kristallverformung:</u>	Piezo-Kristalle, Feuerzeug, Mikrofon
<u>durch Reibung:</u>	elektrostatische Aufladung (unerwünscht)

4.2 Spannungsarten:

Stromarten

Siehe Buch Seite 274 und Seite 34

Dreiphasen-Wechselstromkreis

400 V AC (400V~)

400 Volt Dreiphasen-Wechselspannung im Drehstromkreis (three-phase alternating current), diese Spannung wechselt in einer Sekunde öfters die Richtung.

Einphasen-Wechselstromkreis

230 V AC (230V~)

230 Volt Wechselspannung im Wechselstromkreis (alternating current), diese Spannung wechselt in einer Sekunde öfters die Richtung.

Gleichstromkreis

24 V DC (24V-)

24 Volt Gleichspannung (direct current), diese Spannung ist in ihrer Richtung gleichbleibend.

4.3 Spannungsebenen

- Höchstspannung 380kV
- Höchstspannung 220kV
- Hochspannung 110kV
- Mittelspannung 10kv bis 30kV
- Niederspannung 0,4Kv=400V

4.4 Messen der elektrischen Spannung

Siehe Buch Seite 30

Wird mit dem **Voltmeter** gemessen.

Der Spannungsmesser wird **parallel** zum Verbraucher geschaltet.

Im Gleichstromkreis hat die Spannung eine eindeutige Richtung (+ nach -).

Vorgehensweise der Spannungsmessung siehe Laborübungen (oder Buch Seite 28).

Abbildung 2 und 3 Seite 30

Stromkreise einzeichnen

5 Der elektrische Strom

Der elektrische Strom ist **das Fließen von Elektronen** in einem Leiter.

Elektronen können nur fließen, wenn ein geschlossener Kreis vorhanden ist.

Die elektrische Stromstärke

Siehe Buch Seite 31

Die Stromstärke ist die Anzahl der Elektronen die in einer Sekunde durch den Leiter fließen.

Formelzeichen: **I**

Einheit: **A (Ampere)**

Bei einem Ampere (1 A) fließen $6,242 \cdot 10^{18}$ **Elektronen** durch den Leiter.

5.1 Der elektrische Stromkreis

Einfacher Stromkreis:

Spannungsquelle => Anschlussleitung => Schalter => Verbraucher => Spannungsquelle

GESCHLOSSENER STROMKREIS

Abbildung b Seite 25 einzeichnen ins Heft

In einem einfachen Stromkreis ist die Stromstärke an **jeder Stelle** des Stromkreises **gleich** groß.

Stromrichtung:

Elektronenstromrichtung

Abbildung 1 Seite 32

Elektronen negativ geladen => werden vom + Pol angezogen

Technische Stromrichtung

1x ins Heft

Abbildung 1 Seite 32

Spannung und Strom gleiche Richtung, von + nach -

5.2 Stromarten

Siehe Buch Seite 33

Es gibt zwei Stromarten:

Gleichstrom
Buch Tabelle.

Wechselstrom
Buch Tabelle.

Gleichstrom: (DC, direct current)

Gleichstrom fließt immer in die **gleiche** Richtung.

Wechselstrom: (AC, alternating current)

Wechselstrom ändert **periodisch** seine Richtung.

In unserem Netz wechselt die Richtung der Elektronenbewegung **50x** in der **Sekunde**.

Mischstrom:

Der Mischstrom ist Gleichstrom mit **überlagertem** Wechselstrom.

5.3 Messen des elektrischen Stromes

Siehe Buch Seite 32

Wird mit dem **Amperemeter** gemessen.

Dieses Gerät wird in **Reihe** zum Verbraucher, welcher gemessen werden soll, geschaltet.

Abbildung 4 Seite 32 (übertrage sinngemäß in das Heft)

5.4 Die elektrische Stromdichte

Siehe Buch Seite 35 Abbildung 1

Formelzeichen: J

Einheit: $\frac{A}{mm^2}$

Die **elektrische Stromdichte J (S)** kann höher sein, wenn der Leiter gut gekühlt werden kann. Sie ist ein Maß für die Erwärmung eines Leiters.

$$J = \frac{I}{A}$$

Siehe Buch Seite 35 Legende, Einheiten nicht vergessen

6 Die elektrische Ladung (Elektrizitätsmenge)

Siehe Buch Seite 31 und 26

Fließt **Strom** eine bestimmte **Zeit** durch einen Leiter, dann transportieren alle Elektronen gemeinsam die **Elektrizitätsmenge** oder elektrische Ladung durch den Leiter.

Formelzeichen: **Q** Einheit: **C (Coulomb = As)**

Formel:
$$Q = I \cdot t$$

Legende: Qelektr. Ladung [C/Coulomb, As]
Ielektr. Stromstärke [A/Ampere]
tZeit [s/Sekunde]

Merke: 1 Ah (Amperestunde) = 3600 As

7 Der elektrische Widerstand

Siehe Buch Seite 36

Schaltzeichen: Siehe Buch Seite 40 Bild 

Formelzeichen: **R** Einheit: **Ω (Ohm) omega**

Ein Widerstand hat **1 Ohm**, wenn er bei Anschluss an **1 Volt** einen Strom von **1 Ampere** aufnimmt.

übliche Einheiten: MilliOhm Ohm KiloOhm Meg(a)Ohm

7.1 Der Leitwert

Siehe Buch Seite 36

Gibt an wie **gut** ein Leiter leitet.

Der elektrische Leitwert ist der **Kehrwert** (Reziprokwert) des Widerstandes.

Formelzeichen: **G** Einheit: **S (Siemens)**

Formel:
$$G = \frac{1}{R}$$

Beispiel: R = 25 Ω G = ?

7.2 Das Ohmsche Gesetz

Siehe Buch Seite 37

Bei **steigendem Widerstand** wird die **Stromstärke kleiner**.

Bei **fallendem Widerstand** wird die **Stromstärke größer**.

Bei **steigender Spannung** wird die **Stromstärke größer**.

Bei **fallender Spannung** wird die **Stromstärke kleiner**.

Daraus ergibt sich folgendes Gesetz:

$$I = \frac{U}{R} \qquad U = I \cdot R \qquad R = \frac{U}{I}$$

Beispiel: $R = 2 \text{ k}\Omega$ bei einer Spannung von 230 V.
Wie groß ist der Strom ?

-----nächster Absatz-----vertiefte Gruppe -----

Darstellung der Abhängigkeiten in einem Diagramm:

Die bekannte Größe (veränderbare) wird immer auf der X-Achse aufgetragen.

- **Stromstärke bei Änderung der Spannung (konstanter R)**

Abbildung 2 Seite 37

Zeichne $U=0-10\text{V}$ und $R= 5\Omega$

- **Stromstärke bei Änderung des Widerstandes (konstante U)**

Abbildung 3 Seite 37

Zeichne $R=0-100\Omega$ und $U= 10\text{V}$

Übungen Fachrechenbuch Seite 42 (Beispiel 6) Auflage 17

-----Ende vertiefte Gruppe -----

8 Der Leiterwiderstand

Siehe Buch Seite 38

Er hängt ab von:

- Werkstoff des Drahtes
- Drahtlänge
- Drahtquerschnitt

Der Materialkennwert kann auf zwei Arten gegeben sein:

- spezifischer Widerstand
- Leitfähigkeit

8.1 Der spezifische Widerstand

Siehe Buch Seite 38

Formelzeichen: ρ (rho) Einheit: $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$

Def.: Der spezifische Widerstand eines Materials ist der Widerstand eines Drahtstückes mit der Länge von 1 m und dem Querschnitt von 1 mm² bei 20°C.

Je **größer** ρ , um so **schlechter** leitet das Material.

8.2 Die Leitfähigkeit

Siehe Buch Seite 38

Formelzeichen: γ (gamma) Einheit: $\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2}$

Def.: Die Leitfähigkeit gibt die Länge eines Drahtes von 1 mm² Querschnitt an, bei welcher dieser einen Widerstand von 1 Ω besitzt (bei 20°C).

Je **größer** γ , um so **besser** leitet das Material.

Aus oben genannten Bedingungen ergeben sich folgende Formeln:

$$\rho = \frac{1}{\gamma}$$

$$\gamma = \frac{1}{\rho}$$

$$R = \frac{l \cdot \rho}{A}$$

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot A}$$

Merke: γ und ρ sind in Tabellen immer bei 20°C angegeben

Der Schüler ergänzt die Legende

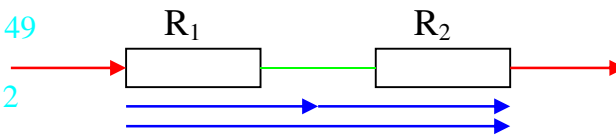
Übungen: siehe Fachrechenbuch Seite 44

9 Schaltungen von Widerständen

9.1 Reihenschaltung von Widerständen

Siehe Buch Seite 49

Abbildung 1 und 2



Strom in der Reihenschaltung:

Merke: Die **Stromstärke** ist bei der Reihenschaltung **überall gleich groß**.

Spannung in der Reihenschaltung:

Merke: Die **Spannung** teilt sich im Verhältnis der Widerstandsgrößen zu Teilspannungen auf.
Teilspannungen werden auch **Spannungsabfälle** ($U = I \cdot R$) genannt.

Es gilt hier das **zweite Kirchhoff'sche Gesetz**:

Siehe Buch Seite 49 Bild3

Merke: Bei der Reihenschaltung ergibt die Summe der **Teilspannungen die Gesamtspannung**.

$$U_g = U_1 + U_2 + U_3 \dots$$

Teilspannungen werden mit dem Ohm'schen Gesetz berechnet.

$$U_1 = I \cdot R_1$$

$$U_2 = I \cdot R_2$$

Da der Strom überall gleich groß ist, ist das **Verhältnis der Spannungen** nur vom **Verhältnis der Widerstände** abhängig.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Der Gesamtwiderstand:

Der Gesamtwiderstand ist die **Summe der Einzelwiderstände**.

$$R_g = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

Der Gesamtwiderstand wird auch **Ersatzwiderstand** genannt und kann auch mit dem Ohm'schen Gesetz berechnet werden.

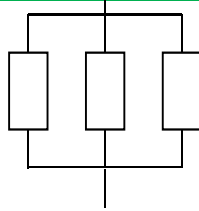
Fachkundebuch Seite 50

Übungen: siehe Fachrechenbuch Seite 47

9.2 Parallelschaltung von Widerständen

Siehe Buch Seite 53

Abbildung 1 und 2



Spannung in der Parallelschaltung:

Merke: Bei einer Parallelschaltung von Widerständen liegt an jedem Widerstand die **gleiche Spannung**.

Strom in der Parallelschaltung:

Bei einem Knotenpunkt teilt sich der **Gesamtstrom in Teilströme** auf.
siehe Buch Seite 53 Abbildung 3 übertragen

Es gilt hier das **erste Kirchhoff'sche Gesetz:**

In einem Knotenpunkt ist die **Summe der zufließenden Ströme**
gleich der **Summe der abfließenden Ströme**.

$$\Sigma I_{\text{zu}} = \Sigma I_{\text{ab}}$$

$$I_g = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

Teilströme können mit dem **Ohm'schen Gesetz** berechnet werden.
Hier verhalten sich die **Ströme indirekt** zu den **Widerständen**.

Der Gesamtwiderstand:

In der Parallelschaltung werden die Kehrwerte der Widerstände **addiert**, also die **Leitwerte**. D.h. die **Summe der Einzelleitwerte** ergeben den **Gesamtleitwert**, daraus lässt sich der Gesamtwiderstand errechnen.

$$G_g = G_1 + G_2 + G_3 \dots$$

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

$$R_g = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \dots$$

daraus folgt für den **Gesamtwiderstand zweier Widerstände:**

$$R_g = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Übungen siehe Fachrechenbuch S 49

9.3 Gemischte Schaltungen von Widerständen

Siehe Buch Seite 55

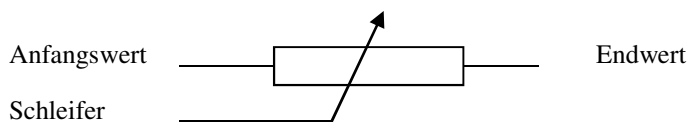
Schaltungen aus **mindestens drei Widerständen** werden als **Gruppenschaltungen** oder **gemischte Schaltungen** bezeichnet.

Durch Vereinfachen entstehen wieder einfache Reihenschaltung oder einfache Parallelschaltung:

Abbildung 1 Seite 55 übertragen

9.3.1 Spannungsteiler

Um Spannung an Geräten mit kleiner Leistung zu verstellen wird meist ein Potentiometer verwendet.



Diese Schaltung basiert auf dem Spannungsteiler

Spannungsteiler im Leerlauf

Abbildung 2(Widerstandsschaltung) Seite 55 übertragen

$$U_{20} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U$$

Spannungsteiler bei Belastung

Abbildung Bellasteter Spannungsteiler Seite 56 übertragen

$$U_2 = \frac{R_{2L}}{R_1 + R_{2L}} \cdot U \quad R_{2L} = \frac{R_L \cdot R_2}{R_L + R_2}$$

Übungen: siehe Fachrechenbuch Seite 51

Schüler ergänzt die Legende (Info FR Seite 51)

9.4 Übungen zu Reihen-, Parallel- und gemischter Schaltung

Fachrechen Buch Seite 51

10 Temperaturabhängigkeiten von Widerständen

Siehe Buch Seite 39

Ändert sich an einem Leiter die **Umgebungstemperatur**, so kann sich sein **Widerstandswert verändern**.

Man unterscheidet folgende Veränderungen:

- Widerstandszunahme
- gleichbleibender Widerstand
- Widerstandsabnahme

10.1 Der Temperaturkoeffizient:

Der Temperaturkoeffizient α gibt an, wie sich ein Widerstand von 1Ω bei einer Temperaturerhöhung um 1°C ändert.

Temperaturabhängige Widerstände:

KALTLEITER

leitet im kalten Zustand besser

PTC

(positiver Temperaturbeiwert)

Abbildung 2 Seite 189 übertragen

HEIßLEITER

leitet im heißen Zustand besser

NTC

(negativer Temperaturbeiwert)

Abbildung 1 Seite 188 übertragen

Kenndaten von Heiß- und Kaltleitern

Siehe Buch Seite 188 und 189 und übertrage Cu, Al, Ag, Au aus Tabelle 2 Seite 39

10.2 Berechnung der Widerstandsänderung:

$$\Delta R = R_{20} \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$$

$$R_{\vartheta} = R_{20} + \Delta R$$

$$R_{\vartheta} = R_{20} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta)$$

Legende:

$\Delta R...$	Widerstandsänderung	[Ω]
$R_{20}...$	Widerstandswert bei 20°C (kalt)	[Ω]
$R_{\vartheta}...$	Widerstandswert bei $\vartheta^\circ\text{C}$ (warm)	[Ω]
$\alpha...$	Temperaturkoeffizient	[K^{-1}]
$\Delta \vartheta...$	Temperaturänderung	[K]

Übungen: siehe Fachrechenbuch Seite 45 Beispiel 2

11 Spannungsquellen

11.1 Belastung von Spannungsquellen

Siehe Buch Seite 59

11.1.1 Leerlauf der Spannungsquelle:

Spannungsquelle im Leerlauf zeichnen

$$I = 0 \quad \Rightarrow \quad U = U_0 \quad \begin{array}{l} U_0 \text{ (Leerlaufspannung)} \\ U \text{ (Klemmenspannung (} U_{KL} \text{))} \end{array}$$

11.1.2 Belastungen der Spannungsquelle:

Abbildung 3 Seite 60

$$\begin{array}{ll} U_i = I \cdot R_i & \text{innerer Spannungsabfall} \\ U = I \cdot R_L & \text{Klemmenspannung (} U_{KL} \text{)} \\ U_0 = I \cdot (R_i + R_L) & \text{Quellenspannung (Leerlaufspannung)} \\ U = U_0 - U_i & \end{array}$$

11.1.3 Kurzschluss der Spannungsquelle:

Die Klemmen werden leitend verbunden.

Spannungsabfall entsteht nur beim Innenwiderstand, daher gilt:

$$I_K = \frac{U_0}{R_i} \quad U = 0$$

Achtung: Kurzschlüsse unbedingt vermeiden !

Der Innenwiderstand wird bei Galvanischen Elementen vom Elektrolyt gebildet, bei Generatoren durch die Anker- bzw. Feldwicklung.

Übungen: siehe Fachrechenbuch Seite 64

-----nächster Absatz-----vertiefte Gruppe -----

11.2 Anpassung

Siehe Seite 61

Leistungsanpassung	Spannungsanpassung	Stromanpassung
$R_L \dots\dots\dots R_i$	$R_L \dots\dots\dots R_i$	$R_L \dots\dots\dots R_i$

----- Ende vertiefte Gruppe -----

11.3 Schaltung von Spannungsquellen

Siehe Buch Seite 62

Reihenschaltung:

Abbildung 1 Seite 62

Die **Spannungen** der einzelnen Zellen (Akku, Batterie) **addieren** sich und geben eine **höhere Gesamtspannung**.

$$U_g = U_1 + U_2 + U_3 \dots$$

Die **Innenwiderstände addieren** sich

$$R_{ig} = R_{i1} + R_{i2} \dots$$

Der maximale **Belastungsstrom** bleibt **gleich**.

Achtung: Eine richtige Polung ist wichtig.
Ansonsten Verkleinerung der Spannung.

Übungen: siehe Fachrechenbuch Seite 65

Parallelschaltung:

Abbildung 2 Seite 62

Die parallele Schaltung von Spannungsquellen ermöglicht die **Belastung** mit einer **größeren Stromstärke**. Der **Gesamtstrom teilt** sich auf die einzelnen Spannungsquellen **auf**.

$$I_g = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

Es sollen nur **Spannungsquellen gleicher Spannung parallel** geschaltet werden.

Achtung: Eine richtige Polung ist wichtig.
Ansonsten Kurzschluss.

Übungen: siehe Fachrechenbuch Seite 66

12 Arbeit, Leistung und Wirkungsgrad

12.1 Mechanische Arbeit

Abbildung Seite 22

Mechanische Arbeit wird verrichtet, wenn eine **Kraft** einen Körper (Widerstand) einen **bestimmten Weg** bewegt.

$$\text{Arbeit} = \text{Kraft} * \text{Weg}$$

$$W \text{ (work)} = F \text{ (force)} * s$$

$$1\text{Nm} = 1\text{N} * 1\text{m} = 1\text{J} \quad (\text{Joule})$$

Beim Heben oder Senken wird aus:

$$F = G = m * g \quad \text{Gewicht (kg * m/s}^2\text{)}$$

$$= \text{Masse} * \text{Fallbeschleunigung}$$

$$s = h \quad \text{Höhe}$$

Energieerhaltungssatz:

Energie kann nicht erzeugt werden, sondern nur umgewandelt werden.
Energie kann daher nie **VERLOREN** gehen.

Energie ist Arbeitsvermögen.

Energie hat die gleiche Einheit und das gleiche Formelzeichen wie die Arbeit.

Übungen siehe Fachrechenbuch Seite 38

12.2 Mechanische Leistung:

Siehe Buch Seite 22

Wird mechanische **Arbeit** in einer gewissen **Zeit** verrichtet, spricht man von **mechanischer Leistung**.

Die Leistung ist größer, je größer die Arbeit und je kleiner die Zeit ist.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{F * s}{t}$$

$$P = \frac{G * h}{t} = \frac{m * g * h}{t}$$

Legende:

P	...Leistung [$\frac{J}{s}$, W]
W	...Arbeit [J, Nm]
t	...Zeit [s]
F	...Kraft [N]
G	...Gewichtskraft [N]
s	...Weg [m]
h	...Höhe [m]
g	...Fallbeschleunigung $9,81 \frac{m}{s^2}$
m	...Masse [kg]

Meistens wird ein Vielfaches von Watt angegeben.

1 Kilowatt (kW) = 1000 Watt (W)

Übungen siehe Fachrechenbuch Seite 39

12.3 Elektrische Wirkleistung

Siehe Buch Seite 44

Treibt eine **Spannung** durch einen Widerstand **Strom**, so wird in ihm **Leistung** umgesetzt.

1 Watt entsteht, wenn 1 Volt anliegt und 1 Ampere fließt.

Formelzeichen: P Einheit: 1W (Watt)

$$P = U * I$$

Spannungs- und Stromabhängigkeit der Leistung:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$P = I^2 * R$$

Seite 44 Abbildung Leistungshyperbel

Nenndaten: am Leistungsschild angegeben. Meist als VA statt W, dies ist die Scheinleistung des Wechselstromes (bei **Haushaltsgeräten die aufgenommene Leistung, bei Motoren die abgegebene Leistung**).

Betriebsdaten: können von Nenndaten abweichen.

Leistungsmessung:

Leistungsmessung erfolgt

direkt mit dem **Leistungsmesser** oder

indirekt mit **Amperemeter, Voltmeter** und **Berechnung**.

Seite 45 Bild 1

12.4 Elektrische Arbeit

Siehe Buch Seite 43

Wird **1 Sekunde** lang elektrische Leistung von **1 Watt** umgesetzt, ergibt das eine elektrische Arbeit von **1 Wattsekunde**.

Formelzeichen: **W** Einheit: **1 Ws (Wattsekunde)**

$$W = P * t$$

Meistens wird als Einheit ein Vielfaches verwendet: **kWh**

mechanisch

: **1Nm = 1 J = 1Ws**

Messen der elektrischen Arbeit:

Wird mit dem **Elektrizitätszähler** gemessen, auch **kWh-Zähler** genannt.

Abbildung Seite 45 übertragen

Zählerkonstante: **C_z** gibt an, wie viel **Umdrehungen** die Zählerscheibe für **1 kWh** macht.

Indirekte Messung mit Wattmeter oder Amperemeter und Voltmeter und dem Messen der Zeit. Dann wird der Wert berechnet.

Formel Seite 45 übertragen, Legende nicht vergessen

Leistungsbestimmung mit dem Zähler:

Beispiel Seite 45 mit Lösung übertragen

12.5 Der Wirkungsgrad

Bei jeder Umwandlung von Energie treten **Verluste** auf.

Siehe Buch Seite 46

Bild 2

Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel der zugeführten Energie tatsächlich umgewandelt werden kann.

Formelzeichen:

η

Einheit:

meist in %

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{W_{ab}}{W_{zu}}$$

in%

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} * 100\%$$

$\eta = 0,8$ entspricht $\eta = 80\%$

Verlustleistung:

$$P_v = P_{zu} - P_{ab}$$

Verlustenergie:

$$W_v = P_v * t$$

Beispiel Siehe Fachrechenbuch Seite 61

13 Die Elektrowärme

Siehe Buch Seite 47

Wärme ist eine Form von Energie, also Arbeit.

Formelzeichen: Q Einheit: J, kJ, Ws, ..

Wärmeaustausch erfolgt solange bis gleiche Temperatur vorhanden ist.

Die spezifische Wärmekapazität

Siehe Buch Seite 47

Tabelle 2

Die spezifische Wärmekapazität c ist jene Arbeit, die man benötigt um ein Kilogramm (1 kg) eines Stoffes um 1 Kelvin (1 K) zu erhöhen.

Formelzeichen: c Einheit: $\frac{kJ}{kg * K}$

Die Wärmemenge läßt sich wie folgt berechnen:

$$Q = m * c * \Delta T$$

Legende:

Q...	Wärmemenge [Ws, J]
m...	Masse [kg]
ΔT ...	Temperaturunterschied [K]
c...	spez. Wärmekapazität [$\frac{kJ}{kg * K}$]

Zusätzlich tritt durch Verluste ein **Wärmenutzungsgrad ζ (zeta)** auf.

1J ist 1Ws

Übungen Siehe Fachrechenbuch Seite 62

14 Die Elektrochemie

14.1 Die Elektrolyse

Siehe Buch Seite 63 Bild 1

Darunter versteht man die **chemische Trennung** auf **elektrischem Weg**.

Enthält eine Flüssigkeit **Ionen** (geladenes Atom), so wird diese Flüssigkeit **Elektrolyt** genannt.

Ein Elektrolyt kann **elektrischen Strom leiten**.

Positive Ionen (Kationen) fließen zur **negativen** Elektrode (Katode)

Negative Ionen (Anionen) fließen zur **positiven** Elektrode (Anode).

In destilliertem Wasser ist kein Stromfluss möglich.

Anwendungen:

- Zerlegen von Wasser
- Galvanisieren
- Anodisieren
- Schmelzflusselektrolyse
- Eloxieren

14.2 Primär- und Sekundärelemente

Siehe Buch Seite 65 Bild 1

Werden zwei **verschiedene Metallplatten** über einen Elektrolyten **leitend** verbunden, erzeugen sie **Spannung**.

Die Höhe der Spannung hängt von der **elektrolytischen Spannungsreihe** ab.

Bild 2 und Bild 3 Buch Seite 63

14.2.1 Primärelemente(Batterien):

Sie können **nicht** wieder **aufgeladen** werden. Bei ihnen löst sich das Element am Minuspol langsam auf. Mehrere Zellen gemeinsam bilden eine Batterie.

Buch Seite 65

Zink-Mangan-Zelle: (Leclanché-Zellen) kaum mehr von Bedeutung, da Auslaufgefahr

Alkali Batterie: (Zinkpulvergel-Mangandioxid-Zellen) gute Lagerfähigkeit, Hochstromentladung möglich

Lithium-Zelle: (Knopf- oder Rundzellen) lange Lebensdauer, höchste Energiedichte

Brennstoff-Zelle: (Oxidation) chemische Energie wird direkt in elektrische Energie umgewandelt

nicht in den Hausmüll geben (G I F T I G)

14.2.2 Sekundärelemente (Akkumulator):

Buch Seite 66

Die bei der **Entladung** stattfindenden chemischen Vorgänge können **wieder rückgängig** gemacht werden.

Blei- Akku: Buch Seite 65 Autobatterie

Nickel-Cadmium- Akku: Buch Seite 67 Elektrolyt ist Kalilauge (Memory-Effekt)

Nickel-Metallhydrid- Akku: Buch Seite 66 40% besser als NiCd (weniger Ladezyklen)

Lithium-Ionen- Akku: Buch Seite 66 höchste Energiedichte (können explodieren)
Meist als Akku-Pack

NiCd, NiMH und Li-Ionen Akkus haben eine *Sicherheitsausblasöffnung*.

Kenngößen: siehe Buch Seite 66 Tabelle 1

Laden eines Akkus immer mit einer höheren Spannung, Polung beachten.

Entladen nur bis zur Entladeschlussspannung sonst sinkt die Lebensdauer.

15 Der Magnetismus

15.1 Der natürliche Magnetismus

Siehe Buch Seite 80

Magnetismus nennt man die Fähigkeit, **Eisen** (Fe), **Nickel** (Ni), **Kobalt** (Co) und deren **Legierungen anziehen**.

Jeder Magnet hat zwei Pole:

Nordpol	N
Südpol	S

Ungleichnamige Pole **ziehen** sich **an**,
Gleichnamige Pole **stoßen** sich **ab**.

siehe Bild 2 Seite 80

Wird ein Magnet geteilt, entstehen wieder kleine Magneten mit Nord- und Südpol.

15.1.1 Das magnetische Feld:

Magnetisches Feld nennt man den **Raum**, in dem **magnetische Wirkung** feststellbar ist.

Mit Feldlinien lässt sich der Verlauf des magnetischen Feldes zeigen.

siehe Bild 1 und 2 Seite 81

Die Richtung der Feldlinien ist wie folgt festgelegt:

Feldlinien **treten** beim **Nordpol aus** und beim **Südpol** wieder **ein**.

übertrage Bild 1 Seite 81 Feldverlauf

15.2 Der Elektromagnetismus

Siehe Buch Seite 82

Legenden mit Einheiten sind aus dem Buch für jede Formel zu übertragen.

15.2.1 Stromdurchflossener Leiter:

siehe Seite 82 Bild 1

Jeder stromdurchflossener Leiter baut um sich ein Magnetfeld auf.

Ist der Strom groß, ist auch das Magnetfeld groß.

Die Richtung des Magnetfeldes gibt die
Rechtsschraubenregel (Korkenzieherregel, Bohrerregel) an:

Dreht man eine Schraube mit Rechtsgewinde in die Richtung des Stromflusses hinein, so zeigt die Drehbewegung die Richtung der Feldlinien an.

Kraftwirkung zweier Leiter aufeinander:

Gleichsinnig durchflossene Leiter ziehen sich an.
Ungleichsinnig durchflossene Leiter stoßen sich ab.

übertrage Bild 3 Seite 82

15.2.2 Stromdurchflossene Spule:

siehe Bilder 1 bis 4 Seite 83

Die Richtung des Magnetfeldes in einer Spule gibt die
Spulen-Regel (Faustregel) an:

übertrage Bild 2 Seite 83

Umfasst man eine Spule mit der rechten Hand so, dass die Fingerspitzen in Richtung des Stromes zeigen, so zeigt der abgespreizte Daumen zum Nordpol.

15.3 Kenngrößen des Magnetismus

15.3.1 Die Durchflutung:

siehe Bild 2 Seite 84

Wiederholung: Spannung drückt den Strom durch den Leiter.
Magnetfeld wird vom Strom erzeugt.

Formelzeichen: Θ (theta) **Einheit:** 1 A (Ampere)

Der Strom, der ein Magnetfeld erzeugt, wird Durchflutung Θ genannt.

$$\Theta = I \cdot N$$

Beispiel Seite 84

15.3.2 Die magnetische Feldstärke:

Formelzeichen: H **Einheit:** 1 $\frac{\text{A}}{\text{m}}$

Jene Durchflutung, die auf eine Feldlinienlänge von 1 m fällt, wird magnetische Feldstärke genannt.

$$H = \frac{\Theta}{l} = \frac{I \cdot N}{l}$$

siehe Bild Seite 85

15.3.3 Die magnetische Flussdichte:

Formelzeichen: B **Einheit:** 1 T (Tesla)

Wie viel magnetischer Fluss durch 1m² entfällt, gibt die magnetische Flussdichte B an. B ist auch die magnetische Feldstärke bezogen auf das Material.

$$B = \frac{\Phi}{A} \qquad B = \mu \cdot H$$

siehe Seite 85

Magnete mit einer Flussdichte von 1T erzeugen eine Abreißkraft von etwa 1000N. Diese Kraft ist notwendig um die Haftkraft zu überwinden.

Das Magnetfeld der Erde hat ungefähr 40 μ T.

Grenzwerte liegen bei ca. 100 μ T.

siehe Tabelle Seite 85

15.3.4 Der magnetische Fluss:

Formelzeichen: Φ (phi)

Einheit: 1 Wb (Weber / Vs)

Alle Feldlinien in einem magnetischen Kreis nennt man den magnetischen Fluss Φ .

Abbildung 1 Seite 84

15.3.5 Die Permeabilität:

Siehe Buch Seite 87

Formelzeichen: μ

Einheit:

1 $\frac{\text{Wb}}{\text{Am}}$

$$\mu = \mu_r * \mu_0$$

Die magnetische Feldkonstante $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Wb}}{\text{Am}} = \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$

Die Permeabilitätszahl μ_r (einheitenlos/spricht {mü er}) zeigt um wie viel ein Stoff besser den magnetischen Fluss leitet als Luft.

Die Permeabilität eines Stoffes gibt an, wie gut ein Material den magnetischen Fluss leiten kann.

$$B = \mu \cdot H = \frac{\Phi}{A}$$

15.4 Motorprinzip

Siehe Buch Seite 89

Ein stromdurchflossener Leiter im Magnetfeld erzeugt Bewegung (Er wird abgelenkt).

siehe Bild 2 a - e

übertrage Bild 2e Seite 89

Die **Kraft**, welche auf den Leiter wirkt, hängt von der **Flussdichte**, der **Stromstärke** und von der wirksamen **Leiterlänge** ab.

$$F = B * l * I * z$$

F	Ablenkkraft in N
B	Flussdichte in T
l	wirksame Leiterlänge in m
I	Stromstärke in A
z	Anzahl der Leiter

Die Richtung der Ablenkkraft kann mit der

Linken-Hand-Regel (Motorregel) bestimmt werden:

Hält man die linke Hand so in ein Magnetfeld, dass die Feldlinien in die Handinnenfläche eintreten, und die Fingerspitzen die Stromrichtung zeigen, dann gibt der abgespreizte Daumen die Richtung der Ablenkkraft (Bewegung) des Leiters an. (Seite 90 erster roter Satz)

Bild 1 Seite 90

15.5 Generatorprinzip

Siehe Buch Seite 92

Ein bewegter Leiter in einem Magnetfeld erzeugt Spannung. Wird der Stromkreis geschlossen fließt Strom.

siehe Bild 1 Seite 92

übertrage Bild 1 Seite 93

$$U_0 = B * l * v$$

U_0	induzierte Spannung in V
B	Flussdichte in T
l	Leiterlänge im Magnetfeld m
v	Ablenkgeschwindigkeit m/s

Die Richtung des Stromes kann mit der

Rechten-Hand-Regel bestimmt werden: [siehe Seite 98](#)

Hält man die rechte Hand so in ein Magnetfeld, dass die Feldlinien in die Handinnenfläche eintreten, und der abgespreizte Daumen in die Richtung der Ablenkkraft (Bewegung) zeigt, dann zeigen die ausgestreckten Fingerspitzen die Stromrichtung im Leiter an. (Seite 93 Bild 1, dritter roter Satz)

15.6 Transformatorprinzip (Induktion der Ruhe)

Werden zwei Spulen auf einem gemeinsamen Eisenkern aufgebracht, so nennt man diese Anordnung **Transformator**.

siehe Abbildung 1 Seite 95

Aus der Bewegungsinduktion kennen wir:

$$U_0 = B \cdot l \cdot v \cdot N \quad \text{und} \quad B = \mu \cdot H = \frac{\Phi}{A}$$

$$U = \frac{\Phi}{A} \cdot l \cdot v \cdot N \quad \text{und} \quad v = \frac{s}{t} = \frac{b}{t} \quad \text{und} \quad A = l \cdot b$$

$$U = \frac{\Phi \cdot l \cdot b \cdot N}{l \cdot b \cdot t} = \frac{\Phi \cdot N}{t}$$

Nachdem die Induktionsspannung so gerichtet ist, dass sie ihrem Erzeugerstrom entgegenwirkt fehlt noch das Minuszeichen in der Formel.

Der magnetische Fluss Φ ist über die Zeit gesehen im Wechselstrom periodisch auf- und abnehmend (im Gleichstrom funktioniert kein Transformator). Daher wird die Änderung Δ berücksichtigt. Die Windungszahl ist eine Konstante und wird vorgestellt.

$$U = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Über den Eisenkern wird der Fluss verstärkt in die zweite Spule gebracht.

Die erste Spule heißt **Primärwicklung**, und die zweite **Sekundärwicklung**.

siehe Abbildung 2 Seite 95, übertragen Sie in das Heft.

Diese zwei Wicklungen stehen durch den Eisenkern und den Windungen in einem Verhältnis zueinander:

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{N_2}{N_1}$$

Durch geeignete Wahl der Windungszahlen N_1 und N_2 können mit einem Transformator Wechselspannungen sowohl **hochtransformiert** werden, indem N_2 größer als N_1 gewählt wird, oder **heruntertransformiert**, wenn N_2 kleiner als N_1 gewählt wird.

16 Das elektrische Feld

Elektrische Ladungen üben aufeinander eine **Kraft** aus.

Gleich elektrisch geladene Körper **stoßen** einander ab und
Ungleich elektrisch geladene Körper **ziehen** einander an.

Das **Kraftfeld** zwischen den Körpern wird als **elektrisches Feld** bezeichnet.

Siehe Buch Seite 69 Bild 2

Die elektrischen Feldlinien **beginnen** am **positiv** geladenen Körper und **enden** am **negativ** geladenen Körper.

Siehe Buch Seite 70 Bild 2

Der **Quotient** aus der **Kraft F** auf die **Ladungsmenge Q** gibt die Stärke des Feldes an und wird mit **E** bezeichnet.

$$E = \frac{F}{Q}$$

Verschiebt die Kraft **F** die Ladung um den Weg **l**, so wird Arbeit verrichtet.

$$W = F \cdot l$$

und

$$F = E \cdot Q$$

ergibt sich

$$\frac{W}{Q} = E \cdot l$$

und

$$\frac{W}{Q} = U$$

daraus folgt

$$E = \frac{U}{l}$$

E...elektrisches Feld [V/m] F...Kraft [N] Q...elektrische Ladung [C][As] W...elektrische Arbeit [Ws] l.....Weg der Ladung, Abstand der Platten [m] U...elektrische Spannung [V]
--

Anwendung: Ablenkung beim Elektronenstrahl von Bildröhren, Elektrofilter

Influenz

Entsteht eine **Ladungsverschiebung** in einem Körper durch ein elektrisches Feld, so wird dies als **INFLUENZ** bezeichnet.

Siehe Buch Seite 70 Bild 2 - 5

Im Körper heben sich die Felder auf und er ist im Inneren feldfrei. Dient zur Abschirmung von elektr. Feldern (Faradayscher Käfig, Koaxialkabel, Netzkabel,...). Siehe Buch Seite 71 Bild 1

17 Der Kondensator

Der Kondensator besteht aus 2 **leitenden Platten** mit einem **Dielektrikum** (Isolierstoff) zwischen den Platten.

Beim Laden des Kondensators durch Anlegen einer Gleichspannung **fließt kurzzeitig Strom**, wobei eine Ladungstrennung an den Platten hervorgerufen wird.

Siehe Buch Seite 72 Bild 1

Im **Isolierstoff** bilden sich Ladungsverschiebungen, welche das elektrische Feld **verstärken** (elektrische Polarisierung/verschwindet beim Entladen des Kondensators wieder).

17.1 Permittivität

Die **Permittivität** eines Isolierstoffes gibt an, um wie viel Mal die elektrische Flussdichte **größer** wird, wenn keine **Luft** als Dielektrikum verwendet wird.

Siehe Buch Seite 73 Tabelle

$$\epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$$

ϵ_0 elektrische Feldkonstante $8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

ϵ_r Permittivitätszahl (Abhängig vom Material)

ϵ Permittivität (Dielektrizitätszahl/bei Unabhängigkeit von E)

Stoffe mit großer Polarisierung nennt man **Ferroelektrika** oder **Elektrete**. Die Polarisierung verschwindet erst wieder mit einer entgegengesetzt gerichteten Feldstärke.

17.2 Die Kapazität

Siehe Buch Seite 72

Ein geladener Kondensator **behält** seine **Ladung** auch nach dem **Trennen** von einem Gleichspannungserzeuger.

Der Kondensator kann elektrische Ladung speichern

Je größer die Plattenfläche ist, umso mehr **Ladung** (Q) kann bei gleichbleibender **Spannung** (U) aufgenommen werden.

Man nennt die Ladung je Volt angelegter Spannung die **Kapazität**.

Formelzeichen: C **Einheit:** $\frac{As}{V} = F$ (Farad)

$$C = \frac{Q}{U}$$

Ein Kondensator hat die Kapazität 1 Farad, wenn der Ladestrom 1 Ampere in 1 Sekunde an ihm die Spannung um 1 Volt erhöht.

Das Fassungsvermögen eines Kondensators, hängt von seiner Plattengröße, dem Abstand dieser und dem Dielektrikum ab.

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{l}$$

Beim Entladen gibt der Kondensator seine gespeicherte Energie, welche im elektrischen Feld gespeichert ist, wieder ab.

17.3 Kondensator im Gleichstromkreis

Siehe Buch Seite 74 Bild 1, einzeichnen

Beim Laden eines Kondensators fließt kurzzeitig Strom. Sobald der Kondensator geladen ist, fließt kein Strom mehr.

Wegen der mathematischen Zusammenhänge werden die Lade- und Entladekurven als Exponentialkurven bezeichnet.

Aufladezeit und Entladezeit eines Kondensators sind umso länger, je größer der Vorwiderstand und seine Kapazität sind.

Die Zeitkonstante τ gibt an, wie lange der Kondensator braucht um beim Laden 63% seiner Endspannung, beim Entladen 37% seiner Anfangsspannung zu erreichen.

Siehe Buch Seite 74 und 75

$I_0 = \frac{U_0}{R}$	$\tau = R \cdot C$
Beim Laden	Beim Entladen
$i_c = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$	$i_c = -I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$
$u_c = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$	$u_c = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

Der geladene Kondensator sperrt den Gleichstrom.

Siehe Buch Seite 74 Bild 2 und 3 einzeichnen

17.4 Schaltungen von Kondensatoren

Siehe Buch Seite 76

17.4.1 Reihenschaltung

Da die Kondensatoren in der Reihenschaltung vom gleichen Strom durchflossen werden, ist jeder Kondensator gleich groß geladen.

Aus $Q = C \cdot U$ und Q überall gleich groß folgt, dass die Kapazitäten C umgekehrt proportional zu den Spannungen U sein müssen.

Die Ersatzkapazität ist immer kleiner als die kleinste Einzelkapazität.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

$$U = U_1 + U_2 + \dots$$

Siehe Buch Seite 76 Reihenschaltung Schaltplan einzeichnen

17.4.2 Die Parallelschaltung

Da die Kondensatoren in der Parallelschaltung von unterschiedlichen Strömen durchflossen werden, ist jeder Kondensator anders geladen.

Aus $U = \frac{Q}{C}$ und U überall gleich groß folgt, dass die Kapazitäten C proportional zu den Ladungen Q sein müssen.

Die Ersatzkapazität ist die Summe der Einzelkapazitäten.

$$C = C_1 + C_2 + \dots$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + \dots$$

Siehe Buch Seite 76 Parallelschaltung Schaltplan einzeichnen

18 Die Elektromagnetische Verträglichkeit

Siehe Buch Seite 287 und 376

18.1 EMV und TN-Netz

Elektrische Geräte können unerwünschte **elektromagnetische Störungen** hervorrufen.

Elektromagnetische Verträglichkeit EMV (EMC electromagnetic compatibility) ist das Vermögen eines elektrischen Gerätes oder einer Anlage andere Geräte oder Anlagen in einer elektromagnetischen Umgebung nicht zu stören.

Elektronische Schaltungen und auch Schaltbewegungen im Netz verursacht eine Rückwirkung, da eine Sinusförmige Spannung nicht mehr möglich ist.

Es kommt zu **Oberschwingungen** mit einer höheren Frequenz als die Netzspannung, meist **150 Hz**.

Diese überlagerten Ströme in den Außenleitern sind phasengleich und addieren sich zu einem Strom im N-Leiter (Leiterquerschnitt des N-Leiters kann zu gering sein).

Siehe Buch Seite 287 Bild 2

18.2 EMV und elektrische Geräte

Siehe Buch Seite 376

Elektronische Geräte wie Frequenzumrichter oder Spannungserzeugung mittels Netzgerät (Triac,..) erzeugen kontinuierliche Störungen.

Das Gesetz schreibt vor, dass Geräte nicht durch elektromagnetische Störungen beeinflusst werden dürfen. Sie müssen eine ausreichende **Störfestigkeit** besitzen.

Die Geräte müssen so konstruiert sein, dass sie keine anderen Geräte in Ihrer Funktion stören.

18.3 Rechtliche Vorschriften

EMV-Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmittel ist im Bundesgesetzblatt (BGBL II Nr. 529/2006) festgelegt

Die Vergabe des EMV-Zeichens erfolgt in einem unabhängigen ÖVE-Labor.

Siehe Buch Seite 376 unterer roter Kasten

18.4 Maßnahmen zur Entstörung

Eine Induktivität (**Entstördrossel**) vermindert infolge der Selbstinduktion das Steile Ansteigen oder Abfallen des Stromes.

- Reihenschaltung einer Drossel (X_L /Widerstand einer Spule = Drossel)
- Umwickeln der Anschlussleitung (Bildschirm, USB,..) mit Ferritkern (hoher X_L)

Ableiten von Strömen höherer Frequenz erfolgt mittels eines Kondensators (**Entstörkondensator** /strom- und spannungsfest, selbstheilend).

- Ableiten über den Neutralleiter über einen Kondensator (X_C /Widerstand eines Kondensators)

Störungen bis zu 30MHz werden leitungsgebunden und darüber meist strahlungsgebunden übertragen. Es werden hier **EMV-Filter** (Netzfilter) eingesetzt.

EMV-Filter bestehen aus **Kondensatoren und Drosseln**. Es entstehen Tiefpässe die den 50Hz Wechselstrom ungehindert fließen lassen.