



# **Elektrotechnik für den Berufseinstieg**

Grundlagen, Lernsituationen  
und praktische Übungen

**Lösungen**

**2. Auflage**

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG  
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

**EUROPA-Nr.: 33871**

**Autor:**

Dipl.-Ing. Bela Hertelendi

**Verlagslektorat:**

Dipl.-Ing. Andreas J. Nies

**Firmenverzeichnis:**

Der Autor bedankt sich bei den nachfolgenden Firmen für die Unterstützung

- Miele & Cie. KG, 33332 Gütersloh
- TenneT TSO GmbH, 95448 Bayreuth
- Christian Winkler GmbH & Co. KG, D-70469 Stuttgart
- Fotolia.com, 10437 Berlin: 9/1 © psdesign1, 10/2 © Patryk Kosmider, 13/1 © BeTa-Artiworks, 24/1 © Kadmy, 24/2 © auremar, 24/3 © rawcaptured, 25/4 © artefacti, 31/1 © kalafoto, 33/1 © Arcady, 43/1 © Bacho Foto, 45/1 © HandmadePictures, 53/7 © mediagram, 61/2 © babimu, 73/1 © janaka Dharmasena, 78/1 © Igos, 78/2 © B. Wylezich, 78/6 © Teleline, 78/9 © Roman Sotola, 91/1 © womue, 125/5 © tazik, 131/1 © Thomas Madel, 143/1 © Ramona Heim, 156/1 © slavun
- dpa Picture Alliance, GmbH, 60327 Frankfurt: 11/6, 32/3

**Comics:**

Antonia Wichmann

2. Auflage 2019

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da bis auf die Behebung von Druckfehlern untereinander unverändert.

In diesem Buch finden sich Verweise/Links auf Internetseiten. Für die Inhalte auf diesen Seiten sind ausschließlich die Betreiber verantwortlich, weshalb eine Haftung ausgeschlossen wird. Für den Fall, dass Sie auf den angegebenen Internetseiten auf illegale oder anstößige Inhalte treffen, bitten wir Sie, uns unter [info@europa-lehrmittel.de](mailto:info@europa-lehrmittel.de) davon in Kenntnis zu setzen, damit wir beim Nachdruck dieses Buches den entsprechenden Link entfernen können.

ISBN 978-3-8085-3813-5

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2019 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Zeichnungen: Bela Hertelendi und Zeichenbüro Verlag Europa-Lehrmittel

Strommast: kalafoto-stock.adobe.com

Satz: Hertelendi; Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt



Druck: Himmer GmbH, 86167 Augsburg

# Liebe Schüler,

wenn Ihr Euch auf einen Beruf vorbereitet, im Berufsgrundschuljahr, in der zweijährigen Berufsfachschule oder im Berufsvorbereitungsjahr oder in einer Eingliederungsmaßnahme und Elektrotechnik gewählt habt, so seid Ihr hier genau richtig. Aber auch im ersten Ausbildungsjahr eines elektrotechnischen Berufes findet Ihr hier sicher die eine oder andere hilfreiche Erkenntnis, die Euch das Leben als Elektrotechniker einfacher macht. Das Buch kann im Unterricht benutzt werden (klar, sonst wäre es ja kein Schulbuch). Aber Ihr könnt auch ganz eigenständig damit arbeiten. Und dabei ist es nützlich, wenn Ihr versteht, wie das Buch aufgebaut ist. Zuerst einmal ist wichtig, dass es vier Arten von Seiten in diesem Buch gibt: In den **Infoseiten** mit dem orangen Rand oben findet Ihr Informationen zu Themen der Elektrotechnik, wie z.B. dem Stromkreis oder dem ohmschen Gesetz. Die müsst Ihr durchlesen, um die Aufgaben auf den Aufgabenseiten bearbeiten zu können. Es gibt insgesamt 15 Infoseiten-Abschnitte.

# Liebe Lehrer,

Lernsituationen, Informationen und praktische Übungen sind hier in eine fachsystematische Struktur eingebettet, die die einzelnen elektrotechnischen Themen stark voneinander trennt und damit eine kleinschrittige Erarbeitung ermöglicht. Der Schwerpunkt dieses Buches liegt in Situationen aus der betrieblichen Praxis, in Alltagssituationen, aber auch in rein thematisch orientierten Aufgaben. Sie wechseln sich in unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden ab und ermöglichen Schülern und Schülerinnen mit unterschiedlicher Vorbildung einen individuellen Lernfortschritt. Auf mathematische und physikalische Vorbildungen wird hierbei weitestgehend verzichtet, um keine Barrieren aufzubauen und auch Schülern mit ehemals wenig Zugang zu solchen Inhalten einen Einstieg in die Elektrotechnik zu ermöglichen.

Aufgaben findet Ihr in den **Aufgabenseiten** mit dem grünen Rand. Es lohnt sich, die Aufgaben zu bearbeiten, damit festigt Ihr Euer Wissen. Einige Aufgaben können nur gelöst werden, wenn Ihr noch andere Informationsquellen benutzt, wie z.B. das Internet. Diese sind mit einem speziellen Symbol  gekennzeichnet. Das gilt auch für die Aufgaben, zu denen Ihr ein Video anschauen müsst:  An manchen Stellen findet man QR-Codes. Damit könnt Ihr Euch mit Eurem Smartphone Tipps zur Lösung anzeigen lassen. Spannend sind die **praktischen Übungen**, die auf den Seiten mit dem blauen Rand oben zu finden sind. Hier wird Euch Euer Lehrer genau erklären, ob diese Übungen in Euren Unterricht passen und ob oder wie Ihr sie durchführen könnt. Auf den Seiten mit dem grauen Rand oben findet Ihr am Anfang des Buches das **Inhaltsverzeichnis** und am Ende ein **Sachwortverzeichnis**. Es lohnt sich hin und wieder, dort mal nachzuschauen.

Und nun viel Spaß mit diesem Buch!

Der Autor

### Das ohmsche Gesetz

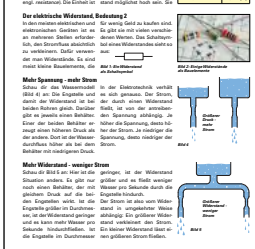
Das Ohmsche Gesetz ist die Basis für das Verständnis des Zusammenhangs zwischen Strom, Spannung und Widerstand in einem Stromkreis und ist ein wichtiger Teil der Elektrotechnik.

**Die elektrische Widerstandsbedeutung?**  
 Wie wichtig sind die Widerstände in einem Stromkreis? Sie sind wichtig, um den Stromfluss zu begrenzen und die Spannung an bestimmten Stellen zu erhöhen. Ein Widerstand wirkt wie ein Hindernis für den Stromfluss. Je größer der Widerstand ist, desto kleiner ist der Stromfluss bei gleicher Spannung. Ein Widerstand kann auch die Spannung an bestimmten Stellen erhöhen, wenn er in Reihe mit einer Spannungsquelle geschaltet ist.

**Die elektrische Widerstandsbedeutung?**  
 Ein Widerstand wirkt wie ein Hindernis für den Stromfluss. Je größer der Widerstand ist, desto kleiner ist der Stromfluss bei gleicher Spannung. Ein Widerstand kann auch die Spannung an bestimmten Stellen erhöhen, wenn er in Reihe mit einer Spannungsquelle geschaltet ist.

**Mehr Widerstand - weniger Strom**  
 Wenn der Widerstand in einem Stromkreis erhöht wird, sinkt der Stromfluss. Das ist das Ohmsche Gesetz:  $I = U/R$ . Wenn die Spannung  $U$  konstant bleibt und der Widerstand  $R$  verdoppelt wird, halbiert sich der Strom  $I$ .

**Mehr Widerstand - weniger Strom**  
 Wenn der Widerstand in einem Stromkreis erhöht wird, sinkt der Stromfluss. Das ist das Ohmsche Gesetz:  $I = U/R$ . Wenn die Spannung  $U$  konstant bleibt und der Widerstand  $R$  verdoppelt wird, halbiert sich der Strom  $I$ .

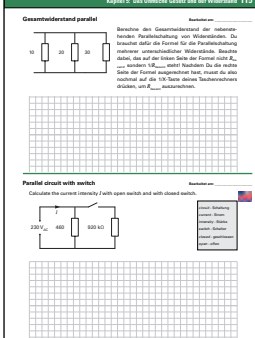


### Die Infoseiten mit Informationen

### Kapitel 5: Das Ohmsche Gesetz und der Widerstand 115

**Gesamtwiderstand parallel**  
 Berechne den Gesamtwiderstand des in der Abbildung gezeigten Parallelstromkreises. Die Spannung an den Widerständen ist  $U = 10\text{ V}$ . Berechne die Stromstärke  $I$  durch jeden Widerstand und die Stromstärke  $I_{\text{Gesamt}}$  durch den Parallelstromkreis.

**Parallel circuit with switch**  
 Calculate the current through  $Z$  both open switch and closed switch.



### Die Seiten mit Aufgaben und Lernsituationen

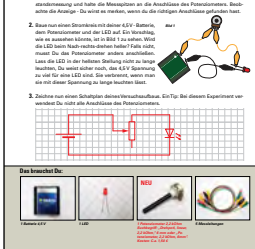
### 128 Kapitel 5: Das Ohmsche Gesetz und der Widerstand

**Experiment: Untersuchung einer Leuchtdiode**  
 In diesem Experiment sollst Du untersuchen, wie sich eine Leuchtdiode verhält, wenn man sie an ein Passivbauelement anschließt. Du sollst dich dabei mit dem Passivbauelement verbinden. Du sollst die Stromstärke  $I$  durch die Leuchtdiode messen. Du sollst die Spannung  $U$  an der Leuchtdiode messen. Du sollst die Stromstärke  $I$  durch die Leuchtdiode messen, wenn die Leuchtdiode angeschlossen ist. Du sollst die Spannung  $U$  an der Leuchtdiode messen, wenn die Leuchtdiode angeschlossen ist.

**1. Wie muss die Diode angeschlossen sein?**  
 Die Leuchtdiode muss angeschlossen sein, so dass die Stromrichtung von der Anode zur Kathode fließt. Die Anode ist die längere Elektrode. Die Kathode ist die kürzere Elektrode.

**2. Wie muss die Diode angeschlossen sein?**  
 Die Leuchtdiode muss angeschlossen sein, so dass die Stromrichtung von der Anode zur Kathode fließt. Die Anode ist die längere Elektrode. Die Kathode ist die kürzere Elektrode.

**3. Zeichne nun einen Schaltplan dieses Versuchsaufbaus.**  
 Ein Tip: Bei diesem Experiment verwendet Du nur ein Anschluss des Passivbauelements.



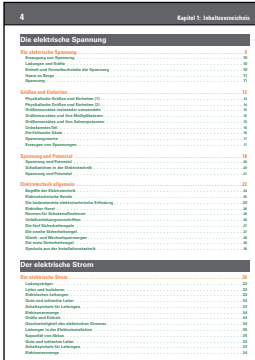
### Die Seiten mit den praktischen Übungen

### Kapitel 1: Messverfahren

**Die elektrische Spannung**  
 Messung der elektrischen Spannung mit einem Voltmeter. Die Spannung  $U$  an einem Widerstand  $R$  kann mit dem Ohmschen Gesetz  $U = R \cdot I$  berechnet werden, wenn der Strom  $I$  durch den Widerstand bekannt ist.

**Die elektrische Stromstärke**  
 Messung der elektrischen Stromstärke mit einem Amperemeter. Die Stromstärke  $I$  durch einen Widerstand  $R$  kann mit dem Ohmschen Gesetz  $I = U/R$  berechnet werden, wenn die Spannung  $U$  an dem Widerstand bekannt ist.

**Die elektrische Leistung**  
 Messung der elektrischen Leistung mit einem Leistungsmesser. Die Leistung  $P$  an einem Widerstand  $R$  kann mit dem Ohmschen Gesetz  $P = U \cdot I$  berechnet werden, wenn die Spannung  $U$  an dem Widerstand und der Strom  $I$  durch den Widerstand bekannt sind.



### Die Seiten mit dem Inhalts- und Schlagwortverzeichnis

## 1 Die elektrische Spannung

<b>Die elektrische Spannung</b> . . . . .	<b>10</b>
Erzeugung von Spannung . . . . .	12
Ladungen und Kräfte . . . . .	12
Einheit und Formelbuchstabe der Spannung . . . . .	12
Haare zu Berge . . . . .	13
Spannung . . . . .	13
<b>Größen und Einheiten</b> . . . . .	<b>14</b>
Physikalische Größen und Einheiten (1) . . . . .	16
Physikalische Größen und Einheiten (2) . . . . .	16
Größenvorsätze ineinander umwandeln . . . . .	17
Größenvorsätze und ihre Multiplikatoren . . . . .	17
Größenvorsätze und ihre Zehnerpotenzen . . . . .	17
Schaltzeichen in der Elektrotechnik . . . . .	18
<b>Video:</b> Die Volta'sche Säule . . . . .	18
Spannungswerte . . . . .	19
Erzeugen von Spannungen . . . . .	19
<b>Spannung und Potenzial</b> . . . . .	<b>20</b>
Unbekanntes Teil . . . . .	22
Berechnung der Spannung (1) . . . . .	22
Berechnung der Spannung (2) . . . . .	22
Spannungen am Netzgerät . . . . .	23
Chassis ground in a automobile . . . . .	23
<b>Elektrotechnik allgemein</b> . . . . .	<b>24</b>
Begriffe der Elektrotechnik . . . . .	26
Elektrotechnische Berufe . . . . .	27
Die bedeutendste elektrotechnische Erfindung . . . . .	27
<b>Video:</b> Elektriker Horst . . . . .	28
Normen für Schutzmaßnahmen . . . . .	28
Unfallverhütungsvorschriften . . . . .	28
Die fünf Sicherheitsregeln . . . . .	29
Die zweite Sicherheitsregel . . . . .	29
Gleich- und Wechselspannungen . . . . .	30
Die erste Sicherheitsregel . . . . .	30
Symbole aus der Installationstechnik . . . . .	30

## 2 Der elektrische Strom

<b>Der elektrische Strom</b> . . . . .	<b>32</b>
Ladungsträger . . . . .	34
Leiter und Isolatoren . . . . .	34
Elektrische Leitungen . . . . .	34
Gute und schlechte Leiter . . . . .	35
Schaltsymbole für Leitungen . . . . .	35
Elektronenmenge . . . . .	36
Größe und Einheit . . . . .	36
Geschwindigkeit des elektrischen Stromes . . . . .	36
Leitungen in der Elektroinstallation . . . . .	37
Kapazität von Akkus . . . . .	37
Gefahren des elektrischen Stromes . . . . .	37
Größenvorsätze umwandeln . . . . .	38

Wirkungen des elektrischen Stromes	38
Richtung des Stromes	39
Leitfähigkeit	39
Sicherungen	39
<b>Video:</b> André-Marie Ampère	40
Strom spüren?	40
The three effects of an electric current	41
Elektrische Wärme	42
Licht aus Strom	42

### 3 Der Stromkreis

<b>Der Stromkreis – Teil 1</b>	<b>44</b>
Schaltplan eines Stromkreises	46
<b>Video:</b> Elektrische Schalter	46
Steckverbinder	46
Innenleben einer Taschenlampe	47
Masse und Erde	48
Schalterarten	48
Stromkreisarten	48
Rätselhafte Teile	49
Taschenlampe mit zwei Schaltern	50
Pkw-Innenraumbelichtung	50
Wann löst die Sicherung aus?	50
<b>Praktische Übung: Ein Stromkreis mit einer LED</b>	<b>51</b>
<b>Der Stromkreis – Teil 2</b>	<b>52</b>
Stromkreis und Eisenbahn	54
Energie im Stromkreis	54
Kurzschlüsse	54
Innenleben eines Stromkreises	55
Strom „in“ der Steckdose	56
Vögel unter Spannung	56
Ladevorgang bei einem Akku	56
Eine Lampe, zwei Schalter	57
Knifflige Schalterkombinationen	58
Der Blutkreislauf als Stromkreis	58
<b>Praktische Übung: Eine Wechselschaltung</b>	<b>59</b>
Unerschöpfliche Energiequellen	60
Batterien als Spannungsquellen	60
Schalter im Stromkreis	60
Steckverbinder	61
Gleichstrom und Wechselstrom	62
Ein altes Wasserwerk	62
<b>Praktische Übung: Ein heißer Kurzschluss</b>	<b>63</b>
<b>Die Parallelschaltung</b>	<b>64</b>
<b>Die Reihenschaltung</b>	<b>65</b>
Eigenschaften der Parallel- und Reihenschaltung	66
Schaltpläne für Parallel- und Reihenschaltungen	66
Knotenregel	67
Maschenregel	67
LEDs für Lkw-Cockpit aussuchen	67
Strom in Parallelschaltung ausrechnen	68

Spannung in Reihenschaltung ausrechnen . . . . .	68
Leuchten in Wohnwagen . . . . .	68
Rätselhafte Schaltung . . . . .	69
Richtig und falsch bei Parallel- und Reihenschaltung . . . . .	69
Zu starke Sicherungen? . . . . .	70
Anwendung der Knotenregel . . . . .	70
Alles im Haushalt parallel . . . . .	70
Helle und dunkle Glühlampen . . . . .	71
Parallel- u. Reihenschaltung vervollständigen . . . . .	71
Anwendung der Maschenregel . . . . .	71
Schalter kombiniert . . . . .	72
Schwierige Reihenschaltung . . . . .	72

## 4 Messen von Strom und Spannung

<b>Messen mit dem Multimeter . . . . .</b>	<b>74</b>
Messen physikalischer Größen . . . . .	78
Anschlussbuchsen Multimeter . . . . .	79
Anzeige im Display . . . . .	79
Messung vorbereiten . . . . .	79
Wahl AC/DC . . . . .	80
Messung vorbereiten . . . . .	80
Messungenauigkeiten . . . . .	80
Messen von Spannungen . . . . .	81
Messen von Strömen . . . . .	81
Fehler beim Messen . . . . .	81
Spannungsmessung . . . . .	82
Strommessung . . . . .	82
Strom- und Spannungsmessung . . . . .	83
Strommessung . . . . .	83
Analoge Messgeräte . . . . .	84
Duspol . . . . .	84
<b>Praktische Übung: Die Apfelbatterie . . . . .</b>	<b>85</b>
Analoge und digitale Messgeräte . . . . .	86
Berechnung des Mittelwertes . . . . .	86
Innenwiderstände . . . . .	86
Spannungsmessung in einem Gerät . . . . .	87
Fehler bei einer Strommessung . . . . .	88
Wie funktioniert ein Drehspulmesswerk? . . . . .	88
<b>Praktische Übung: Reihenschaltung von Spannungsquellen . . . . .</b>	<b>89</b>
How to measure current . . . . .	90
Zeigerinstrument . . . . .	90

## 5 Das ohmsche Gesetz und der Widerstand

<b>Das ohmsche Gesetz. . . . .</b>	<b>92</b>
Das ohmsche Gesetz im Wortlaut . . . . .	94
Ermittlung eines Widerstandes . . . . .	94
Fremde Länder, andere Spannungen . . . . .	94
Rechnen mit dem ohmschen Gesetz (1) . . . . .	95
Rechnungen mit dem ohmschen Gesetz (2) . . . . .	95
Rechnungen zum ohmschen Gesetz . . . . .	96
Überprüfung von Widerständen . . . . .	96

Leuchtdiode an Autobatterie . . . . .	97
Widerstand Bügeleisen . . . . .	97
Das ohmsche Gesetz im Dreieck . . . . .	97
Ohmsches Gesetz durcheinander . . . . .	98
Der Leitwert . . . . .	98
Das ohmsche Gesetz als Funktion . . . . .	99
Das ohmsche Gesetz – Funktionsverlauf zeichnen . . . . .	99
<b>Widerstände als Bauelemente . . . . .</b>	<b>100</b>
Einteilung von Widerständen . . . . .	102
Farbcode bei Widerständen . . . . .	102
Farbcode bei Widerständen . . . . .	102
Toleranzen . . . . .	103
E-Reihen . . . . .	103
<b>Video: Georg Simon Ohm . . . . .</b>	<b>104</b>
Leitungswiderstand berechnen . . . . .	104
Widerstand vor oder hinter der Lampe? . . . . .	104
<b>Video: 3000 Ampere in Aktion . . . . .</b>	<b>105</b>
Wert, Toleranz und was noch? . . . . .	105
Unbekannter Widerstand . . . . .	105
E-Reihen . . . . .	106
Ein Widerstandssortiment zusammenstellen . . . . .	107
Kreuze die richtigen Kästchen an . . . . .	108
Ohmsches Gesetz mit kleinen Werten . . . . .	108
Ungenauigkeiten beim Messen . . . . .	108
<b>Praktische Übung: Messungen an einem Widerstand . . . . .</b>	<b>109</b>
Heizwiderstände wickeln . . . . .	110
Tabelle mit Leitungswiderständen . . . . .	110
Lernsituation: Unbekannte Kabeltrommel . . . . .	111
<b>Die Parallelschaltung von Widerständen . . . . .</b>	<b>112</b>
<b>Die Reihenschaltung von Widerständen . . . . .</b>	<b>113</b>
Zwei Widerstände parallel . . . . .	114
Zwei Widerstände in Reihe . . . . .	114
Wie viele Teile für eine Parallelschaltung? . . . . .	114
Gesamtwiderstand parallel . . . . .	115
Parallel circuit with switch . . . . .	115
Gemischte Schaltung aus Widerständen . . . . .	116
Schnelles Schätzen . . . . .	116
Vorwiderstand schaltbar . . . . .	116
Lernsituation: Messbereichserweiterung . . . . .	117
<b>Praktische Übung: Ohmsches Gesetz überprüfen . . . . .</b>	<b>118</b>
Lernsituation: Pkw-Fußraumbelichtung . . . . .	120
<b>Praktische Übung: LED mit Vorwiderstand in Betrieb nehmen . . . . .</b>	<b>122</b>
<b>Potenziometer und Spannungsteiler . . . . .</b>	<b>124</b>
Berechnung eines Spannungsteilers . . . . .	126
Bauarten von Potenziometern . . . . .	126
Warum drei Anschlüsse? . . . . .	126
Zwei Arten von Potenziometern . . . . .	127
Unfertiges Potenziometer . . . . .	127
Verzwicktes Potenziometer . . . . .	127
<b>Praktische Übung: Untersuchung einer Leuchtdiode . . . . .</b>	<b>128</b>
Eine Füllstandsmessung . . . . .	130
Potenziometer ersetzen . . . . .	130

## 6 Elektrische Leistung und Energie

<b>Die elektrische Leistung</b> . . . . .	<b>132</b>
Die Rechenscheibe . . . . .	134
Leistung berechnen (1) . . . . .	135
Leistung berechnen (2) . . . . .	135
Leistungsmessung . . . . .	135
Leistungsmesser . . . . .	136
Kilowatt und PS . . . . .	136
Starker Backofen . . . . .	136
Lernsituation: Fahrradbeleuchtung absichern . . . . .	137
Leistungen von Geräten im Haushalt . . . . .	138
Heizofen mit umschaltbarer Leistung . . . . .	138
Lernsituation: Lichterkette an Autobatterie . . . . .	139
Beleuchtung Firmengelände . . . . .	140
Verluste in einer Leitung . . . . .	140
Doppel = Doppelt ? . . . . .	140
Lernsituation: USB-Kaffee-Wärmer . . . . .	141
Glühlampentausch . . . . .	142
Leistung als Funktion der Spannung . . . . .	142
Lernsituation: Gefährliche Beleuchtung . . . . .	143
Praktische Übung: Reihen- und Parallelschaltung . . . . .	144
<b>Elektrische Energie und Arbeit</b> . . . . .	<b>146</b>
Energie und Leistung . . . . .	148
Energieformen . . . . .	148
Energie-„Verbrauch“ . . . . .	149
Der Energieerhaltungssatz . . . . .	149
Kosten der elektrischen Energie . . . . .	149
Energienmenge in einer Batterie . . . . .	150
Warmes Ferienhaus . . . . .	150
Energiekosten für Internet . . . . .	150
<b>Video:</b> Übertragung mit Hochspannung . . . . .	151
Große Energiemengen . . . . .	151
<b>Elektrowärme</b> . . . . .	<b>152</b>
Einheiten der Energie . . . . .	154
Temperaturen in Kelvin . . . . .	154
Spezifische Wärmekapazität . . . . .	154
Wasser erwärmen . . . . .	155
Nudeln kochen . . . . .	155
Ein Bad nehmen . . . . .	155
Lernsituation: Swimmingpool . . . . .	156
Ein Kreuzworträtsel . . . . .	158
Inhalte der QR-Codes . . . . .	159

# 1 Die elektrische Spannung



Die elektrische Spannung ist die treibende Kraft in der Elektrotechnik. Sie ist der elektrische Druck, der als Spannung beschrieben wird. Spannungsphänomene sind schon lange in der Natur bekannt.

## Elektrische Ladungen

Die unangenehme Erfahrung, einen elektrischen Schlag an einer Türklinke zu bekommen, kennst Du sicher. Beim Reiben über den Teppich haben sich in Dir **elektrische Ladungen** angesammelt, die sich beim Annähern an die Türklinke als Funke entladen haben.

Ein Gewitter funktioniert ähnlich: In der Gewitterwolke sammeln sich Ladungen an, die verschieden sind zu den Ladungen am Boden. Dadurch entsteht ein elektrischer Druck, den man **Spannung** nennt. Wird der Druck zu groß, müssen sich die elektrischen Ladungen ausgleichen und es entsteht ein Blitz.

Es gibt zwei verschiedene Arten von Ladungen, **positive** und

**negative** Ladungen. Werden diese Ladungen voneinander getrennt, d. h. in zwei entfernten Bereichen angesammelt, entsteht eine elektrische Spannung.

Positive Ladungen werden mit einem „+“ (**Plus**) gekennzeichnet. Negative Ladungen werden mit einem „-“ (**Minus**) gekennzeichnet.



**Bild 1: Eine Entladung über einen Funken**



**Bild 2: Ladungen in einem Gewitter**

## Positive und negative Ladungen

Griechische Gelehrte entdeckten schon vor 2500 Jahren, dass Stoffe durch Reibung dazu gebracht werden können, sich gegenseitig anzuziehen. Besonders gut funktionierte dies mit Bernstein, den die Griechen Elektron nannten. So entstand der Begriff Elektrizität.

Im 17. und 18. Jh. entdeckte man, dass verschiedene Materialien durch Reibung so aufgeladen werden konnten, dass sie sich gegenseitig anziehen oder abstoßen. So entstanden zwei Gruppen von Materialien. Materialien aus der Gruppe A

(z.B. Glas) zogen Materialien aus der Gruppe B (z.B. Gummi) an und umgekehrt. Materialien innerhalb einer Gruppe (z.B. Glas-Glas) haben sich jedoch gegenseitig abgestoßen.

Man suchte nach Bezeichnungen, um die beiden Gruppen dieser Materialien zu benennen, wie z.B. Nord und Süd oder männlich und weiblich.

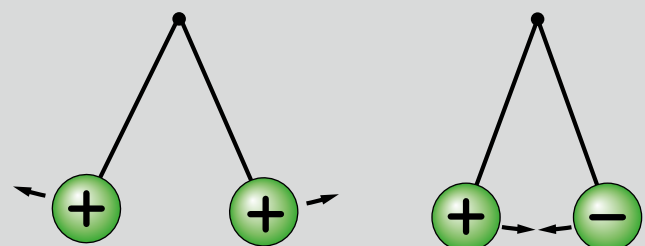
Benjamin Franklin entschied um 1740, die Materialien aus der einen Gruppe positiv und die Materialien aus der anderen Gruppe negativ zu

nennen. Die Einteilung der beiden verschiedenen Arten elektrischer Ladung ist bis heute beibehalten worden.

Ladungen üben Kräfte aufeinander aus. Ungleicherartige Ladungen ziehen sich an, gleichartige Ladungen stoßen sich ab.

Die dabei entstehenden

Kräfte sind sehr gering. Deshalb haben sie wenig Bedeutung in der Technik. Die Kräfte, die von Magnetfeldern kommen, sind viel stärker, und werden z.B. in Elektromotoren ausgenutzt. Daher funktionieren alle großen elektrischen Maschinen elektromagnetisch.



## Elektronen

Wie Du sicher weißt, ist unsere Materie aus kleinsten Bausteinen aufgebaut, den Atomen. Die Atome selbst bestehen aus einem Kern und den **Elektronen**, die ihn umkreisen.

Die Elektronen sind für die Elektrotechnik besonders wichtig.

Unter bestimmten Voraussetzungen können sie sich aus der Hülle lösen. Wenn sich viele solcher Elektronen in eine gemeinsame Richtung bewegen, bilden sie einen elektrischen Strom.

Elektronen sind immer negativ geladen.

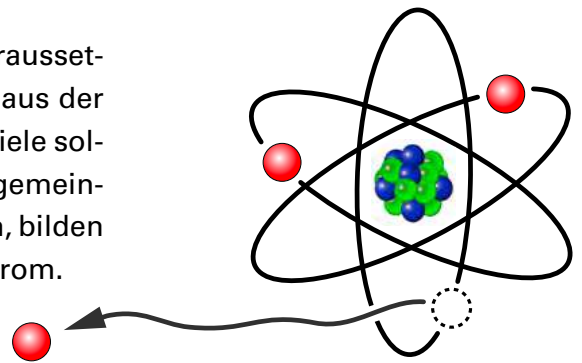


Bild 3: Ein bewegliches Elektron

## Spannungsquellen

Um eine elektrische Spannung zu erzeugen, muss man ähnlich wie bei einem Gewitter einen Ladungsunterschied erzeugen.

Passende Ladungsträger in der Elektrotechnik sind die Elektronen. Sammelt man Elektronen an, erzeugt man eine negative

Ladung. Zieht man Elektronen ab, erzeugt man eine positive Ladung.



Bild 4: Batterien und wiederaufladbare Akkus sind weit verbreitete Spannungsquellen. Sie funktionieren auf chemische Art.

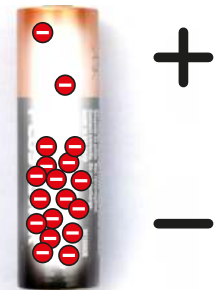


Bild 5: Das Prinzip der Ladungstrennung: Elektronenüberschuss = Minuspol, Elektronenmangel = Pluspol

## Die Einheit der Spannung

Wie jede physikalische Größe, so hat auch die elektrische Spannung einen Formelbuchstaben und eine Einheit.

Der Formelbuchstabe ist das **U**, abgeleitet vom lateinischen *urgere* = drängen.

Die Einheit der Spannung ist das **Volt (V)**, benannt nach dem italienischen Physiker *Alessandro Volta*, der die Batterie erfunden hat.

Spannung	
Formelbuchstabe	<b>U</b>
Einheit	<b>V (Volt)</b>

## Die erste Batterie

Alessandro Volta lebte von 1745 bis 1824 in Italien und Österreich. Er befasste sich hauptsächlich mit der frühen Elektrotechnik. Zu seiner Zeit untersuchte man elektrische Phänomene, wie z.B. das Zucken von Froschschenkeln beim Anlegen einer Spannung.

Voltas größte Erfindung war die Volta'sche Säule. In ihr waren viele chemische Elemente übereinander gestapelt, sodass sich ihre geringen Spannungen zu einer größeren Spannung addierten. Damit war es erstmals möglich, stärkere Ströme fließen zu lassen und damit elektrotechnische Experimente durchzuführen. Nach diesem Prinzip funktionieren auch heute noch Batterien und Akkus. 1861 wurde Volta dadurch geehrt, dass man die Maßeinheit der Spannung nach



ihm benannte. Auf dem Bild ist vorne auf dem Tisch eine kleine Volta'sche Säule zu sehen (siehe auch Seite 18).

## Erzeugung von Spannung

Wie entsteht Spannung in der Natur? Wie kann Spannung erzeugt werden? Wann ist Spannung erschöpft? Schreibe eine kurze Erklärung auf.

Spannung wird durch Ansammeln/Trennen von Ladungen erzeugt.

Spannung ist erschöpft, wenn sich die Ladungen ausgeglichen haben.

---

## Ladungen und Kräfte

Welche Kräfte üben Ladungen aufeinander aus? Welche Rolle spielen diese Kräfte in der Technik und warum? Welche Kräfte sind wichtiger?

Ungleichartige Ladungen ziehen sich an, gleichartige Ladungen stoßen sich ab. Da die dabei entstehenden Kräfte nur gering sind, sie wenig Bedeutung in der Elektrotechnik.

Wichtiger sind die viel stärkeren magnetischen Kräfte.

---

## Einheit und Formelbuchstabe der Spannung

Wie lauten die Einheit und der Formelbuchstabe der elektrischen Spannung?

Einheit: Volt (V)

Formelbuchstabe:  $U$

## Haare zu Berge



Schau Dir das Foto an. Wie ist der Effekt mit den Haaren des Mädchens zustande gekommen?

Das Rutschen verschiebt Ladungen,  
 so wurden die Haare des Mädchens  
 aufgeladen. Da die Ladungen gleich-  
 artig sind, stoßen sie sich gegenseitig  
 ab.



[vel.plus/EB01]

## Spannung

Ergänze folgenden Lückentext:

Die elektrische Spannung kann als elektrischer Druck erklärt werden. Spannungen werden durch Trennen bzw. Ansammeln von Ladungen erzeugt.

Am Pluspol gibt es einen Mangel an Elektronen, am Minuspol gibt es einen Überschuss an Elektronen.

Die Einheit der elektrischen Spannung ist das Volt ( V ).

Spannungen ab 50 V sind gefährlich.

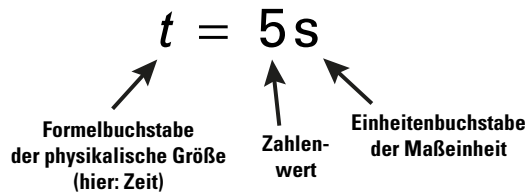
Akkus, wie sie z. B. in Smartphones verwendet werden, sind wiederaufladbare Spannungsquellen.

Alle physikalischen Dinge und Vorgänge werden durch physikalische Größen und Einheiten beschrieben, die man messen oder berechnen kann. Besonders knifflig kann das Rechnen mit Größenvorsätzen sein.

## Physikalische Größen und ihre Einheiten

Alle Dinge in Natur und Technik haben physikalische Eigenschaften, wie z. B. *leicht/schwer*, *schnell/langsam* etc. Diese Eigenschaften lassen sich mit **physikalischen Größen** beschreiben, wie z. B. die *Geschwindigkeit* oder das *Gewicht*. Physikalische Größen lassen sich durch **Werte** genau bestimmen, z. B. *50 kg* oder *80 km/h*. Die Werte bestehen jeweils aus einem **Zahlenwert** und einer **Einheit**, so ist bei *80 km/h* die Zahl *80* der Zahlenwert und *km/h* ist die

Einheit. Die Werte unbekannter physikalischer Größen können ausgerechnet werden. Dies ist oft schwierig. Einfacher ist die **Angabe einer Zeit von 5 Sekunden**



das Messen. Dafür verwendet man Messgeräte, wie z. B. eine Waage, eine Stoppuhr oder ein Thermometer. Wenn Werte sehr klein oder sehr groß sind,

werden die Zahlen schnell unhandlich, wie z. B. bei einer hohen Leistung:  $P = 3000000000$  W. Platzsparender ist die Verwendung von Größenvorsätzen, hier wäre  $P = 3$  GW handlicher. Ein Beispiel für einen kleinen Wert:  $U = 0,086$  V kann man auch als  $U = 86$  mV schreiben. In der Elektrotechnik sind Größenvorsätze sehr gebräuchlich, man sollte die wichtigsten davon kennen. Und man sollte wissen, wie man damit rechnen kann.

## Die Größenvorsätze

Name	Buchstabe	Als Zahl	Als Zehnerpotenz	Beschreibung
Giga	G	1000000000	$1 \cdot 10^9$	mal eine Milliarde
Mega	M	1000000	$1 \cdot 10^6$	mal eine Million
Kilo	k	1000	$1 \cdot 10^3$	mal Tausend
milli	m	0,001	$1 \cdot 10^{-3}$	teilen durch Tausend
mikro	$\mu$	0,000001	$1 \cdot 10^{-6}$	teilen durch eine Million
nano	n	0,000000001	$1 \cdot 10^{-9}$	teilen durch eine Milliarde

## Umwandlungen

$$1285 \text{ V} = 1,285 \text{ kV} = 1,285 \cdot 10^3 \text{ V}$$

Zum größeren Vorsatz: Zahl kleiner machen  
Größenvorsatz (hier k) durch Exponent ersetzen (hier 3)

Hier wird von einer normalen Zahl zu einer Zahl gewechselt, die einen Größenvorsatz hat (hier k). Der Größenvorsatz macht sie größer. Also muss vorher geteilt werden (hier durch 1000), damit sich der Wert nicht ändert.

$$0,036 \text{ V} = 36 \text{ mV} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$

Zum kleineren Vorsatz: Zahl größer machen  
Größenvorsatz (hier m) durch Exponent ersetzen (hier -3)

Hier wird von einer normalen Zahl zu einer Zahl gewechselt, die einen Größenvorsatz hat (hier m). Der Größenvorsatz macht sie kleiner. Also muss vorher multipliziert werden (hier mal 1000), damit sich der Wert nicht ändert.

## Die wichtigsten Physikalischen Größen und Einheiten:

Physikalische Größe	Formelbuchstabe	Name der Einheit	Buchstabe(n) der Einheit
Druck	$p$	Pascal	Pa
Energie	$W$	Wattsekunden, Kilowattstunden, J	Ws, kWh, J
Fläche	$A$	Quadratmeter etc.	m <sup>2</sup> etc.
Frequenz	$f$	Hertz	Hz
Geschwindigkeit	$v$	Meter pro Sekunde, Kilometer pro Stunde	m/s, km/h
Kraft	$F$	Newton	N
Ladung	$Q$	Coulomb	C
Länge	$s$	Meter, Kilometer etc.	m, km etc.
Leistung	$P$	Watt	W
Lichtstärke	$I_v$	Candela	cd
Masse	$m$	Kilogramm	kg
Spannung	$U$	Volt	V
Stoffmenge	$n$	Mol	mol
Stromstärke	$I$	Ampere	A
Temperatur	$T$	Kelvin, Grad Celsius	K, °C
Volumen	$V$	Kubikmeter, Liter	m <sup>3</sup> , l
Widerstand	$R$	Ohm	Ω
Zeit	$t$	Sekunde, Stunde etc.	s, h etc.

### Eingabe in den Taschenrechner

Wie gibt man einen Wert wie z. B. 5 mV in den Taschenrechner ein? Man schaut nach der passenden Zehnerpotenz:  $5 \text{ mV} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ V}$ . Der Exponent (hier -3) ist nun entscheidend.

Leider sind die meisten gängigen Taschenrechner unterschiedlich zu bedienen. Wichtig ist aber überall die **EE** oder **EXP**-Taste und die Taste zur Vorzeichenumkehr **+/-**.

Einige Beispiele:

$$36 \text{ mV} = 36 \cdot 10^{-3} \text{ V} \rightarrow \boxed{3} \boxed{6} \boxed{\text{EE}} \boxed{+/-} \boxed{3}$$

$$0,5 \text{ MW} = 0,5 \cdot 10^6 \text{ W} \rightarrow \boxed{0} \boxed{,} \boxed{5} \boxed{\text{EE}} \boxed{6}$$

Auch möglich:

$$84 \mu\text{A} = 84 \cdot 10^{-6} \text{ A} \rightarrow \boxed{8} \boxed{4} \boxed{\text{EE}} \boxed{6} \boxed{+/-}$$

[YouTube.de](https://www.youtube.de) → Einheiten & Präfixe – Grundlagen

[leifiphysik.de](http://leifiphysik.de) → Übergreifend → Allgemeines und Hilfsmittel → Grundgrößen und abgeleitete Größen

[de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org) → nach „Vorsätze für Maßeinheiten“ suchen

[leifiphysik.de](http://leifiphysik.de) → Übergreifend → Allgemeines und Hilfsmittel → Si-Basisgrößen und -einheiten

[leifiphysik.de](http://leifiphysik.de) → Übergreifend → Allgemeines und Hilfsmittel → Zehnerpotenzen – Präfixe

[YouTube.de](https://www.youtube.de) → Potenzen bei großen und kleinen Zahlen

## Physikalische Größen und Einheiten (1)

Du solltest die wichtigen elektrotechnischen Einheiten jetzt schon kennen. Such sie auf der Infoseite „Größen und Einheiten“ ab Seite 14 heraus und ergänze die Tabelle so, dass keine Lücken mehr übrigbleiben.

Physikalische Größe	Formelbuchstabe der Größe	Name der Einheit	Buchstabe der Einheit
Spannung	$U$	Volt	V
Widerstand	$R$	Ohm	$\Omega$
Stromstärke	$I$	Ampere	A
Energie	$W$	Wattsekunden	Ws
Leistung	$P$	Watt	W

## Physikalische Größen und Einheiten (2)



Unter den vielen physikalischen Einheiten gibt es einige besonders wichtige. Es sind sozusagen die Haupteinheiten, aus denen alle anderen abgeleitet werden. Man nennt sie **Si-Einheiten** (SI = Système International d'Unités = Internationales Einheitensystem). Da sie die Basis des internationalen Einheitensystems bilden, nennt man sie auch *Basiseinheiten*. Finde mithilfe des Internets oder anderen elektrotechnischen oder physikalischen Büchern heraus, welche Einheiten zu den Si-Einheiten gehören (z. B. **m**) und schreibe sie mit ihrem Einheitenbuchstaben und mit ihrem vollen Namen (z. B. **Meter**) auf.

( **m** ) **Meter** ( **kg** ) **Kilogramm**

( **s** ) **Sekunde** ( **A** ) **Ampere**

( **K** ) **Kelvin** ( **mol** ) **Mol**

( **cd** ) **Candela**

## Größenvorsätze ineinander umwandeln

Spannungen und auch andere elektrotechnische Größen können sehr kleine oder auch sehr große Werte aufweisen. Daher solltest Du mit solchen Größen umgehen können. Wandle die gegebenen Größen in die gesuchte Schreibweise um!

$$200 \text{ mV} = \underline{0,2} \text{ V}$$

$$0,08 \text{ V} = \underline{80} \text{ mV}$$

$$600 \text{ V} = \underline{0,6} \text{ kV}$$

$$0,04 \text{ kV} = \underline{40} \text{ V}$$

$$520 \text{ } \mu\text{V} = \underline{0,52} \text{ mV}$$

$$0,02 \text{ mV} = \underline{20} \text{ } \mu\text{V}$$

$$7000 \text{ } \mu\text{V} = \underline{0,007} \text{ V}$$

$$0,00015 \text{ V} = \underline{150} \text{ } \mu\text{V}$$

## Größenvorsätze und ihre Multiplikatoren

Größenvorsätze werden zur Darstellung von sehr großen oder sehr kleinen Zahlenwerten eingesetzt. Welche Bedeutung haben die Größenvorsätze **n**, **μ**, **m**, **k**, **M**?

Schreibe den Namen des jeweiligen Größenvorsatzes auf und dahinter den Multiplikator.

$$\mathbf{n} \text{ ( } \underline{\text{nano}} \text{ )} : \times \underline{0,000000001}$$

$$\boldsymbol{\mu} \text{ ( } \underline{\text{mikro}} \text{ )} : \times \underline{0,000001}$$

$$\mathbf{m} \text{ ( } \underline{\text{milli}} \text{ )} : \times \underline{0,001}$$

$$\mathbf{k} \text{ ( } \underline{\text{kilo}} \text{ )} : \times \underline{1000}$$

$$\mathbf{M} \text{ ( } \underline{\text{Mega}} \text{ )} : \times \underline{1000000}$$

## Größenvorsätze und ihre Zehnerpotenzen

Sehr große und sehr kleine Zahlen können mit Größenvorsätzen auf ein handliches Format gebracht werden. Die Größenvorsätze **p**, **n**, **μ**, **m**, **k**, **M** haben jeweils einen Multiplikator, den man als Zehnerpotenz (z. B.  $2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$  bei  $2 \text{ mA}$ ) schreiben kann. Schreibe jeweils die passende Zehnerpotenz an die Beispiele.

$$2,8 \text{ mA} = 2,8 \cdot \underline{10^{-3}} \text{ A}$$

$$15 \text{ kg} = 15 \cdot \underline{10^3} \text{ g}$$

$$0,4 \text{ kV} = 0,4 \cdot \underline{10^3} \text{ V}$$

$$1,2 \text{ MW} = 1,2 \cdot \underline{10^6} \text{ W}$$

$$6,8 \text{ } \mu\text{W} = 6,8 \cdot \underline{10^{-6}} \text{ W}$$

$$7 \text{ nV} = 7 \cdot \underline{10^{-9}} \text{ V}$$

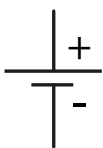
## Schaltzeichen in der Elektrotechnik

Elektrische Maschinen oder Bauteile sehen je nach Bauart ganz unterschiedlich aus. Um die Kommunikation zwischen elektrotechnischen Fachkräften zu vereinfachen, zeichnet man sie als *Schaltsymbole* in Schaltpläne hinein.

Schaltsymbole (oder auch Schaltzeichen genannt) sind stark vereinfachte Zeichnungen von elektrischen Betriebsmitteln oder Bauelementen. Betriebsmittel sind größere Geräte im Bereich der Versorgungs- und Energietechnik. Bauelemente sind kleinere Teile, die eher in Geräten verbaut werden.

Schaltsymbole sind genormt, also einheitlich und daher leicht wiederzuerkennen. Die Norm, nach der Schaltsymbole gezeichnet werden müssen, heißt DIN EN 60617. DIN bedeutet „Deutsche Industrie Norm“ und EN steht für „European Norm“.

Schreibe die Bedeutung dieser Schaltzeichen auf:



Chemische Spannungs-  
quelle (Batterie/Akku)



Leuchte



Widerstand



Beliebige

Spannungsquelle

## Video: Die Volta'sche Säule



Schau Dir den Film *Batterie – Alessandro Volta* auf Youtube (15 Min.) an und beantworte folgende Fragen: Was ist das Grundprinzip, nach dem eine chemische Spannungsquelle aufgebaut ist? Wie hat Volta durch die Volta'sche Säule das Prinzip verbessert?

Zwei verschiedene Metalle in einer leitfähigen Flüssigkeit

genügen, um eine Spannung zu erzeugen.

Durch das Übereinanderstapeln von vielen einzelnen

chemischen Elementen/Zellen konnte die Spannung

wesentlich erhöht werden, weil sich die Spannungen

zu einer größeren Spannung addieren.

## Spannungswerte

In der Technik kommen sehr unterschiedliche Spannungswerte vor. Finde heraus, welche Spannungswerte die nachfolgenden Geräte benötigen oder bereitstellen.



Gerät oder Betriebsmittel	Spannungswert
Steckdose im Haushalt	230 V
Akku im Smartphone	3,7 V
Hochspannung in Freileitungen, höchster Wert	380000 V
Pkw (nicht Lkw)-Starterbatterie	12 V
Blitz im Gewitter	viele Mio. V
Soundausgang am PC	200 mV–2 V
Elektrische Eisenbahnlokomotive	15000 V

## Erzeugen von Spannungen

Es gibt verschiedene Arten, Spannungen zu erzeugen. Informiere Dich darüber anhand anderer elektrotechnischer Bücher oder mithilfe des Internets. Vielleicht hast Du bereits im Unterricht einiges über verschiedene Arten der Spannungserzeugung gelernt. Kreuze die richtigen Antworten an.



	Richtig	Falsch
Chemische Spannungsquellen sind immer aufladbar.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Generatoren in Kraftwerken erzeugen Strom durch Induktion.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Thermoelemente erzeugen Strom durch Druck.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Aufladbare chemische Spannungsquellen nennt man Akkus.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Elektronen sind negativ geladen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In Taschenrechnern kommen Piezoelemente zum Einsatz.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Am Minuspol herrscht Elektronenmangel.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Spannungen entstehen, wenn Ladungen gleichmäßig verteilt werden.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Formelbuchstabe für die Spannung ist das V.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Solarzellen wandeln Sonnenlicht in elektrische Energie um.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



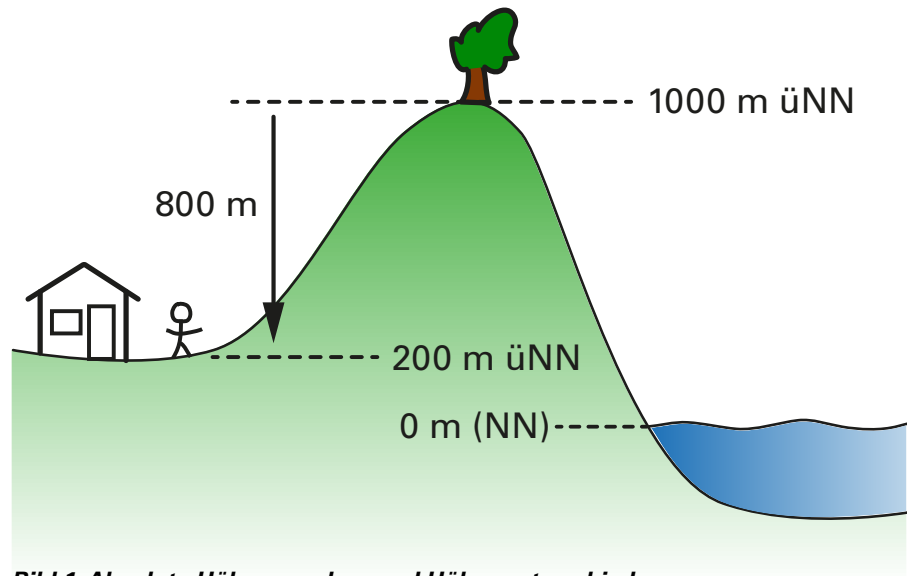
Auf diesen Seiten sollst Du den Unterschied zwischen Spannung und Potenzial lernen. Eigentlich ist es ganz einfach: Die Spannung ist immer eine Differenz (ein Unterschied) zwischen zwei Potenzialen.

## Das elektrische Potenzial

Das elektrische Potenzial lässt sich gut mit den Höhenangaben in einem Gebirge erklären. Schau Dir Bild 1 an. Man sieht drei verschiedene Höhenlagen: Der Meeresspiegel, die Ebene mit dem Haus und seinem Bewohner und den Gipfel mit dem Baum.

Für alle drei Ebenen gibt es eine Höhenangabe: 1000 m, 200 m und 0 m (NN). Diese Höhenangaben sind immer auf die Höhenangabe des Meeresspiegels bezogen, d.h. von dort an gerechnet. Daher auch die Angabe „üNN“. Das bedeutet „über normal Null“, also „über dem Meeresspiegel“. Der Berg ist 1000 m hoch, gemessen vom Meeresspiegel aus. Oder anders formuliert: bezogen auf den Meeresspiegel.

Das Männlein jedoch sieht das anders: Für ihn ist der Berg 800 m hoch. Das liegt daran, dass er selbst schon auf einer Höhe von 200 m üNN steht. Er sieht



**Bild 1: Absolute Höhenangaben und Höhenunterschiede.**  
Der Höhenunterschied ist als Pfeil gezeichnet.

nur den Höhenunterschied vom Berggipfel zu seinem Standort:  $1000\text{ m} - 200\text{ m} = 800\text{ m}$ !

So ähnlich verhält es sich mit der elektrischen Spannung und dem elektrischen Potenzial. **Die Spannung ist eine Potenzialdifferenz.** Potenziale sind in der elektrotechnischen Praxis meistens auf Masse oder auf Erde bezogen, d.h. auf 0V.

Gibt es in einem Gerät oder in einer Anlage eine solche Mas-

se, so sind alle Potenziale auf diese Masse bezogen. Dann werden Spannung und Potenzial gleichgesetzt. Dies findet man üblicherweise in der Elektroinstallationstechnik.

### Spannung und Potenzial

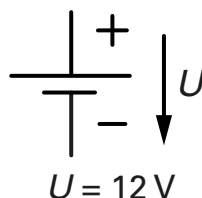
$$U = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$[\varphi] = \text{V (Volt)}$$

## Spannungspfeile

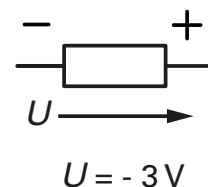
Spannungen sind Unterschiede (also Differenzen) von Potenzialen. Sie werden gerne als Pfeile gezeichnet. Üblicherweise zeigt ein solcher Spannungspfeil vom höheren zum niedrigeren Potenzial.

Ein Spannungspfeil ist z.B. im Bild 2 zu sehen. Das höhere Potenzial ist am Pluspol, das niedrigere Potenzial am Minuspol. Dann ist die Spannung positiv.



**Bild 2: Ein Spannungspfeil an einer Spannungsquelle. Der Wert der Spannung ist separat aufgeschrieben.**

Bei unbekanntem Spannungen kann es vorkommen, dass der Spannungspfeil umgekehrt zur tatsächlichen Spannungsrich-



**Bild 3: Hier zeigt der Pfeil vom niedrigeren zum höheren Potenzial. Die Spannung ist dann negativ.**

tung gezeichnet ist. Der Wert der Spannung ist dann negativ. Bild 3 zeigt diesen Fall.