



# **Elektrotechnik für den Berufseinstieg**

Lernsituationen, Informationen  
und praktische Übungen

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

**EUROPA-Nr.: 32300**

**Autor:**

Hertelendi, Bela

**Verlagslektorat:**

Barth, Alexander

**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

1. Auflage 2015, korrigierter Nachdruck 2017

Druck 5 4 3 2

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

ISBN 978-3-8085-3230-0

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

© 2015 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten

Umschlaggestaltung: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Glühbirne: © sk\_com – Fotolia.com

Elektrische Widerstände: © Wolfgang Mücke – Fotolia.com

Weitere Fotos und Zeichnungen stammen vom Autor

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

Druck: Konrad Tritsch Print und digitale Medien GmbH, 97199 Ochsenfurt-Hohenstadt

## 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.

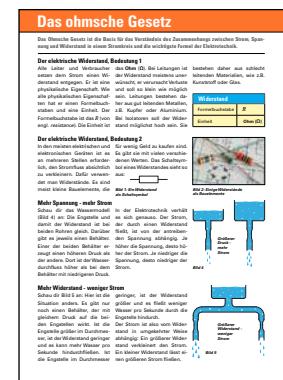
Auf mathematische und physikalische Vorbildungen wird hierbei weitestgehend verzichtet, um keine Barrieren aufzubauen und auch Schülern mit ehemals wenig Zugang zu solchen Inhalten einen Einstieg in die Elektrotechnik zu ermöglichen.

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.

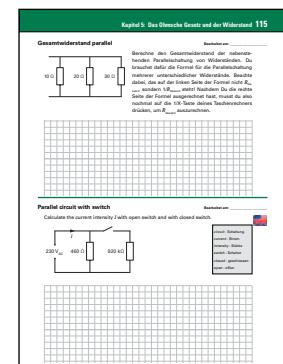
Spannend sind die **praktischen Übungen**, die auf den Seiten mit dem blauen Rand oben zu finden sind. Hier wird euch euer Lehrer genau erklären, ob diese Übungen in euren Unterricht passen und ob oder wie ihr sie durchführen könnt.

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.

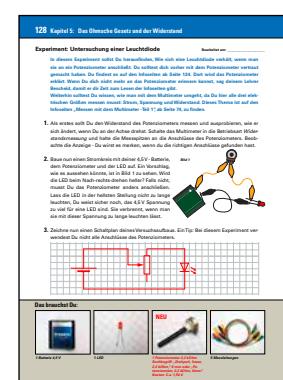
Und nun viel Spaß mit diesem Buch!



**Die Infoseiten mit Informationen**



**Die Seiten mit Aufgaben und Lernsituationen**



**Die Seiten mit den praktischen Übungen**



**Die Seiten mit dem Inhalts- und Schlagwortverzeichnis**

Der Autor

## 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: Die Volta'sche Säule . . . . .</b>           | <b>18</b> |
| 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        |
| English: Chassis ground in an automobile . . . . .     | 23        |
| <b>Elektrotechnik allgemein . . . . .</b>              | <b>24</b> |
| Begriffe der Elektrotechnik . . . . .                  | 26        |
| Elektrotechnische Berufe . . . . .                     | 27        |
| Die bedeutendste elektrotechnische Erfindung . . . . . | 27        |
| <b>Video: Elektriker Horst . . . . .</b>               | <b>28</b> |
| 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        |
| Größeneinheiten umwandeln . . . . .                | 38        |

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

## 3 Der Stromkreis

|   |    |
|---|----|
| <b>Der Stromkreis - Teil 1</b> . . . . .                  | 44 |
| Schaltplan eines Stromkreises . . . . .                   | 46 |
| <b>Video: Elektrische Schalter</b> . . . . .              | 46 |
| Steckverbinder . . . . .                                  | 46 |
| Innenleben einer Taschenlampe . . . . .                   | 47 |
| Masse und Erde . . . . .                                  | 48 |
| Schalterarten . . . . .                                   | 48 |
| Stromkreisarten . . . . .                                 | 48 |
| Rätselhafte Teile . . . . .                               | 49 |
| Taschenlampe mit zwei Schaltern . . . . .                 | 50 |
| Pkw-Innenraumbeleuchtung . . . . .                        | 50 |
| Wann löst die Sicherung aus? . . . . .                    | 50 |
| Ein Stromkreis mit einer LED. . . . .                     | 51 |
| <b>Der Stromkreis - Teil 2</b> . . . . .                  | 52 |
| 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>Eine Wechselschaltung</b> . . . . .                    | 59 |
| Unerschöpfliche Energiequellen . . . . .                  | 60 |
| Energie im Stromkreis . . . . .                           | 60 |
| Schalter im Stromkreis . . . . .                          | 60 |
| Steckverbinder . . . . .                                  | 61 |
| <b>Video: Gleichstrom und Wechselstrom</b> . . . . .      | 62 |
| Ein altes Wasserwerk . . . . .                            | 62 |
| Ein heißer Kurzschluss . . . . .                          | 63 |
| Die Parallelschaltung . . . . .                           | 64 |
| Die Reihenschaltung . . . . .                             | 65 |
| 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- u. 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        |
| Messungsgenauigkeiten. . . . .                   | 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        |
| Die Apfelbatterie. . . . .                       | 85        |
| 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        |
| Reihenschaltung von Spannungsquellen . . . . .   | 89        |
| 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 . . . . .  | 95        |
| 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        |
| 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>Messungen an einem Widerstand . . . . .</b>                  | <b>109</b> |
| Heizwiderstände wickeln . . . . .                               | 110        |
| Tabelle mit Leitungswiderständen . . . . .                      | 110        |
| Unbekannte Kabeltrommel . . . . .                               | 111        |
| <b>Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen . . . . .</b> | <b>112</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        |
| Messbereichserweiterung . . . . .                               | 117        |
| Ohmsches Gesetz überprüfen . . . . .                            | 118        |
| Pkw-Fußraumbeleuchtung . . . . .                                | 120        |
| <b>LED mit Vorwiderstand in Betrieb nehmen . . . . .</b>        | <b>122</b> |
| <b>Potentiometer und Spannungsteiler . . . . .</b>              | <b>124</b> |
| Berechnung eines Spannungsteilers . . . . .                     | 126        |
| Bauarten von Potentiometern . . . . .                           | 126        |
| Warum drei Anschlüsse? . . . . .                                | 126        |
| Zwei Arten von Potentiometern . . . . .                         | 127        |
| Unfertiges Potentiometer . . . . .                              | 127        |
| Verwickeltes Potentiometer . . . . .                            | 127        |
| Untersuchung einer Leuchtdiode . . . . .                        | 128        |
| Eine Füllstandsmessung . . . . .                                | 130        |
| <b>Potentiometer ersetzen . . . . .</b>                         | <b>130</b> |

## 6 Elektrische Leistung und Energie

|   |            |
|---|------------|
| <b>Die elektrische Leistung . . . . .</b>             | <b>132</b> |
| Die Rechenscheibe . . . . .                           | 134        |
| Leistung berechnen . . . . .                          | 135        |
| Leistungsmessung . . . . .                            | 135        |
| Leistungsmesser . . . . .                             | 136        |
| Kilowatt und PS . . . . .                             | 136        |
| Starker Backofen . . . . .                            | 136        |
| 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        |
| 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        |
| Energiemenge in einer Batterie . . . . .              | 150        |
| Warmes Ferienhaus . . . . .                           | 150        |
| Energiekosten für Internet . . . . .                  | 150        |
| Video: 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        |
| Swimmingpool . . . . .                                | 156        |
| Ein Kreuzworträtsel . . . . .                         | 158        |
| <b>Inhalte der QR-Codes . . . . .</b>                 | <b>159</b> |
| <b>Sachwortverzeichnis . . . . .</b>                  | <b>160</b> |

# 1 Die elektrische Spannung



# Die elektrische Spannung

10

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** ange- sammelt, 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

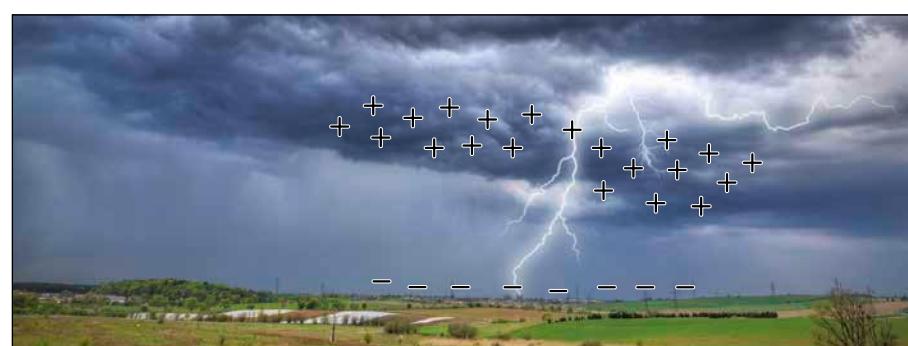


Bild 2: Ladungen in einem Gewitter

## 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. Ungleiche 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.

