

- ▶ **1866** – Das erste Telegrafenkabel über den Atlantik wird verlegt.
- ▶ **1877** – Thomas Alva Edison erfindet den Phonographen (Schallplattenspieler).
- ▶ **1880** – Thomas Alva Edison erhält das Patent auf die Glühlampe.
- ▶ **1882** – Lucien Gaulard und John Dixon Gibbs erhalten in London ein Patent für den Transformator.
- ▶ **1882** – Das erste Kraftwerk geht in New York ans Netz (Thomas Alva Edison).
- ▶ **1883** – Erasmus Kittler begründet an der TU Darmstadt den weltweit ersten Studiengang der Elektrotechnik.
- ▶ **1885** – Karoly Zipernowsky, Miksa Deri und Otto Titusz Blathy lassen den Transformator in Budapest patentieren.
- ▶ **1885** – Die Energieversorgung mithilfe von Hochspannung wird durch George Westinghouse erstmalig eingesetzt.
- ▶ **1886** – Heinrich Hertz weist experimentell die Maxwell-Gleichungen nach.
- ▶ **1888** – Nicola Tesla entwickelt die erste Zweiphasen-Synchronmaschine, eine spezielle Drehstrommaschine.
- ▶ **1891** – Die erste Drehstrom-Hochspannungsleitung wird zwischen Lauffen am Neckar und Frankfurt am Main in Betrieb genommen.
- ▶ **1896** – Alexander Popow führt eine drahtlose Signalübertragung über eine Entfernung von 250 m durch.
- ▶ **1897** – Ferdinand Braun erfindet die Kathodenstrahlröhre, nach ihm *Braun'sche Röhre* genannt.
- ▶ **1905** – John Ambrose Fleming erfindet die Diode in Röhrentechnologie.
- ▶ **1906** – Robert von Lieben und Lee De Forest entwickeln unabhängig voneinander die erste Verstärkerröhre.
- ▶ **1935** – Das erste reguläre Fernsehprogramm wird vom Berliner Funkturm ausgestrahlt.
- ▶ **1941** – Konrad Zuse stellt den ersten funktionsfähigen Computer, den Z3, fertig.
- ▶ **1947** – William B. Shockley, John Bardeen und Walter Brattain erfinden den Transistor.
- ▶ **1954** – Das erste Kernkraftwerk zur Stromerzeugung geht in Obninsk bei Moskau in Betrieb.
- ▶ **1958** – Jack Kilby entwickelt den ersten integrierten Schaltkreis.
- ▶ **1978** – Die Firma Philips erfindet die CD zur Datenspeicherung und **1982** die Audio-CD.
- ▶ **1985** – entwickeln Philips und Sony die CD-ROM.

1.3 Physikalische Größen und Grundbegriffe, mathematische Grundlagen

Wenn Sie nach einer Definition für *Elektrotechnik* suchen, werden Sie auf die unterschiedlichsten Formulierungen stoßen:

- ▶ die Lehre von der Konstruktion elektrischer Geräte und Maschinen
- ▶ die Lehre von der Energiegewinnung und -versorgung mit elektrischer Energie
- ▶ ein Zweig der Technik, der sich mit der technischen Anwendung der physikalischen Grundlagen und der Erkenntnisse der Elektrizitätslehre befasst.

Das trifft alles zu, aber ursprünglich ist die Elektrotechnik aus der Physik entstanden, und deshalb spielen physikalische Größen und Grundbegriffe auch in der Elektrotechnik eine wesentliche Rolle.

1.3.1 Kleiner Ausflug in die Physik

Die Physik besteht aus mehreren Teilgebieten. Zu ihnen zählen zum Beispiel Mechanik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre und Optik. Auch Wissenschaften wie die Chemie sind ursprünglich aus der Physik entstanden.

Mechanik

In der *Mechanik* geht es hauptsächlich um Kräfte, die auf irgendetwas einwirken und dadurch möglicherweise eine Bewegung verursachen. Die Mechanik wird grob in drei Teile gegliedert:

- ▶ die *Kinematik*, die Lehre von Bewegungen
- ▶ die *Dynamik*, die Lehre von beschleunigten Bewegungen unter dem Einfluss von Kräften
- ▶ die *Statik*, auch als die Lehre vom Gleichgewicht bezeichnet. Sie beschäftigt sich mit dem Einfluss von Kräften auf Körper, wobei die Kräfte aber keine Bewegungsänderung des Körpers hervorrufen.

Kinematik

Wenn sich ein Körper bewegt, hat er eine *Geschwindigkeit*. Das ist das, was wir im Allgemeinen unter Bewegung verstehen. Mit der Geschwindigkeit wird angegeben, in welcher Zeit der Körper eine bestimmte Strecke zurücklegt. Demnach spielen die Größen *Strecke* und *Zeit* in der Mechanik eine zentrale Rolle.

Die Grundeinheit, in der die Länge l einer Strecke angegeben wird, ist das *Meter* (m), und die Grundeinheit der Zeit t ist die *Sekunde* (s). Die Geschwindigkeit v ist ein Maß dafür, wie viele Meter ein Körper in einer Sekunde zurücklegt, also wie viel Strecke pro Zeit. Somit ist die Einheit der Geschwindigkeit $\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Um die Einheit einer Größe darzustellen, wird die Größe in eckigen Klammern geschrieben. Das heißt, wenn zum Beispiel die Einheit der Zeit t dargestellt werden soll, können Sie

$$[t] = \text{s}$$

schreiben. So sparen Sie sich die Arbeit, einen vollständigen Satz zu schreiben: Die Einheit der Zeit t ist s. Naturwissenschaftler sind nämlich in der Regel etwas schreibfaul.

Die Einheitenschreibweise ist sogar genormt und in der *DIN 1313* niedergeschrieben. Häufig findet man folgende Schreibweise vor: Zeit [s], die Einheit wird also in eckige Klammern gesetzt. Obwohl jedem klar ist, was damit gemeint ist, ist diese Schreibweise laut Norm nicht korrekt.

Die *Beschleunigung* a , also das Maß dafür, wie sehr sich eine Geschwindigkeit innerhalb eines Zeitraums verändert, ist ähnlich aufgebaut. Die Änderung der Geschwindigkeit pro Zeit, schreibt sich also:

$$[a] = \frac{\frac{\text{m}}{\text{s}}}{\text{s}} = \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Kinematik

Die beiden Grundeinheiten der Kinematik sind Meter (m) und Sekunde (s). Alle anderen Größen der Kinematik, wie z. B. Geschwindigkeit und Beschleunigung, sind aus diesen Grundeinheiten abgeleitet, das heißt zusammengesetzt.

Dynamik

Bei der *Dynamik* kommt der Begriff der *Kraft* zu dem hinzu, was Sie gerade gelernt haben. Isaac Newton hat 1687 in seinem Werk *Principia Mathematica* den Begriff der Kraft eingeführt und definiert.

Nach Newton ist die Kraft die Ursache für die Bewegungsänderung (genauer Geschwindigkeitsänderung) eines Körpers mit der *Masse* m . Das heißt, damit ein Körper seine Geschwindigkeit ändert, also beschleunigt wird, muss eine Kraft auf ihn ausgeübt werden. Je schwerer der Körper ist, umso größer muss die Kraft sein, damit er

bewegt werden kann. Das können Sie praktisch nachvollziehen, denn je schwerer ein Gegenstand ist, umso mehr Kraft benötigen Sie, um ihn anzuheben.

Die Masse m eines Körpers spielt also bei der Betrachtung der Kraft eine Rolle. Die Grundeinheit der Masse ist das *Kilogramm* (kg).

Newton hat die Kraft F als Masse mal Beschleunigung definiert. Als Formel erhalten Sie dann:

$$[1.1] \quad F = m \cdot a$$

wobei m die Masse und a die Beschleunigung darstellt.

Die Einheit der Kraft setzt sich also zusammen aus kg, m und s^2 , und zwar so:

$$[1.2] \quad [F] = [m] \cdot [a] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

Zu Ehren von Isaac Newton wird die Einheit der Kraft als *Newton* (N) bezeichnet. Somit gilt:

$$[1.3] \quad [F] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = \text{N}$$

Größe	Kürzel/Symbol	Einheit	Beschreibung
Strecke/Länge	s	m	Meter
Zeit	t	s	Sekunde
Masse	m	kg	Kilogramm

Tabelle 1.1 Die Grundgrößen der Mechanik

Vektorielle Größen

Die Größen Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft haben nicht nur einen *Betrag*, also einen Zahlenwert, sondern noch eine Eigenschaft: Sie haben eine *Richtung*.

Bei der Geschwindigkeit kommt es also nicht nur auf den Zahlenwert an, sondern auch darauf, in welche Richtung sich ein Körper bewegt. Das Gleiche gilt für die Beschleunigung. Gibt man Gas, so beschleunigt ein Auto in Fahrtrichtung, es wird also schneller. Die Beschleunigung gegen die Fahrtrichtung bezeichnet man als Bremsen. Die Geschwindigkeit wird geringer. Also spielt die Richtung eine wesentliche Rolle.

Größen, bei denen es auf die *Richtung* ankommt, werden als *vektorielle Größen* bezeichnet. Ein *Vektor* hat einen *Betrag* und eine Richtung. In einem Koordinatensystem lassen sich Vektoren als Pfeile darstellen. Die Länge des Pfeils gibt den Betrag an.

Die formale Darstellung einer vektoriellen Größe ist das Formelzeichen mit einem Pfeil: \vec{a}

Aber auch andere Kennzeichnungen, wie z. B. Kursivschreibweise, Fettdruck usw. können zur Darstellung einer vektoriellen Größe vereinbart werden. Es muss nur vorher geklärt sein, wie die Darstellung aussieht.

Skalare Größen

Bei *skalaren Größen* ist nur der Wert von Bedeutung, wie z. B. bei der Temperatur, denn die Temperatur hat keine Richtung.

Es gibt aber auch vektorielle Größen, bei denen die Richtung nicht interessiert, weil sie nicht von Belang ist. Ein Beispiel ist die Geschwindigkeit eines Autos, wenn es von einer Blitzanlage fotografiert wird. Auf dem Bußgeldbescheid steht nur »130 km/h statt 100 km/h«. Es geht also nur um den reinen Zahlenwert, den sogenannten *Betrag* der Größe.

Wenn im Folgenden von Beträgen die Rede ist, werde ich die Skalarschreibweise verwenden:

Betrag von $\vec{v} = |\vec{v}|$ oder kurz v

Alle anderen Größen und Einheiten der Mechanik sind sogenannte *abgeleitete Größen*. Sie werden aus den Grundgrößen kg, m und s zusammengesetzt. Ebenso verhält es sich mit deren Einheiten, die auch nur aus einer Zusammensetzung der drei Grundeinheiten bestehen. Die wichtigsten abgeleiteten Größen finden Sie in Tabelle 1.2.

Größe	Kürzel	Einheit			Formel
Fläche	A	m^2	Quadratmeter		
Volumen	V	m^3	Kubikmeter		
Geschwindigkeit (Durchschnitt)	v	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$			$v = \frac{s}{t}$
Beschleunigung (Durchschnitt)	a	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$			$a = \frac{v}{t}$
Dichte	ρ (rho)	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$			$\rho = \frac{m}{V}$