1 Grundlagen der Elektrotechnik

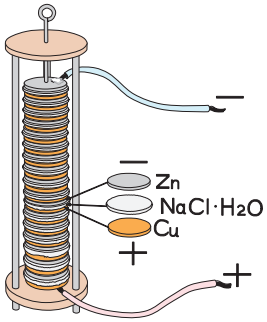
1.1 Elektrizität in Natur und Technik

Natürliche elektrische Erscheinungen wie z. B. Blitze üben auf Menschen immer noch eine faszinierende Wirkung aus (Abb. 2). Blitze sind aber auch aufgrund ihrer zerstörenden Wirkung bedrohlich. Wir sprechen dabei von elektrischen **Entladungen** [discharges]. Künstliche elektrische Erscheinungen sind seit langem bekannt. Bereits im Griechenland des Altertums wusste man, dass durch einen mit einem Tuch geriebenen Bernstein leichte Stoffe, wie z. B. Haare, Federn oder Fasern, angezogen werden können. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts erstreckten sich diese Versuche mit der **Reibungselektrizität** [triboelectricity] allerdings nur auf schaustellerische Darstellungen – häufig in den Salons der „feinen" Gesellschaft.

Daneben kam es aber auch zu ernsthaften Untersuchungen elektrischer Phänomene, die der Mensch zwar nicht direkt wahrnehmen, aber seine Auswirkungen erkennen konnte. Ende des 18. Jahrhunderts entdeckte z. B. der italienische Physiker **Alessandro Volta** (1745 – 1827, Abb. 1), dass man elektrische Vorgänge nicht nur durch Reibungselektrizität hervorrufen kann. Es war die „Geburtsstunde" der heute weit verbreiteten elektrochemischen Elektrizitätsquellen, ohne die unsere mobilen Geräte, wie Handy oder Laptop, nicht einsatzfähig wären.

In einem Brief an die Londoner Royal Society beschrieb Volta am 20. März 1800 seine Erfindung. Sie bestand aus einer Säule, in der sich wechselweise übereinander geschichtete Kupfer- und Zinkplatten befanden. Sie waren durch in Säure getränkte Tuchscheiben getrennt (Voltaische Säule, Abb. 1). Es handelte sich hierbei um eine erste brauchbare Elektrizitätsquelle, die einen stetig fließenden Strom abgeben konnte. Ihm zu Ehren wird heute die Einheit der elektrischen Spannung in **Volt** [volt] angegeben.

Zahlreiche Wissenschaftler haben die Kenntnisse über elektrische Vorgänge weiterentwickelt, sodass heute die elektrische Energie entscheidend für unser durch Technik geprägtes Leben geworden ist.

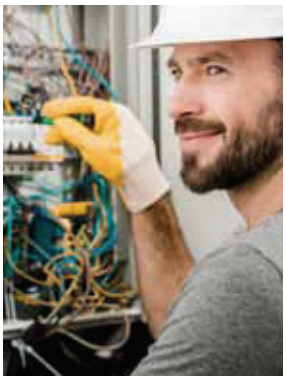


1: Alessandro Volta und Voltaische Säule

2: Elektrische Erscheinungen

In Elektrizitätswerken entstehen durch Umwandlungen große Energiemengen, die über Hochspannungsleitungen (Abb. 2) verteilt werden. Diese Energie wird benutzt, um Kräfte, Licht und Wärme zu erzeugen (genauer durch Umwandlung). Sie wird aber auch eingesetzt, um mit ihr über weite Strecken zu kommunizieren und Informationen zu verarbeiten. Die Größenordnung der dabei eingesetzten elektrischen Energie erstreckt sich beispielsweise über einen Zahlenbereich von 10^6 Watt (Kraftwerk) bis 10^{-6} Watt (Mikrocomputer).

Um die mit der Elektrizität verbunden Techniken und Gefahren beherrschen zu können, sind zahlreiche Berufe entstanden. Sie mussten sich immer der jeweiligen technischen Entwicklung anpassen (Abb. 3). Berufsbezeichnungen entstanden wie z. B. die der heutigen Elektronikfachkräfte. Viele Aufgabenbereiche sind im Laufe der Zeit verschwunden, andere hinzugekommen. Im beruflichen Alltag setzen diese Fachkräfte ihr fundiertes Wissen zur Beratung, Installation und Reparatur gezielt ein (**Handlungskompetenz**). Erlangt haben sie dieses Wissen während der betrieblichen und schulischen Ausbildung. Wichtiges Hilfsmittel war dabei immer ein gutes Fachbuch.



3: Berufe im Wandel

2 Elektrische Installationen

2.1 Gefahren durch elektrischen Strom

Tod auf Gartenparty

… Auf einer Gartenparty stellte ein Jugendlicher eine Stehleuchte neben den Gartentisch. Über eine Verlängerungsleitung wurde die Lampe an das Netz angeschlossen. Als er die Lampe näher an den Tisch stellte und einschaltete, fiel er tot zu Boden. …

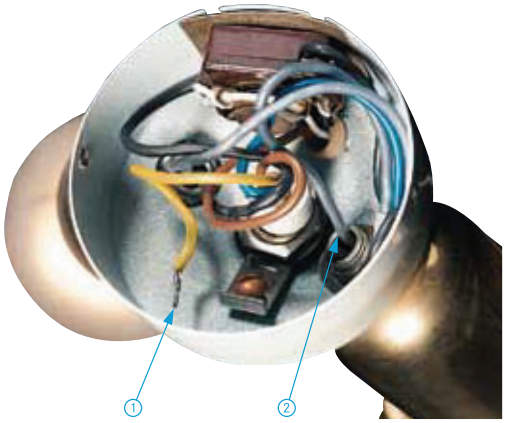
Was war die Ursache des Stromunfalls?

Zur Erforschung der Ursache wurden der Gehäusefuß der Leuchte aufgeschraubt und die Anschlüsse untersucht (Abb. 4).

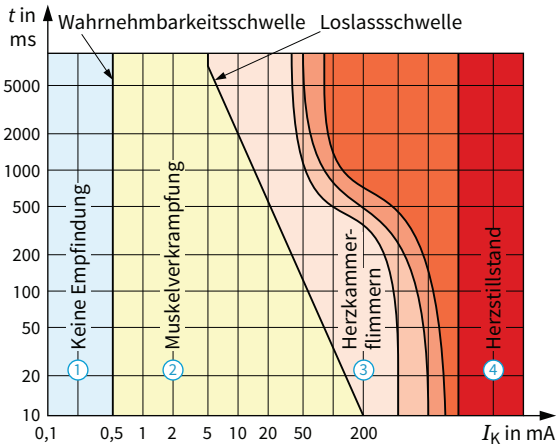
- Der grün-gelbe Leiter ① war nicht mehr angeschlossen. Er hatte sich von der bronzefarbenen Schraube am Metallgehäuse gelöst. Der Leiter ist der **Schutzleiter** [protective earth conductor] für elektrische Geräte. Die Schutzfunktion war somit nicht mehr gewährleistet.
- Die Isolierung der zur Lampenfassung führenden Leitung ist beschädigt ②. Es bestand zwischen diesem Leiter und dem Metallgehäuse zeitweilig ein Kontakt, sodass bei eingeschalteter Lampe die Spannung von 230 V an den Metallteilen der Leuchte lag. Berührt jetzt ein Mensch das Gehäuse, fließt Strom durch den menschlichen Körper.

Welche Auswirkungen hat der elektrische Strom?

Die Steuerung des menschlichen Körpers erfolgt durch körpereigene elektrische Signale. Wenn wir z. B. unsere Hand bewegen wollen, sendet das Gehirn Impulse an die Muskulatur der Hand. Fließt bei einem **Stromunfall** [electric accident] zusätzlich ein Fremdstrom durch den Körper, überlagern sich die Ströme und es kommt zu besonderen Wahrnehmungen und unterschiedlichen Körperreaktionen.



4: Fehler in einer Leuchte



5: Auswirkungen des Wechselstromes auf den Menschen bei 50 Hz

Was sind physiologische Wirkungen?

Die Haupteinflussgrößen sind Stromstärke I_K und Einwirkungsdauer t. Im Diagramm der Abb. 5 sind beide Größen mit den jeweiligen Auswirkungen dargestellt.

- Stromstärken < 0,5 mA machen sich als leichtes Kribbeln bemerkbar (Abb. 5 ①). Bei längerer Einwirkungszeit besteht die Gefahr von gesundheitlichen Schäden.
- Stromstärken > 0,5 mA können dazu führen, dass sich Muskeln unkontrolliert zusammenziehen (Abb. 5 ②). Es kommt zu **Verkrampfungen** und metallische Gegenstände können durch den eigenen Willen mitunter nicht mehr losgelassen werden. Hilfe von außen ist unbedingt erforderlich.
  Beispiele: Sofort Spannung abschalten! Mit einem isolierten Gegenstand den Verunglückten von einer isolierten Position aus bergen.
- Stromstärken ab etwa 30 mA können zu **Herzkammerflimmern** [ventricular fibrillation] (Abb. 5 ③, rasende Herztätigkeit) mit anschließendem Herzstillstand ④ führen. Dabei können an der Berührungsstelle **Verbrennungen** auftreten.

Die hier beschriebenen Auswirkungen sind statistische Angaben. Sie hängen außerdem ab von
- dem Körperaufbau (Masse),
- der Hautbeschaffenheit (feuchte oder trockene Hände) und
- der körperlichen Verfassung der Person.

Auch kurzzeitige Stromeinwirkungen können negative Folgen haben, z. B. ein Sturz von der Leiter. Ebenso sind längere Einwirkungszeiten bei geringen Stromstärken gefährlich, denn der elektrische Strom zersetzt die Zellflüssigkeit (Vergiftungsgefahr).

- Vorsicht beim Arbeiten an elektrischen Geräten und in elektrischen Anlagen!
  Sicherheitsregeln sind zu beachten.

3 Steuerungstechnik

3.1 Steuerungsprinzip

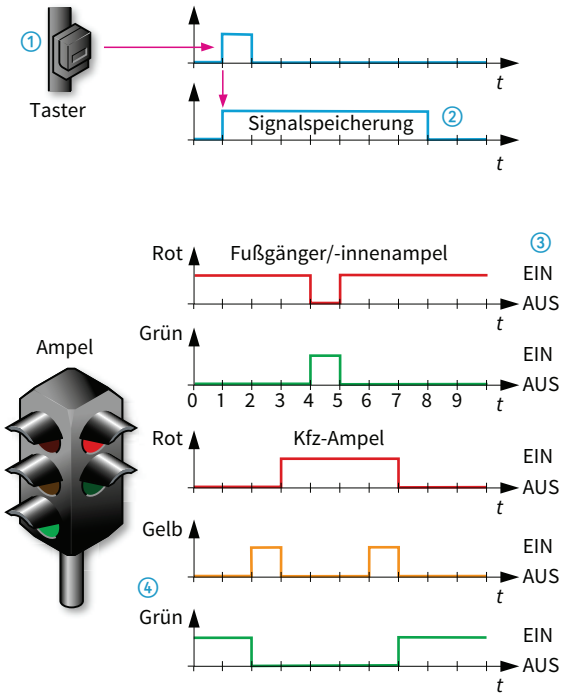
3.1.1 Steuern

Durch Steuern [open loop control] wird der Ablauf eines Prozesses bzw. der Arbeitsablauf eines Gerätes verändert. Mithilfe der Eingangsgröße wird eine Ausgangsgröße beeinflusst. Als Einführungsbeispiel dient die vereinfachte Steuerung einer Ampel für Fußgänger/-innen (Abb. 3). Mit ihr sollen grundlegende Merkmale von Steuerungen sowie Fachbegriffe erarbeitet werden.

Wenn Fußgänger die Straße gefahrlos überqueren wollen, betätigen sie einen Taster (Handbetätigung ①). Das ausgelöste Signal führt dazu, dass in einer zeitlichen Reihenfolge bestimmte Lampen ein- bzw. ausgeschaltet werden (**zeitgeführte Ablaufsteuerung** [time-controlled sequence control system]).

Die zeitlichen Abläufe der Schaltzustände (EIN und AUS) der einzelnen Lampen lassen sich in Zeitablaufdiagrammen (Abb. 3) darstellen. Damit die Zusammenhänge und gegenseitigen Abhängigkeiten deutlich werden, sind die Diagramme untereinander gezeichnet und in Zeitabschnitte unterteilt worden.

Die Steuerung wird durch die mechanische Betätigung ① eines Tasters ausgelöst, sie wird „geführt". Das dabei erzeugte Signal (Steuersignal) wird deshalb als **Führungsgröße *w*** [reference variable] bezeichnet. Das Signal bleibt bis zum Ende des Steuerungsvorgangs gespeichert ②.



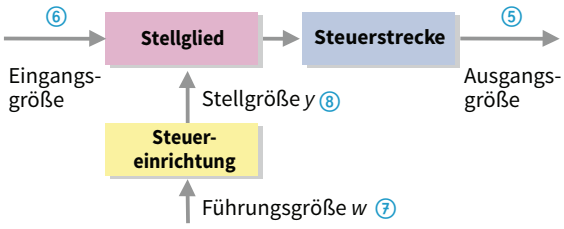
3: Ampelsteuerung

Bei der Ampelanlage wird elektrische Energie über elektrische Schaltungen (**Stellglieder** [final controlling elements]) den einzelnen Lampen zugeführt. Die Energie wird dabei geschaltet. Die Zustände der Lampen werden auf diese Weise gesteuert und man kann die Lampen als **Steuerstrecken** [controlled systems] bezeichnen. Da nur die zwei Zustände EIN oder AUS möglich sind ③, können mechanische Schalter (Schütze, Relais) oder elektronische Schalter (z. B. Thyristor, Triac) zur Steuerung verwendet werden.

Die Ampelanlage erzeugt fünf unterschiedliche Lichtsignale (fünf Lampen) ④. Sie sind die Ausgangsgrößen der Steuerung. Die elektrische Energie ist dabei die Eingangsgröße für die Steuerung. Es kommt zu einer Umwandlung der elektrischen Energie in Lichtsignale.

Das am Beispiel der Ampelsteuerung verdeutlichte Steuerungsprinzip ist in Abb. 4 in allgemeiner Form als **Steuerkette** [open control loop] dargestellt. An ihr sind folgende allgemeine Prinzipien einer Steuerung erkennbar:

- Die Ausgangsgröße ⑤ der Steuerstrecke wird durch eine Eingangsgröße ⑥ beeinflusst.
- Die Beeinflussung erfolgt durch ein Stellglied.
- Wie die Beeinflussung erfolgen soll, wird durch die Führungsgröße *w* ⑦ festgelegt.
- Die Führungsgröße *w* wird durch eine **Steuereinrichtung** [controlling system] so verändert, dass sie als **Stellgröße *y*** [manipulated variable] auf das Stellglied einwirken kann ⑧.
- Bei der Steuerung gibt es keine Rückwirkung der Ausgangsgröße auf die Eingangsgröße. Es handelt sich um einen **offenen Wirkungsweg** [open action path].



4: Steuerungsprinzip

- Eine Steuerkette besteht aus einer Steuereinrichtung, einem Stellglied und einer Steuerstrecke.
- In der Steuereinrichtung wird die Führungsgröße *w* verarbeitet und am Ausgang eine Stellgröße *y* zur Beeinflussung des Stellgliedes abgegeben.
- Mit dem Stellglied wird der Zustand der Steuerstrecke beeinflusst.
- Steuerungen sind offene Wirkungsketten (keine Rückwirkung).

4 Informationstechnik

4.1 Nachricht, Information und Kommunikation

In allen Bereichen der Gesellschaft und Technik werden Nachrichten [messages] empfangen, verarbeitet und weitergegeben. Sie fließen von der Nachrichtenquelle zur Nachrichtensenke (Abb. 4). Eine Nachricht ist jede Art von Mitteilung. Sie wird erst beim Empfänger zur **Information** [information], wenn dieser die syntaktischen (z. B. Zeichenart, Zeichenfolge) und semantischen (z. B. Bedeutung der Zeichen) Aspekte der Nachricht erkennt. Die Information ist also in der Nachricht eingebettet und somit der wesentliche Bestandteil der Nachricht. Umgangssprachlich werden diese Begriffe häufig nicht unterschieden.

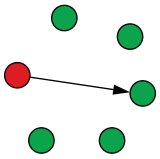
4: Modell einer Nachrichtenübertragung

Zur Bewältigung verschiedenartiger Aufgaben im Bereich der Nachrichtenübertragung werden unterschiedliche Systeme eingesetzt. Sie werden benutzt, um Informationen aufzunehmen und auszugeben. Informationen werden aber auch bearbeitet, gespeichert und klassifiziert. Sie liegen dabei in sprachlicher Form, als Texte, in Form von Bildern, als Videosequenzen oder in verknüpfter Form vor (Multimedia).

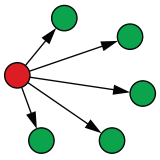
Die Systeme zur Nachrichtenübertragung können durch Menschen bedient werden oder sie arbeiten vollautomatisch. Dabei kommt es zwischen den Systemen zu einem Datenaustausch, der als **Kommunikation** [communication] bezeichnet werden kann.

Kommunikationsformen

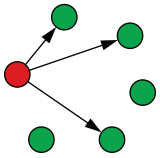
- **Unicast-Verbindung (Punkt-zu-Punkt):**
  Eine Nachricht erreicht von einem Sender einen einzigen Empfänger (Einzelverbindung mit einem einzigen Ziel).



- **Broadcast-Verbindung (Mehrpunkt):**
  Es handelt sich um eine allgemeine Ausstrahlung (Sendung). Eine Nachricht wird gesendet und richtet sich an mehrere Teilnehmer. Die Nachricht muss nicht zwangsweise verwertet werden.



- **Multicast-Verbindung (Punkt-zu-Gruppe):**
  Die gesendete Nachricht wird von mehreren Empfängern gleichzeitig aufgenommen und verwertet (Gruppenruf, Mehrpunktverbindung).

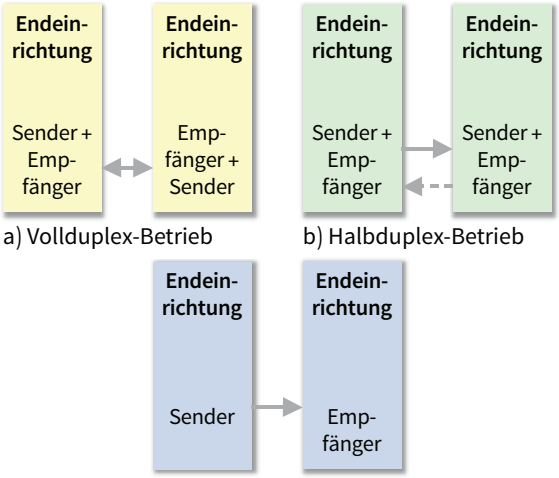


Im Bereich der Kommunikation werden drei **Betriebsarten** unterschieden.

Beim **Gegenbetrieb** (**Vollduplex-Betrieb** [full duplex operation], Abb. 5a) sind die Partner bezogen auf den Kommunikationsprozess gleichwertig. Jede Endeinrichtung muss über eine entsprechende Sende- und Empfangseinrichtung verfügen. Außerdem muss die Übertragungsstrecke für diese **bidirektionale** [bidirectional] und simultane Kommunikation geeignet sein (z. B. beim Telefongespräch).

Beim **Wechselbetrieb** (**Halbduplex-Betrieb** [half duplex operation]) können die Kommunikationspartner abwechselnd (**alternierend** [alternating]) die Rolle des Senders oder Empfängers übernehmen (Abb. 5b), sodass ein Dialogverkehr zwischen zwei Partnern (z. B. Mensch-Mensch, Mensch-Maschine) möglich wird. Jede Endeinrichtung muss in diesem Fall über Sende- und Empfangseinrichtungen verfügen. Die Übertragungsstrecke muss **bidirektional** [bidirectional] betreibbar sein (z. B. Kommunikation im Internet).

Beim **Richtungsbetrieb** (**Simplex-Betrieb** [simplex operation]) erfolgt die Übertragung nur in eine Richtung (**unidirektional** [unidirectional]). Es gibt keine Möglichkeit, die Informationen vom Empfänger zum Sender zu transportieren (Abb. 5c, z. B. **Verteilkommunikation** von Rundfunk- und Fernsehsendungen).



5: Betriebsarten der Kommunikation

Der Austausch von Daten zwischen einzelnen Systemen spielt eine wichtige Rolle. Die dabei verwendeten Geräte und Anlagen können sehr unterschiedlich sein. Als Datenquelle kann z. B. das Mikrofon im Telefon oder die Eingabetastatur eines Rechners dienen. Ebenso verschiedenartig können die Geräte auf der Empfängerseite (Datensenke) ausfallen. Verwendet werden als Ausgabegeräte z. B. Drucker, Kopiergeräte, Lautsprecher oder Monitore.