

## 3 Grundlagen der Sicherheit elektrischer Geräte

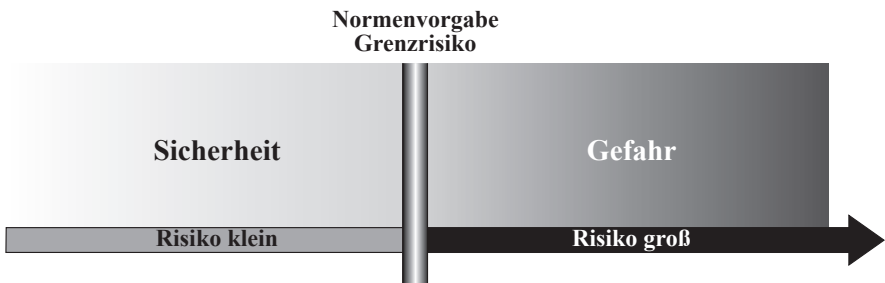
### 3.1 Grundbegriffe

Mit dem Anwenden der elektrischen Energie kommt es zwangsläufig zur Gefährdung von Personen, Nutztieren und Sachen. Es muss somit das Ziel der Elektrotechniker sein, alle elektrotechnischen Anlagen und Betriebsmittel/Geräte so zu gestalten, dass ihr gefahrloser Gebrauch möglich ist. Viele Erfahrungen aus dem täglichen Leben und in der Technik zeigen aber, dass es keine absolute Sicherheit geben kann. Notwendig ist daher, das verbleibende Risiko auf ein vertretbares geringes Maß zu reduzieren. In technischen Regeln wie den DIN-VDE-Normen werden Schutzmaßnahmen genannt, die zum Erreichen der gewünschten Sicherheit und eines vertretbaren Risikos geeignet sind und deren Anwendung ggf. vorgeschrieben wird.

Beim Betrachten der Anwendung eines elektrischen Geräts sind grundsätzlich zwei gegensätzliche Betriebszustände zu erkennen, die mit

- „sicher“ oder
- „nicht sicher“ oder „gefährlich“/„Gefahr“

bezeichnet werden. Die Grenze zwischen beiden wird durch das sog. Grenzkrisiko bestimmt (**Bild 3.1**). Die Größe des im jeweiligen Fall als noch zulässig betrachteten Risikos ist das Ergebnis einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung. Man zieht dabei die Häufigkeit oder Wahrscheinlichkeit eines Schadensereignisses, d. h. eines Unfalls oder Sachschadens sowie das vermutete Schadensausmaß (Leben, Gesundheit, Sachwerte) in Betracht.



**Bild 3.1** Darstellung zur Erläuterung der Begriffe Sicherheit, Gefahr und Risiko

Das **Grenzrisiko** ist das größte noch vertretbare Risiko. Es lässt sich nicht zahlen- oder mengenmäßig angeben, sondern ist indirekt ablesbar aus den sicherheitstechnischen Festlegungen und Anforderungen, die von den damit beauftragten Fachleuten, z. B. die Mitglieder der Komitees der DKE und anderer Gremien, zu formulieren sind.

**Merke!** Die **Vorgaben der Normen** beschreiben das gerade noch akzeptable **Grenzrisiko!** Nicht den anzustrebenden Idealzustand!

**Merke!** Ein elektrisches Erzeugnis, bei dem das Grenzrisiko gerade noch unterschritten wird, befindet sich nicht im Idealzustand, hat Mängel, die der Prüfer zu bewerten hat, bevor er über die **Sicherheit** entscheidet!

Beispiel: Beim Berührungsstrom beträgt der **Grenzwert (Grenzrisiko)** 0,5 mA. Gemessen werden 0,4 mA. Das Erzeugnis ist also – nach der Norm – noch sicher genug und darf freigegeben werden. Es hat aber – **die Isolierung lässt einen (kleinen) Ableit-/Berührungsstrom zu** – einen noch unbekanntes (kleinen?) Mangel.

**Was ist zu tun?** (H 5.05)

**Sicherheit** beschreibt somit einen Zustand oder eine Sachlage, bei der das Risiko kleiner bzw. nicht größer ist als das Grenzrisiko.

**Gefahr** bezeichnet im Gegensatz dazu einen Zustand, bei dem das Risiko größer als das Grenzrisiko ist.

Der Zustand „Gefahr“ darf bei technischen Erzeugnissen nicht auftreten. Das Risiko des Entstehens einer Gefahr muss durch eine sicherheitsgerechte Gestaltung des Erzeugnisses und ggf. durch Schutzmaßnahmen zumindest bis zum Grenzrisiko vermindert werden. Wie Bild 3.1 zeigt, kann man aber auch im Zustand der **Sicherheit** ein Schadensrisiko für den Betreiber/Benutzer z. B. eines Geräts durch Schutzmaßnahmen nicht ausschließen, sondern nur verringern. Die Festlegung des Grenzrisikos ist somit nicht Diktat der technischen Fachleute, sondern gesellschaftspolitische Aufgabe. Sie kann von den Fachleuten nur beeinflusst werden, indem sie die allgemein anerkannten Erfahrungen von Technik und Wissenschaft in die Überlegungen einbringen. Das Berücksichtigen des akzeptierten Grenzrisikos garantiert dem Benutzer elektrischer Geräte nach bisher gültiger Erfahrung ausreichende Sicherheit bei bestimmungsgemäßem Gebrauch und bis zu einem bestimmten notwendigen Grad auch bei unsachgemäßer oder sorgloser Handhabung.

Für jeden Gerätetyp muss nun im Zusammenhang mit seiner Entwicklung/Herstellung durch eine **Gefährdungsanalyse** bestimmt werden,

- welche Gefahren bei seiner Anwendung auftreten können und
- welche Schutzmaßnahmen anzuwenden sind, um die erforderliche Sicherheit zu gewährleisten.

In gleicher Weise hat der Anwender/Betreiber dieser Geräte durch eine **Gefährdungsbeurteilung** (Bild 2.3) festzustellen,

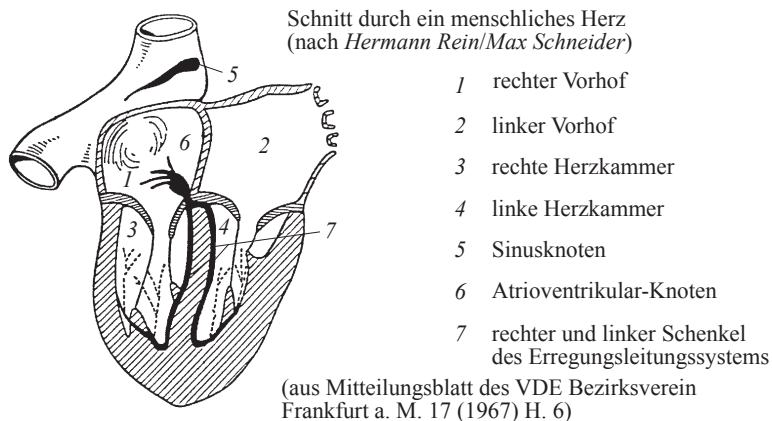
- welche Gefährdungen unter den jeweiligen Einsatzbedingungen auftreten,
- ob die vorgesehenen Schutzmaßnahmen wirksam werden,
- ob weitere technische Maßnahmen oder Verhaltensanforderungen erforderlich sind und
- in welchem zeitlichen Abstand (Prüfturnus) eine erneute Beurteilung (Prüfung) erfolgen soll (siehe Kapitel 2.2).

### 3.2 Gefahren durch die Elektrizität, erforderliche Sicherheit

Gefährliche Besonderheiten beim Anwenden der elektrischen Energie durch den Menschen sind

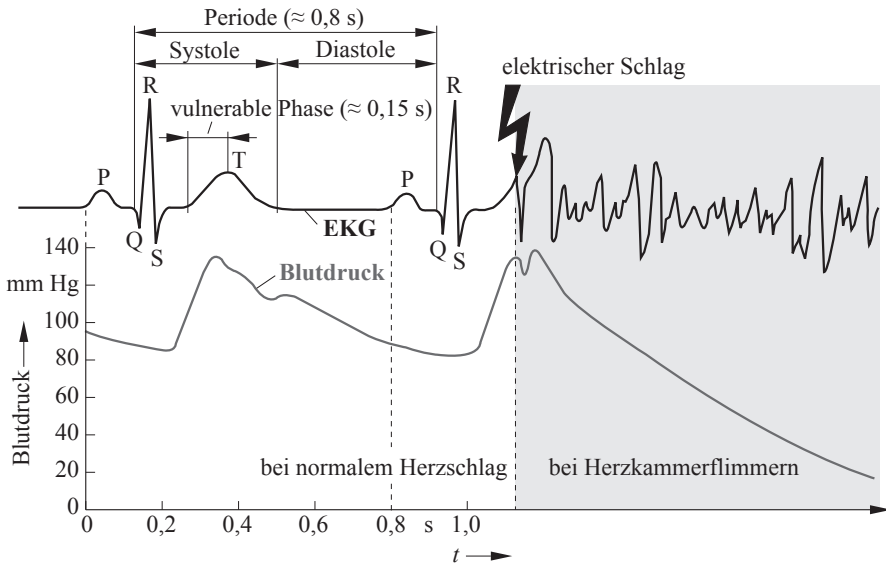
- seine hohe Empfindlichkeit gegenüber einer elektrischen Durchströmung des Körpers,
- das Fehlen eines Sinnesorgans für das Wahrnehmen der Elektrizität bzw. der unter Spannung stehenden Teile und
- die Möglichkeit hoher Energiekonzentration in elektrischen Erzeugnissen, z. B. im Kurzschlussfall.

Der menschliche Körper erzeugt im Nervensystem Spannungsimpulse bis 100 mV. Diese bewirken entsprechende Ströme durch die Muskulatur. Die Muskeln werden hierdurch zu Tätigkeiten angeregt, mit denen alle Bewegungsabläufe gesteuert werden, u. a. auch die Herzstätigkeit. Werden Muskel- oder Organfunktionen von unzulässig hohen Fremdströmen beeinflusst, so sind die natürlichen Abläufe gestört. Muskelverkrampfung oder Atemlähmung können die Folge sein.



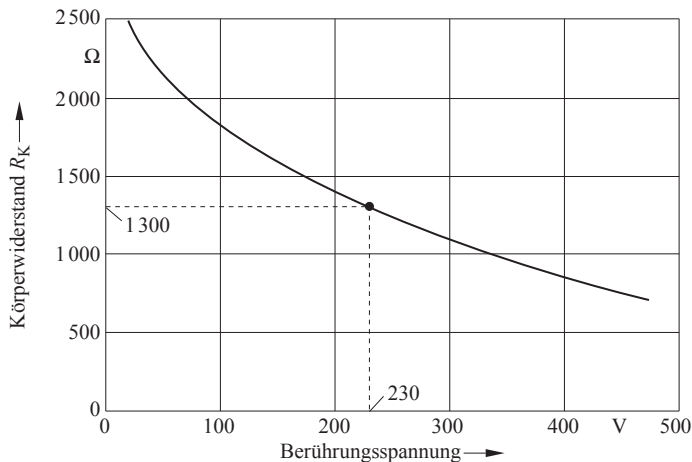
**Bild 3.2** Das menschliche Herz im Schnitt

Im Herzmuskel sind Spannungserzeugung und Muskelkontraktion gemeinsam wirksam, gesteuert vom sog. Sinusknoten, der sich direkt im Herzen befindet (**Bild 3.2**). Dieser sendet periodische Spannungsimpulse aus, wodurch das Herz etwa 75 mal pro Minute zum rhythmischen Schlagen angeregt wird. Fremdströme, die bei einem Elektrounfall das Herz durchströmen und erheblich größer sind als die Erregerströme bei normaler Herzrhythmickeit, stören das abgestimmte Arbeiten der Herzkammern (Herzkammerflimmern) oder bringen das Herz ganz zum Stillstand. Beides führt zum Zusammenbruch des Blutdrucks und unterbricht die Sauerstoffversorgung wichtiger Organe, insbesondere des Gehirns. Dadurch entstehen nach sehr kurzer Zeit irreparable Hirnschäden und im weiteren Verlauf der Hirntod, wenn es nicht gelingt, die Herzrhythmickeit wiederherzustellen (Herzmassage, Defibrillation). Im **Bild 3.3** ist der Verlauf eines normalen Steuerimpulses (EKG) und des Herzkammerflimmerns nach einem elektrischen Schlag dargestellt.



**Bild 3.3** Blutdruck und EKG des menschlichen Herzens im Normalfall und bei einem elektrischen Schlag (H 8.05) – Systole: Kontraktionsphase der Herzperiode, Diastole: Erschlaffungsphase der Herzperiode

Der Körperstrom bei einem elektrischen Schlag ist abhängig von der am Körper anliegenden Spannung (Berührungsspannung) und dem Körperwiderstand. Letzterer wiederum hängt ab von der bei einer Durchströmung entstehenden Berührungsspannung (Spannungsfall am Körper) (**Bild 3.4**) und der Strombahn durch den Körper (**Tabelle 3.1**). Die physiologischen Wirkungen verschiedener Wechselstromstärken



**Bild 3.4** Prinzipieller Zusammenhang zwischen dem Körperwiderstand des Menschen und der anliegenden Berührungsspannung

sind in **Tabelle 3.2** angegeben. Diese Betrachtungen führen zu dem Schluss, dass der typische Niederspannungsunfall, also auch eine elektrische Durchströmung beim unsachgemäßen Umgang mit den in diesem Buch betrachteten elektrischen Geräten, zum Herzkammerflimmern führen kann. Damit wird auch die mögliche Gefährdung für den Betreiber/Benutzer der elektrischen Geräte und das prüfende Fachpersonal beschrieben, die zu berücksichtigen und – soweit erforderlich oder möglich – abzuwenden ist. Weitere Betrachtungen der Wirkungen des elektrischen Stroms auf den menschlichen Organismus durch höhere Stromstärken sollen hier nicht erfolgen. Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag im angesprochenen Spannungsbereich bis 1 000 V dienen dem Vermeiden der beschriebenen Schädigungen und bewirken in ihrer Gesamtheit die elektrische Sicherheit mit einem verbleibenden Restrisiko. Prüfungen wiederum sichern die Funktion dieser Schutzmaßnahmen, sie werden in den folgenden Abschnitten dieses Buchs ausführlich behandelt.

Stromweg	Körperwiderstand in $\Omega$
Hand – Hand oder Hand – Fuß	1 000
Hand – Füße	750
Hände – Füße	500
Hand – Brust	450
Hände – Brust	230
Hände – Gesäß	300

**Tabelle 3.1** Körperwiderstände in Abhängigkeit vom Stromweg