

Sichere Anlagen – Schutz gegen elektrischen Schlag

Teil 1: Grundsätzliche Aufgabe Sicherheit

H. Zander, Berlin

Für die Anwendung der im Juni 2007 neu erschienenen DIN VDE 0100-410 [1] wurde eine Übergangsfrist bis zum 1. Februar 2009 zugestanden, die inzwischen abgelaufen ist. Nun gilt die neue Fassung uneingeschränkt für die Auswahl und Anwendung von Schutzmaßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag. In dieser dreiteiligen Beitragsserie werden die der Norm zugrunde liegenden Schutzkonzepte und Schutzziele erläutert und praktische Hinweise zur Anwendung der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung“ gegeben.

1 Verbindlichkeit

Wer sich mit der Planung und Errichtung von elektrischen Anlagen sowie mit der damit verbundenen Auswahl und Errichtung von elektrischen Betriebsmitteln befasst, stellt sich auch die Frage nach deren Sicherheit oder umgekehrt nach den Gefahren, die von einer elektrischen Anlage möglicherweise für den Nutzer, Betreiber oder die Umgebung ausgehen können. Diese Überlegungen führen zur Anwendung geeigneter Schutzmaßnahmen. Die Maßnahmen zum Schutz von Personen gegen die Gefahren des elektrischen Stroms – kurz: „Schutz gegen elektrischen Schlag“ – beschreibt seit vielen Jahren die Norm DIN VDE 0100-410. Deren neueste Ausgabe erschien im Juni 2007 und nach dem Ablauf der Übergangsfrist zum 1. Februar 2009 ist die Norm für die Anwendung verbindlich.

2 Begriffe der Sicherheitstechnik

Um das Konzept verstehen zu können, das hinter der Auswahl und der Anwendung von Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag gemäß der DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 [1] steht, sollen zunächst einige allgemeine Betrachtungen zu den Begriffen Gefahr, Sicherheit und Risiko angestellt werden.

Die grundsätzliche Aufgabe der Sicherheitstechnik ist es, ein Risiko für eine technische Einrichtung, ein System oder einen Prozess zu definieren, das die Grenze zwischen den Sachlagen „Gefahr“ und „Sicherheit“ markiert. Diese Grenze zwischen „Sicherheit“

und „Gefahr“ wird als „Grenzrisiko“ bezeichnet. Sie stellt zugleich das höchste vertretbare Risiko dar – also eine Sachlage, die gerade noch als „Sicherheit“ bezeichnet werden kann. Die genannten Begriffe sind wie folgt definiert:

- **Sicherheit** ist eine Sachlage, bei der das Risiko kleiner ist als das Grenzrisiko.
- **Risiko** ist eine Wahrscheinlichkeitsaussage in Bezug auf den Eintritt eines Schadensereignisses und gegebenenfalls in Bezug auf seine Schadenshöhe. (Anmerkung: Bei Betrachtungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag ist dieser Eintritt des Schadensereignisses das Auftreten von Herzkammerflimmern.)

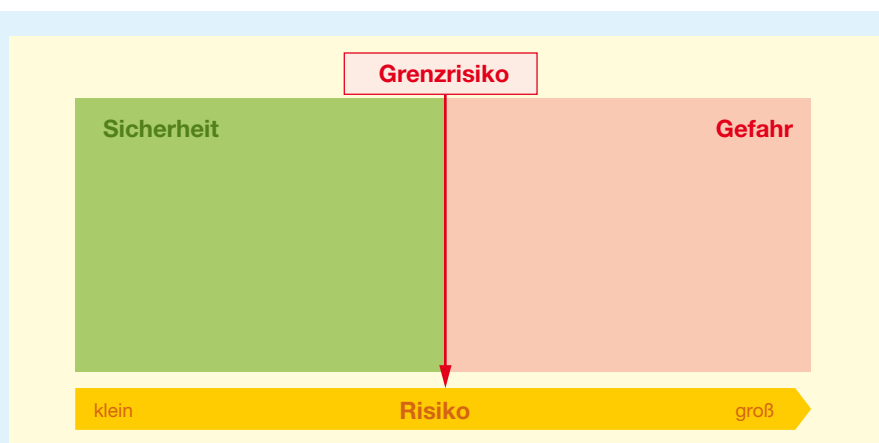
• **Grenzrisiko** ist das größte noch vertretbare Risiko, also die Grenze zwischen Sicherheit und Gefahr. (Anmerkung: Für sicherheitstechnische Betrachtungen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel definieren wir hinsichtlich des Schutzes gegen elektrischen Schlag das Auftreten von Herzkammerflimmern aufgrund einer elektrischen Durchströmung des menschlichen Körpers als Grenzrisiko.)

- **Gefahr** ist eine Sachlage, bei der das Risiko größer ist als das Grenzrisiko.

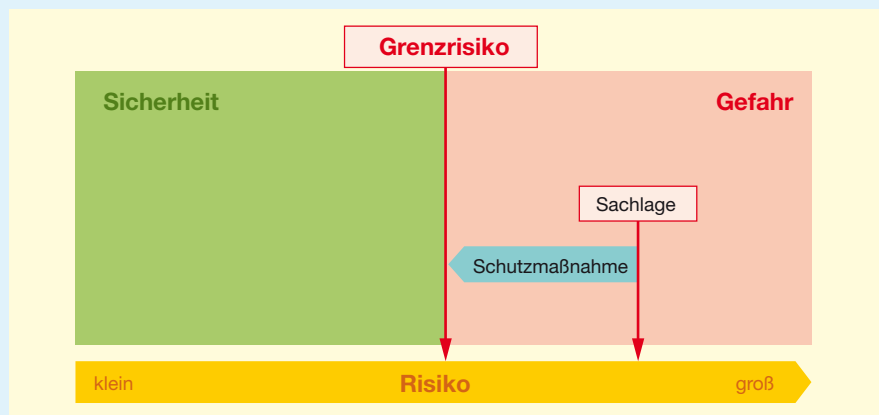
Die vier Grundbegriffe der Sicherheitstechnik sowie ihre Zusammenhänge untereinander zeigt das Bild 1.

2.1 Gefahrenzustände und Schutzmaßnahmen

Falls in technischen Einrichtungen, Systemen oder Prozessen Zustände auftreten können, deren einschätzbare Risiken größer als das Grenzrisiko sind, so sind diese Zustände als „Gefahrenzustände“ zu betrachten, weil die definierte Grenze zur Sachlage „Sicherheit“ überschritten wurde.



1 Veranschaulichung der Grundbegriffe aus der Sicherheitstechnik

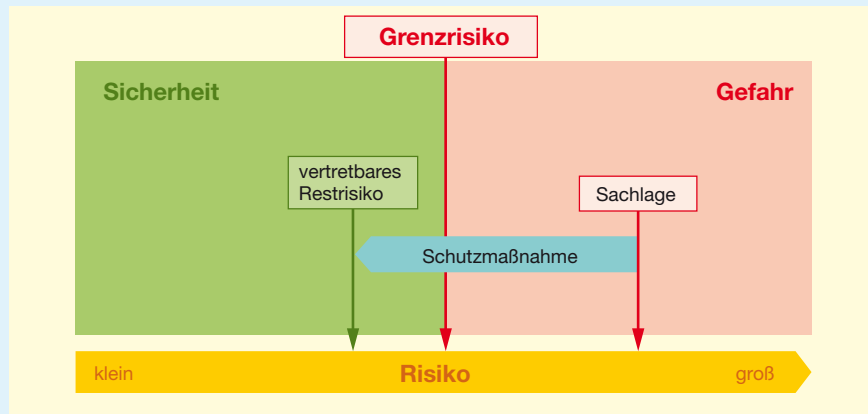


2 Erreichen des Grenzrisikos durch Anwendung einer Schutzmaßnahme

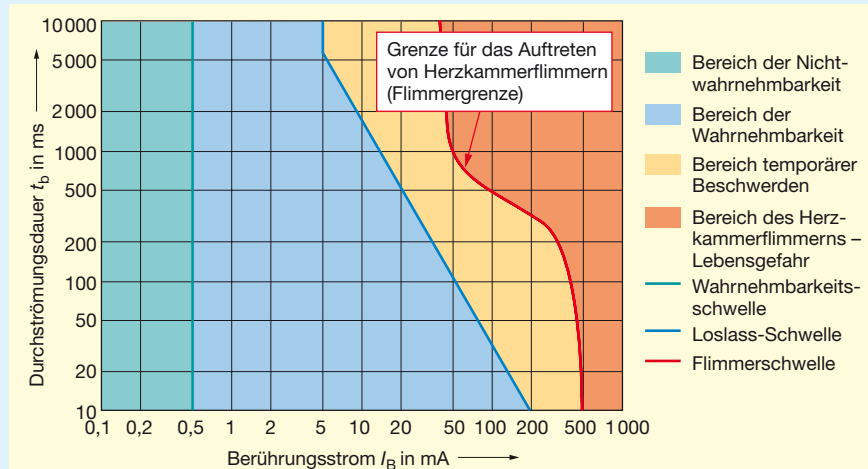
Autor

Dipl.-Ing. Hartmut Zander ist Mitarbeiter der HEA – Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V., Berlin.

Mit einer intelligenten Zutrittsorganisation ist es egal, wer oder was da noch auf Sie zukommt.



③ Veranschaulichung der Begrifflichkeit „vertretbares Restrisiko“



④ Konventionelle Zeit-/Stromstärke-Bereiche für die Wirkung von Wechselströmen auf Menschen nach DIN IEC/TS 60479-1 [2], Stromweg: eine Hand zu beiden Füßen

Die Aufgabe der Sicherheitstechnik ist es in diesem Fall, eine Maßnahme (Schutzmaßnahme) oder eine Kombination verschiedener Maßnahmen zu definieren, die bei Vorliegen des Gefahrenzustands wirksam werden und das Risiko soweit vermindern, dass das Grenzkrisiko erreicht wird und damit „Sicherheit“ besteht. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme verdeutlicht Bild ②.

2.2 Vertretbares Restrisiko

In der Praxis wird diese Schutzmaßnahme allerdings in den meisten Fällen so gestaltet sein, dass das verbleibende Risiko kleiner als das Grenzkrisiko ist. Dieses Risiko kann auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung ermittelt werden und als vertretbares Restrisiko bezeichnet (Bild ③). Häufig wird das vertretbare Restrisiko auch sehr subjektiv, um nicht zu sagen „intuitiv“, ermittelt – oftmals bei der Beurteilung von Sachlagen des täglichen Lebens. Wird das als vertretbar eingestufte Restrisiko bei bestimmten Sachlagen überschritten, müssen bereits Maßnahmen wirksam sein, die das vertretbare Restrisiko wieder herstellen. Nach diesen allgemeinen sicherheitstechnischen Betrachtungen folgen nun ausschließlich Erläuterungen zur Elektrosicherheit und zwar speziell zum Schutz gegen elektrischen Schlag.

3 Sicherheit von Elektroanlagen

Das Grenzkrisiko ist im Zusammenhang mit dem Schutz gegen elektrischen Schlag als Grenze definiert, bei deren Überschreitung das Risiko einer tödlichen elektrischen Körperdurchströmung – sprich: Herzkammerflimmern – besteht. Die Grenze wird als „Flimmergrenze“ bezeichnet und ist in einem Zeit-/Stromstärke-Diagramm nach der DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1) [2] definiert (Bild ④). Darin werden u. a. Zeit-/Stromstärke-Bereiche für die Wirkung von Wechsel- oder Gleichströmen auf Menschen beschrieben. Es handelt sich um eine Zeit/Strom-Linie, durch die das Auftreten von Herzkammerflimmern signalisiert wird, wenn ein aus Höhe und Einwirkdauer beschriebener Punkt des Berührungstroms (Körperstrom) diese Linie nach rechts oder nach oben überschreitet. Die in Bild ④ als rote Linie dargestellte Flimmergrenze markiert dabei eine Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Herzkammerflimmern bei 5 % aller Personen, die durchströmt werden.

Bei Wechselspannungen führen bereits Berührungströme im Bereich von 500 mA und mehr nach wenigen Millisekunden zu einem tödlichen Herzkammerflimmern. Niedrigere Berührungströme im Bereich von 50 mA sind

BlueChip TimeLine. Die elektronische Zutrittsorganisation der Zukunft.



- + Schlüsselbetätigt
- + Örtlich und zeitlich begrenzte Zutrittsberechtigungen
- + Schnelle und kostengünstige Erweiterung und Änderung
- + Maximaler Komfort, minimaler Aufwand

auch schon gefährlich, führen aber erst nach deutlich längerer Durchströmungsdauer im Bereich von Sekunden bis zu einigen Minuten zum gefährlichen Herzkammerflimmern. Bei Menschen ist die Höhe des Berührungsstromes von verschiedenen Faktoren abhängig. Die wichtigsten Faktoren sind das Geschlecht und der Körperbau, der Zustand der Haut (nass/trocken, rissig/geschmeidig), der allgemeine Zustand (bekleidet/unbekleidet), die Größe der Berührungsfläche, der Stromweg durch den Körper sowie die Höhe der vom Menschen überbrückten Spannung (Berührungsspannung).

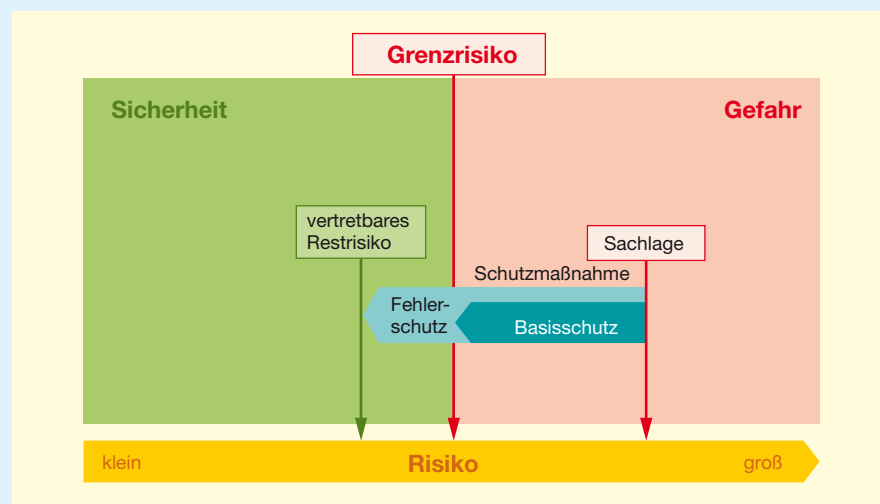
4 Schutzmaßnahmen

Zur Vermeidung der gefährlichen elektrischen Durchströmung des Menschen bei Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln oder beim Umgang an und mit elektrischen Anlagen beschreibt [1] Maßnahmen zum Schutz gegen elektrischen Schlag. Im Wesentlichen werden hier vier Maßnahmen erläutert, die allgemein für die Risikominimierung in elektrischen Anlagen angewendet werden können. All diese Schutzmaßnahmen bestehen aus zwei unabhängig voneinander wirkenden Schutzvorkehrungen. Die erste Schutzvorkehrung bietet einen grundlegenden Schutz (Basisschutz), der das Berühren von betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen durch einen Benutzer verhindert und damit Sicherheit bis zum Grenzzisiko bietet. Die zweite Schutzvorkehrung sorgt im Fehlerfall, also bei Unwirksamkeit der Basisschutzvorkehrung, für die Sicherheit (Fehlerschutz).

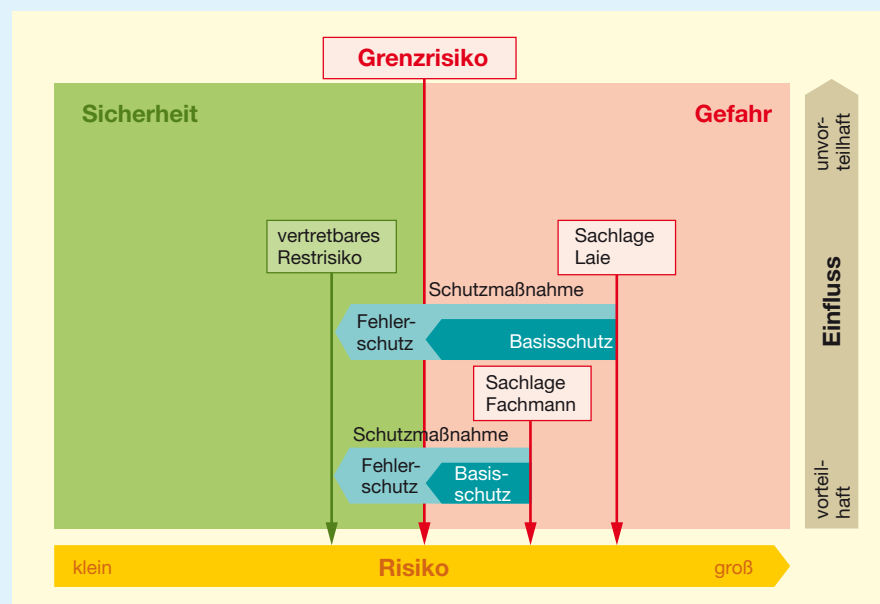
Nur die Kombination aus Basisschutzvorkehrung und Fehlerschutzvorkehrung ist geeignet, das Risiko soweit zu reduzieren, dass Sicherheit erreicht wird. Das Auftreten von lebensgefährlichem Herzkammerflimmern ist so mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen (Bild 5). Beim üblichen Gefährdungsrisiko reichen diese Maßnahmen aus, um eine ausreichende Sicherheit herzustellen. Das heißt, die Gefahr tödlichen Herzkammerflimmerns wird mit einem ausreichend großen Abstand von der Eintrittswahrscheinlichkeit vermieden.

4.1 Risikoeinschätzung

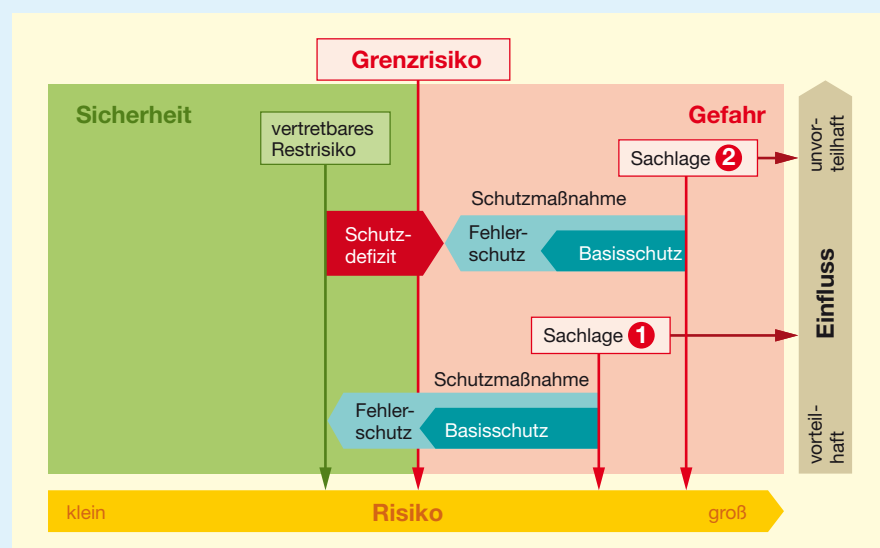
Wenn ausschließlich Elektrofachkräfte oder elektrotechnisch unterwiesene Personen elektrische Anlagen und Betriebsmittel nutzen oder bedienen, wird aufgrund besonderer Ausbildung und Schulung dieses Personenkreises von einer geringeren Gefährdung ausgegangen. Das heißt, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit für die gefährliche elektrische Körperdurchströmung durch eine Ausbildung oder Unterweisung, die den bewussten Umgang mit elektrischen Anlagen und das Bewusstsein für eine mögliche Gefährdung fördert, vorteilhaft beeinflusst wird. Um in diesem Fall das gleiche als „sicher“ bezeichnete Restrisiko zu



5 Zusammenwirken von Basisschutzvorkehrung und Fehlerschutzvorkehrung



6 Vorteilhafte Einflussfaktoren verringern den Aufwand für Schutzmaßnahmen



7 Schutzdefizit bei unvorteilhaften Einflussfaktoren

EIB-Basiswissen

NEU



Frank, EIB/KNX, 4., aktual. Aufl. 2009, 160 S., mit CD-ROM, Broschur, Bestell-Nr. 3-341-01540-7, € 29,80



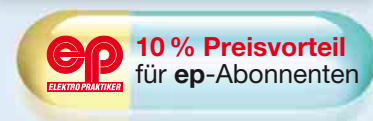
■ Ein umfassender Einführungskurs in die Gebäudeautomation mit dem EIB u. a. mit den Themen: Einsatzgebiete der EIB-Technik, Arbeitsweise des Bussystems, Tipps zur Programmierung, Beispiele realisierter Projekte.

■ Das Buch zeigt Ihnen Vorteile und Möglichkeiten gegenüber der konventionellen Elektroinstallation und wie Sie als Fachmann diese Argumente gewinnbringend im Kundengespräch vermitteln.

■ Auf DVD: EIB-Tool-Software ETS 3.0 (Demo) und ein umfangreiches Beispielprojekt für den praktischen Einstieg

Aus dem Inhalt:

- Was bietet der Einsatz des EIB?
- Funktionsweise
- Installationsvorschriften
- Blitz- und Überspannungsschutz
- Einsatzgebiete der EIB-Technik
- Fachbegriffe und Definitionen



shop
huss

HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin

Direkt-Bestell-Service:
Tel. 030 42151-325 · Fax 030 42151-468
E-Mail: bestellung@huss-shop.de
www.huss-shop.de

Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten

Jetzt bestellen!

Ich bestelle zur Lieferung gegen Rechnung zzgl. Versandkosten zu den mir bekannten Geschäftsbedingungen beim **huss-shop**, **HUSS-MEDIEN GmbH, 10400 Berlin**

KUNDEN-NR.
(siehe Adressaufkleber oder letzte Warenrechnung)

Expl.	Bestell-Nr.	Titel	€/Stück
	3-341-01540-7	Frank, EIB/KNX	29,80

Firma/Name, Vorname

Branche/Position/z. Hd.

Telefon/Fax

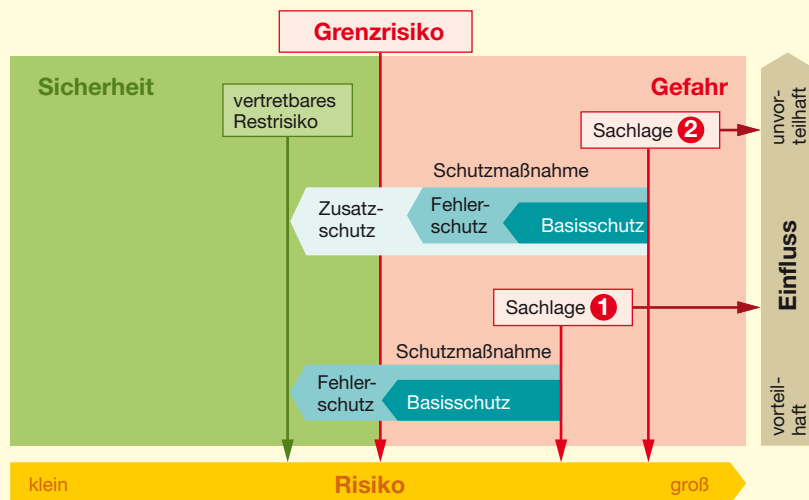
E-Mail

Straße, Nr./Postfach

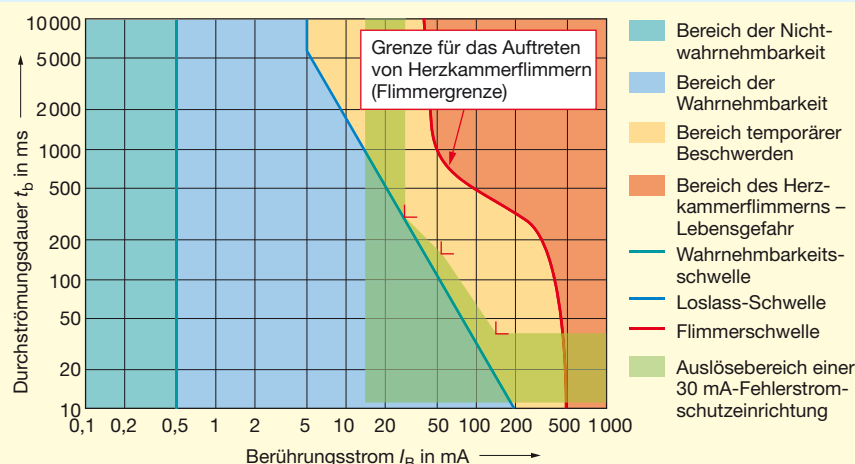
Land/PLZ/Ort

Datum/Unterschrift

0904 ep



8 Zusatzschutz zur Gewährleistung des ausreichenden Schutzes bei Vorliegen unvorteilhafter Bedingungen



9 Konventionelle Zeit-/Stromstärke-Bereiche für die Wirkung von Wechselströmen auf Menschen mit Auslösebereich einer 30-mA-Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD)

erreichen, das für elektrotechnische Laien als akzeptabel gilt, können die Anforderungen an eine Basis- oder Fehler-schutzvorkehrung somit reduziert werden (Bild 6). Entsprechende Anforderungen sind im Anhang C der Norm [1] beschrieben.

Einflussfaktoren. Andererseits können auch Umgebungsbedingungen, andere besondere Einflussfaktoren oder spezielle elektrische Anlagen vorhanden sein, die das Risiko einer gefährlichen elektrischen Körperdurchströmung für den Menschen mehr oder weniger groß erscheinen lassen. Beispielsweise könnte durch feuchte Umgebung, durch Wasser oder durch andere Stoffe, der Widerstand des menschlichen Körpers so herabgesetzt sein, dass bei Auftreten eines Fehlers der Berührungsstrom deutlich höher sein kann als bei normalem trockenem Umfeld. Das Risiko einer tödlichen Körperdurchströmung durch Eintreten von Herzkammerflimmern ist größer, weil bereits nach einer deutlich kürzeren Ein-

wirkzeit damit zu rechnen ist (Bild 4). Dies trifft z. B. für elektrische Anlagen und Betriebsmittel in Räumen mit Badewanne oder Dusche oder in Schwimmbädern zu. Ein weiterer ungünstiger Einflussfaktor ist der mentale Zustand des Nutzers. Ein Kind geht aufgrund seiner Sorglosigkeit und Entdeckermentalität anders mit elektrischen Anlagen um als ein erwachsener Mensch. Wegen des Drangs, alles auszuprobieren, wird ein Kleinkind vielleicht einmal versuchen, eine Nadel oder einen anderen dünnen Gegenstand in ein Pol-Loch einer Steckvorrichtung zu stecken. Erwachsene kennen die verheerenden Folgen, nicht jedoch das unbedarfte Kleinkind. Bei der Beurteilung einer möglichen Gefährdung müssen derartige Einflussfaktoren berücksichtigt werden.

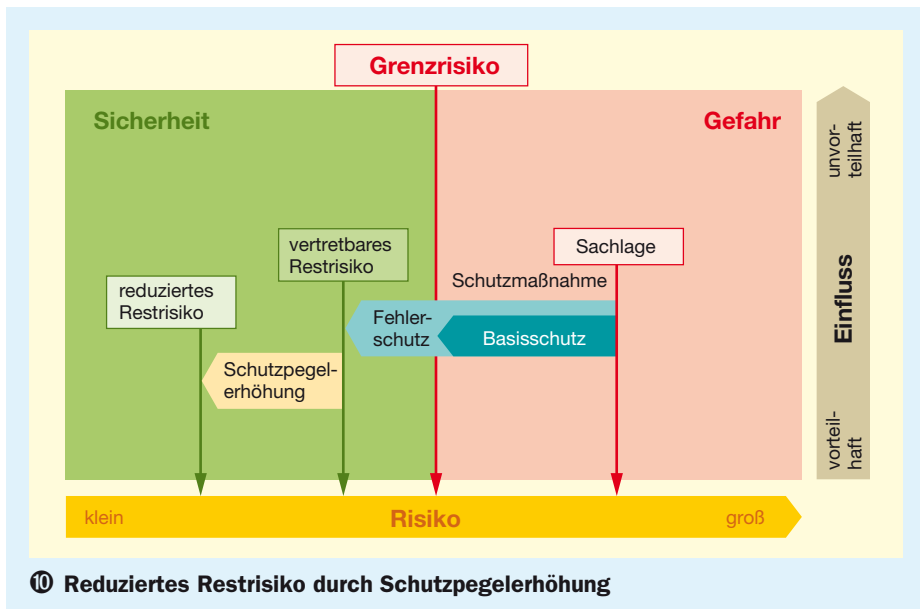
4.2 Zusätzlicher Schutz

Wenn nach einer solchen Beurteilung – beispielsweise im Rahmen einer Gefährdungsbe-

urteilung – davon ausgegangen werden muss, dass die unter normalen Bedingungen (Bild 7 – Sachlage 1) ausreichend wirksame Schutzmaßnahme, bestehend aus Basis- und Fehlerschutzvorkehrung, bei besonderen Einflussfaktoren keine ausreichende Risikominimierung gewährleisten kann (Bild 7 – Sachlage 2), dann müssen ergänzende Maßnahmen ergriffen werden, die eine ausreichende Risikominimierung und damit die Sicherheit gewährleisten. Hierfür ist im Gesamtkonzept des „Schutzes gegen elektrischen Schlag“ der so genannte „zusätzliche Schutz“ vorgesehen, der in den Fällen, in denen unvorteilhafte Randbedingungen oder Einflussfaktoren vorliegen, die Basis- und/oder Fehlerschutzvorkehrung ergänzt (Bild 8).

Die Möglichkeiten des zusätzlichen Schutzes sind im Abschnitt 415 von [1] beschrieben. Danach kann dieser zusätzliche Schutz beispielsweise durch eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungsfehlerstrom von nicht mehr als 30 mA erreicht werden. Diese zusätzliche Schutzvorkehrung ist bei Anwendung der Schutzmaßnahme „Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung“ als Ergänzung zur Fehlerschutzvorkehrung vorgesehen, wenn Steckdosen im Gebäude oder außerhalb desselben vorhanden sind, die für eine allgemeine Verwendung bestimmt sind (siehe [1]; Abschnitt 411.3.3). Dadurch, dass die Basisschutzvorkehrung möglicherweise durch Kleinkinder – wie zuvor beschrieben – umgangen werden kann, besteht ein höheres Risiko, dass nur durch Anwendung der besagten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) auf das vertretbare Restrisiko reduziert werden kann. Die zusätzliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtung ergänzt in diesem Fall hauptsächlich die Fehlerschutzvorkehrung, aber in gewissem Sinne ergänzt sie auch die Basisschutzvorkehrung, da diese ja umgangen und praktisch außer Funktion gesetzt wird und gar nicht wirken kann.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD). Die Wirkung der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) mit einem Bemessungsfehlerstrom von nicht mehr als 30 mA verdeutlicht Bild 9. In die konventionellen Zeit-/Strom-Gefährdungsbereiche nach [2] ist der Auslösebereich einer 30-mA-Fehlerstrom-Schutzeinrichtung eingezeichnet. Dabei ist erkennbar, dass der Mensch bei Berührungsströmen bis zu etwa 400 mA durch diese Schutzeinrichtung geschützt wird, weil eine Abschaltung erfolgt. Bei



höheren Berührungsströmen tritt das lebensgefährliche Herzkammerflimmern jedoch bereits nach einer Durchströmungsdauer von weniger als 10 ms auf, sodass in diesem Fall auch die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) nicht schützen kann.

Solche höheren Berührungsströme erfordern allerdings eine Impedanz des menschlichen Körpers einschließlich der Übergangswiderstände von weniger als 600 Ω (bei direktem Berühren). Der für allgemeine Betrachtung und Risikoabschätzung angesetzte Wert für die Impedanz des menschlichen Körpers ist jedoch mit 1000 Ω schon vergleichsweise niedrig. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Berührungsströmen über 400 mA in TN- oder TT-Systemen bis 230 Volt gegen Erde ist deshalb sehr gering und das Restrisiko somit vertretbar.

Zusätzlicher Schutzpotentialausgleich. Eine weitere zusätzliche Schutzvorkehrung ist der „zusätzliche Schutzpotentialausgleich“, der beispielsweise bei Anwendung der Schutzmaßnahme „Automatische Abschaltung der Stromversorgung“ für Sicherheit sorgt, wenn die im Rahmen der Fehlerschutzvorkehrung geforderte Abschaltzeit nicht eingehalten werden kann. Er ergänzt ebenfalls die Fehlerschutzvorkehrung.

5 Weitere Reduzierung des vertretbaren Restrisikos

Die bisherigen Ausführungen sollten verdeutlichen, dass es sich bei der nunmehr mit [1] vorliegende Konzeption des „Schutzes gegen elektrischen Schlag“ nicht mehr um ein dreistufiges Konzept handelt, wie es früher propagiert wurde. Das Schutzkonzept mit Basisschutz, Fehlerschutz und Zusatzschutz ist ja nie ein vollwertiges dreistufiges Schutzkonzept gewesen, da die dritte Schutzebene mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs)

mit einem maximalen Bemessungsdifferenzstrom von 30 mA nie einen vollständigen Schutz geboten hat, sondern immer nur ein gewisses Schutzniveau bieten konnte und weiterhin bieten wird, nämlich im Rahmen der Zeit/Stromstärke-Bereiche für Menschen.

Bild 10 verdeutlicht eine Möglichkeit zur weiteren Reduzierung des Risikos bei Umgang mit elektrischen Betriebsmitteln über das akzeptierte Restrisiko hinaus zu einem „reduzierten Restrisiko“. Die hierfür notwendigen Maßnahmen und Schutzvorkehrungen sind nicht Bestandteil des Schutzkonzeptes nach [1], da in dieser Norm, wie auch in anderen Normen, grundsätzlich nur Mindestanforderungen festgelegt sind und in sofern nur Maßnahmen beschrieben werden, die das Erreichen des Zustands „Sicherheit“ mit vertretbarem Restrisiko gewährleisten. Die DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530) [3] weist im Anhang A auf ortsveränderliche Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (PRCDs) hin. Diese bewirken für die elektrischen Betriebsmittel, die nicht Bestandteil der elektrischen Anlage sind, eine „Schutzpegelerhöhung“ und tragen somit zu einer weiteren Risikoreduzierung bei.

Literatur

- [1] DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06 Errichten von Niederspannungsanlagen; Teil 4-41: Schutzmaßnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag.
- [2] DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1):2007-05 Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere – Teil 1: Allgemeine Aspekte.
- [3] DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530):2005-06 Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Schalt- und Steuergeräte.

Anzeige

megacom

ist ein deutscher Hersteller für

Ortungssysteme

zum Auffinden verunfallter Personen, zu einem hervorragenden Preis-Leistungs-Verhältnis.

Nähere Infos unter Telefon 04191 90850 oder www.megacom-gmbh.de

Fortsetzung



Der Beitrag wird in der nächsten Ausgabe fortgesetzt.