

zu 6.3 Schutz bei indirektem Berühren

zu 6.3.1 Allgemeines

Unter indirektem Berühren versteht man allgemein den Kontakt mit einer Berührungsspannung an Ausrüstungsteilen, die normalerweise nicht spannungsführend sind (z. B. Gehäuse, Konstruktionsteile), die jedoch im Fehlerfall (ungewollte Verbindung zwischen einem aktiven Teil und einem nicht aktiven Teil infolge eines Isolationsfehlers) ein anderes Potential annehmen können als andere Teile der Umgebung bzw. als der Erde. Solche Berührungsspannungen können im Fehlerfall grundsätzlich nicht vermieden werden, sie lassen sich jedoch in gewissen Grenzen in ihrer Höhe steuern bzw. erkennen und abschalten. Die Randbedingungen, welche die Höhe der Berührungsspannung bestimmen, können recht komplex sein und sind auch vom Spannungsniveau abhängig. Obwohl die Prinzipien für den Schutz bei indirektem Berühren in Niederspannungs- und Hochspannungsinstallationen gleich sind, müssen unterschiedliche technische Lösungen angewendet werden. Hierdurch hat sich auch in diesen Spannungsbereichen eine unterschiedliche Terminologie entwickelt, insbesondere in Deutschland. Beispielsweise spricht die VDE 0101 grundsätzlich von Erdungsleitern und Erdungssystemen, die DIN VDE 0100 und mit ihr die DIN VDE 0113 Teil 1 von Schutzleitern und Schutzleitersystemen, obwohl beide Systeme dasselbe Ziel verfolgen, nämlich die Berührungsspannungen zu reduzieren. Im englischsprachigen Raum sind die Unterschiede in der Terminologie nicht so markant. Schließlich bedeutet die Kennzeichnung des Schutzleiters mit PE „Protective Earthing“, also Schutzerdung. Der vorliegende Teil 11 hat sich mehr an den Teil 1 angelehnt, also an die Niederspannungsterminologie. Dies kann u. U. zur Verwirrung führen beim Vergleichen der Festlegungen mit denen in der DIN VDE 0101. Deshalb sei an dieser Stelle auf den Anhang E von Teil 11 verwiesen, in dem die verschiedenen Ausdrücke und ihre Definitionen einander gegenübergestellt sind. Zum besseren Verständnis für die Festlegungen des Abschnitts 6.3 dieser Norm sollen die Vorgänge bei indirektem Berühren und die daraus entstehende Gefährdung für eine Person näher erläutert werden.

Maßgebend für den Schaden, den eine Person bei der Berührung mit einer elektrischen Spannung erleidet, ist der Strom, der durch ihren Körper fließt. Insbesondere dann, wenn die Strombahn über das Herz geht. Besonders kritisch ist also, wenn ein Mensch mit Hand – Hand oder Hand – Fuß eine Potentialdifferenz überbrückt. Die Höhe des Stroms ist selbstverständlich abhängig von der Höhe der Potentialdifferenz und dem Widerstand des menschlichen Körpers. Letzterer ist spannungsabhängig, er sinkt mit steigender Spannung. Äußere Umstände, die diesen Widerstand noch beeinflussen können, wie isolierendes Schuhwerk, trockene oder feuchte Umgebung, sollen im Folgenden unberücksichtigt bleiben. Außer der Höhe dieses Stroms ist auch noch die Einwirkungsdauer von Bedeutung. Über diese Faktoren gibt es eingehende Untersuchungen, die in der IEC 60479-1 „*Effects of current passing through the human body*“ niedergelegt sind. Hiernach können wir in den

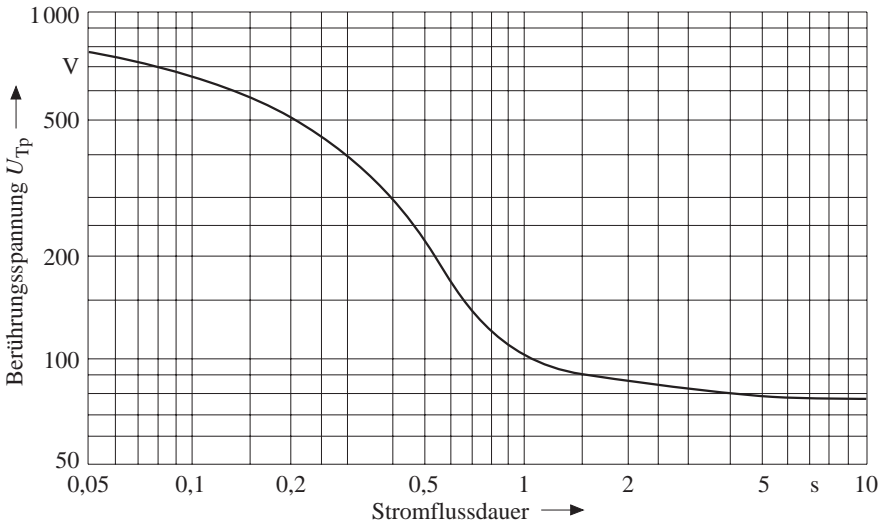


Bild 6.1 Höchste zulässige Berührungsspannung U_{Tp} für begrenzte Stromflussdauer (Quelle: DIN VDE 0101, Bild 9.1)

Spannungsbereichen, die wir betrachten müssen (Potentialdifferenz Hand – Fuß gleich Fehlerspannung) mit einem Widerstand um etwa $1\text{ k}\Omega$ rechnen. Ströme unter 30 mA führen in der Regel nicht zu organischen Schäden, auch dann nicht, wenn sie längere Zeit (etwa 10 s und mehr) einwirken. Dagegen können Ströme von mehr als 500 mA bereits nach einer Einwirkdauer von etwa 10 ms bis 20 ms zu organischen Schäden führen. Diese Erkenntnisse lassen sich unter Annahme weiterer Randbedingungen in eine zulässige Berührungsspannung in Abhängigkeit der Einwirkungszeit umrechnen. Diese zulässige Berührungsspannung wird in VDE 0101 als Bild 9.1 gezeigt und ist hier als **Bild 6.1** wiedergegeben.

Hieraus erklärt sich das Ziel der Schutzmaßnahmen bei indirektem Berühren, welches in den beiden ersten Spiegelstrichen von Abschnitt 6.3.1 niedergelegt ist, nämlich:

Entweder

„ ... das Auftreten einer Berührungsspannung zu verhindern, welche die vertretbare Berührungsspannung für eine unbegrenzte Fehlerdauer überschreitet ...“

oder

„ ... für eine höhere Berührungsspannung, welche jedoch (nur) für eine begrenzte Fehlerdauer nicht gefährdend ist, durch automatische Abschaltung der Versorgung innerhalb dieser Zeit.“

Ziel aller Schutzmaßnahmen ist zunächst, die Potentialdifferenz zwischen Teilen, die gleichzeitig mit den Händen berührt werden können (etwa 2,0 m Abstand), oder Hand – Fuß, möglichst niedrig zu halten bzw. unter den kritischen Wert, der für lange Einwirkungsdauer zulässig ist, herunterzudrücken.

In der Hochspannungstechnik (DIN VDE 0101) werden hierfür etwa 75 V angesetzt, in der Niederspannungstechnik (DIN VDE 0100, DIN VDE 0113 Teil 1) wegen anderer Randbedingungen etwa 50 V.

Dies kann durch einen Potentialausgleich mit möglichst niederohmigen Verbindungen zwischen den verschiedenen Körpern und Erde (Hand – Hand bzw. Hand – Fuß) erreicht werden. Gelingt dies nicht oder nur unvollkommen, muss innerhalb der kritischen Zeit abgeschaltet werden.

Anmerkung: Mit „Körper“ ist in diesem Zusammenhang nicht der menschliche Körper, sondern der „Körper“ eines elektrischen Betriebsmittels gemeint, z. B. ein Gehäuse (s. a. Definition 3.17).

Definition aus VDE 0113 Teil 1:

Körper (eines elektrischen Betriebsmittels): Berührbares leitfähiges Teil eines elektrischen Betriebsmittels, das normalerweise nicht unter Spannung steht, das jedoch im Fehlerfall unter Spannung stehen kann.

ANMERKUNG: Ein leitfähiges Teil der elektrischen Betriebsmittel, das im Fehlerfall nur über andere Körper unter Spannung geraten kann, ist nicht als Körper anzusehen. [IEV 826-03-02]

Die Definitionen in Teil 1 und Teil 11 haben einen unterschiedlichen Wortlaut wegen unterschiedlicher Quellen im IEV, machen aber praktisch dieselbe Aussage. Dies hat seinen Grund in dem unterschiedlichen Entstehungszeitpunkt der Normen. Auch das IEV wird laufend aktualisiert.

Welche Technischen Lösungen wurden nun hierfür entwickelt? Diese sollen anhand der nächsten Bilder erläutert werden. **Bild 6.2** zeigt die prinzipielle Anordnung, wie sie üblicherweise in Niederspannungsanlagen (TN-Systeme) angewendet wird. Hier wird das Schutzpotential (Erddpotential) unmittelbar von der Stromquelle über Kabel an das Gehäuse des Betriebsmittels geführt. In der Regel über einen eigenen Leiter des Kabels, welches auch die Energiezuführung zu dem Betriebsmittel enthält. Deshalb hier auch der Begriff „Schutzleiter“.

Im Fehlerfall wird die Höhe der Berührungsspannung durch einen Spannungsteiler bestimmt, der sich im Wesentlichen nur aus den Leitungswiderständen zusammensetzt. Da bei Kabelquerschnitten bis 16 mm^2 der Schutzleiter grundsätzlich denselben Querschnitt hat wie die Außenleiter, beträgt die Berührungsspannung im ungünstigsten Fall die halbe Netzspannung (Unterbrechung im Betriebsmittel oder im N-Leiter nach der Schadensstelle). In der Praxis dürfte dieser Wert in vielen Fällen niedriger liegen, weil z. B. durch Potentialausgleichsleiter bzw. durch Einbeziehung von Konstruktionselementen in das Schutzleitersystem Parallelwege entste-