

## Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Vornorm ist ... .

### Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Nationaler Anhang NA (informativ) Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten .....	5
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise.....	6
Einleitung .....	8
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen .....	9
3 Begriffe .....	9
4 Grenzwert der unbeeinflussten Berührungsspannung und Beurteilung der Quellenimpedanz.....	11
4.1 Grundprinzipien .....	11
4.2 Grenzwerte der unbeeinflussten Berührungsspannung.....	11
4.3 Beurteilung der Quellenimpedanz .....	11
4.4 Risikobewertungen und -einstufung.....	12
5 Betrachtungen zur Berührungsfläche und zur Zugänglichkeit .....	12
5.1 Allgemeines .....	12
5.2 Primäre Berührungsflächen.....	12
5.3 Besondere Schutzhandschuhe, -schuhe und -kleidung.....	13
5.4 Isolierung von aktiven Teilen.....	13
5.5 Äußere metallische Gegenstände und Werkzeuge.....	13
5.6 Betrachtungen zur Bewertung der sekundären Berührungsfläche .....	13
6 Impedanzen des Körpers und Berührungsstromdichten.....	14
6.1 Allgemeines .....	14
6.2 Ersatzschaltung der Haut und von Teilen des Körpers.....	14
6.3 Verringerung der Berührungsstromdichte bei großen Berührungsflächen .....	15
7 Kapazitiv gekoppelte Ströme im Körper aufgrund eines äußeren elektrischen Feldes .....	16
7.1 Allgemeines .....	16
7.2 Bestimmung des elektrischen Feldes und Verwendung von Daten für den Bezugswert .....	16
7.3 Messung des unbeeinflussten Stromes in Teilen des Körpers .....	16
7.4 Genaueres Verfahren für die Bestimmung der Ströme in Teilen des Körpers.....	16
8 Elektrischer Schlag – unmittelbare Nerven- und Muskelreaktionen .....	17
8.1 Allgemeines .....	17
8.2 Grenzwerte für Berührungsströme – unmittelbare Nerven- und Muskelreaktionen.....	17
9 Elektrischer Schlag – lokale Überhitzung und Verbrennungen von Teilen des Körpers .....	19
9.1 Allgemeine Bedingungen und thermische Anfangsbedingungen .....	19
9.2 Bewusstsein, Wahrnehmung und Zurückziehreaktion.....	19
9.3 Erwärmungen der Haut .....	19

	Seite	
9.4	Betrachtungen zur Wärmekapazität der Haut.....	20
9.5	Betrachtungen zur Wärmekapazität und zur Erwärmung der Finger.....	20
9.6	Zusammenfassung von Erwärmungszeiten der Haut und von Leistungs- und Energieeintrag.....	20
9.7	Einteilung der Risikopegel als Funktion der unbeeinflussten Berührungsspannung.....	21
9.8	Zusätzlicher Schutz: Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) .....	21
Anhang A (informativ) Beispiele von Berechnungen.....		22
A.1	Einleitung.....	22
A.2	Erwärmung der Finger .....	23
Anhang B (informativ) Grundprinzipien – Grenzwerte für den nicht-thermischen Fall.....		25
B.1	Allgemeines und Diskussion von Bild B.1 .....	25
B.2	Eine Freiwilligen-Studie bei 11 kHz mit sinusförmigen Bedingungen.....	27
B.2.1	Experimenteller Aufbau und Daten .....	27
B.2.2	Diskussion und Analyse der experimentellen Daten.....	27
B.3	Daten für den Berührungsstrom aus Normen und anderen veröffentlichten Schriftstücken .....	28
B.4	Grenzwerte der unbeeinflussten Berührungsspannung .....	29
B.5	Wahrnehmung und Schmerz .....	29
B.6	Bemerkungen zum Anstieg der Kurvenverläufe für Frequenzen über 10 kHz .....	30
B.7	Bemerkungen zu den Werten des Berührungsstromes oberhalb von 100 kHz in den ICNIRP- und IEEE-Spezifikationen .....	30
Anhang C (informativ) Ergänzende Informationen und Begründungen – Hautdaten und Impedanzen von Körperteilen .....		31
C.1	Anatomie der Haut .....	31
C.2	Frequenzabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeiten von Körpergewebe .....	32
C.3	Berechnungen für Tabelle 1 .....	32
Literaturhinweise .....		33
 <b>Bilder</b>		
Bild 1 – Impedanzen von verschiedenen Teilen des Körpers, 1 kHz bis 6 MHz.....		15
Bild 2 – Berührungsströme, 200 Hz bis 100 kHz, unmittelbare Nerven- und Muskelreaktionen, elektrischer Schlag.....		18
Bild B.1 – Berührungsströme, 1 kHz bis 100 kHz, unmittelbare Nerven- und Muskelreaktionen, elektrischer Schlag.....		26
Bild B.2 – Aufbau für die Messungen von Berührungsstrom und -spannung mit Zeige- und Mittelfinger auf flachen 50-mm <sup>2</sup> -Leiterenden.....		27
Bild B.3 – Daten der Berührungsstromdichte aus Bild A.1 in EN 50445.....		28
Bild B.4 – Messschaltung für Verbrennungen verursachenden Strom. Aus IEC 60990:1999.....		29
Bild C.1 – Anatomie der menschlichen Haut (aus Wikipedia).....		31
Bild C.2 – Leitfähigkeits-Mittelwerte für homogene Körpermodelle von 10 Hz bis 10 MHz (aus EN 50444) .....		32

**Tabellen**

Tabelle 1 – Maximal zulässige Hautleistungsdichte je Oberflächenbereich unter verschiedenen Bedingungen .....	21
Tabelle A.1 – Vergleich der Impedanzen von Körperteilen nach der Ersatzschaltung in IEC 61010-1:2010 und nach dieser Technischen Spezifikation .....	23
Tabelle A.2 – Haut-, Finger- und Gesamterwärmungsrate bei 50 V effektiver Gesamtspannung nach der Ersatzschaltung in IEC 61010-1:2010 und nach dieser Technischen Spezifikation.....	23
Tabelle A.3 – Grenzwerte der effektiven Berührungsspannung für die Beispiele in Tabelle A.1.....	24