

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Europäisches Vorwort zur Änderung A1	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Exposition gegenüber elektrischen Feldern	7
3 Allgemeines Verfahren	10
3.1 Formfaktor	10
3.2 Verfahren	10
4 Modelle des menschlichen Körpers	11
4.1 Allgemeines	11
4.2 Oberflächenbereich	11
4.3 Halbelliptisches räumliches Modell (Semi-Sphäroid)	12
4.4 Achsensymmetrisches Körpermodell	14
5 Berechnung von induzierten Strömen	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Halbelliptisches räumliches Modell (Semi-Sphäroid)	15
5.3 Achsensymmetrische Modelle	19
5.4 Vergleich der analytischen und numerischen Modelle	26
6 Einfluss von elektrischen Kenngrößen	27
6.1 Allgemeines	27
6.2 Einfluss der Permittivität	27
6.3 Einfluss der Leitfähigkeit	28
6.4 Inhomogene Leitfähigkeit	28
7 Messungen der durch elektrische Felder induzierten Ströme	28
7.1 Allgemeines	28
7.2 In den Boden fließender Strom	28
Anhang A (normativ) Analytische Lösung für ein Sphäroid in einem homogenen elektrischen Feld	30
Anhang B (normativ) Achsensymmetrisches Modell des menschlichen Körpers	33
B.1 Allgemeines	33
B.2 Entwicklung von achsensymmetrischen Modellen	33
B.3 Anwendung des achsensymmetrischen Körpermodells	36
Anhang C (informativ) Modell für Kinderkörper	39
C.1 Referenzkind-Modell	39
C.2 Ergebnisse	40
Anhang D (informativ) Beispiel für die Verwendung dieser Norm	41
D.1 Allgemeines Flussdiagramm	41
D.2 Beispiel für eine Einzelperson	42

	Seite
Anhang E (informativ) Numerische Berechnungsverfahren	46
E.1 Allgemeines	46
E.2 Sphäroid-Modell [46]	46
E.3 Raumpotential-Verfahren [22]	47
E.4 Verfahren der simulierten Ladungen [14], [1], [55], [59], [40]	48
E.5 Verfahren der Integration der Oberflächenladungen [9], [5], [10]	49
E.6 Finite-Elemente-Methode [10], [12], [13], [26]	51
E.7 Impedanzverfahren [11]	52
E.8 Hybridverfahren [50]	52
E.9 FDTD [58], [53], [54]	53
Literaturhinweise	54
Bilder	
Bild 1 – Darstellung des Phänomens von in einem auf dem Boden stehenden menschlichen Körper durch ein elektrisches Feld induzierten Strömen	9
Bild 2 – Potentiallinien des elektrischen Feldes, das durch einen unter Spannung stehenden Leiter bei Abwesenheit irgendwelcher Gegenstände erzeugt wird	9
Bild 3 – Ein realistisches Körpermodell	11
Bild 4 – Schema des halben Sphäroids, das einen auf einer Fläche, deren Potential gleich null ist, stehenden menschlichen Körper nachbildet	12
Bild 5 – Äquivalenter Radius des Sphäroids, R , als Funktion der Höhe L für verschiedene Massen M	14
Bild 6 – Achsensymmetrisches Körpermodell für den Referenzmann (links) und die Referenzfrau (rechts)	14
Bild 7 – Dem elektrischen Feld ausgesetztes leitendes Sphäroid	15
Bild 8 – Berechnung des Formfaktors des elektrischen Feldes, K_E , für ein Sphäroid, das einem ungestörten elektrischen Feld ausgesetzt wird	16
Bild 9 – Durch ein ungestörtes elektrisches Feld (1 kV/m, 50 Hz) in einem Sphäroid induzierte Stromdichte J_S als Funktion von L/R (Werte in $\mu A/m^2$)	17
Bild 10 – Abmessungen und Maschennetz des Semi-Sphäroids	18
Bild 11 – Verzerrung der Feldlinien des elektrischen Feldes mit energietechnischer Frequenz in der Nähe des leitenden Semi-Sphäroids	18
Bild 12 – Berechnete induzierte Stromdichte $J_A(h)$ im Körper, der in einem elektrischen Feld mit 50 Hz und 1 kV/m steht	20
Bild 13 – Rechenbereich	22
Bild 14 – Maschennetz des Referenzmann-Modells und Verzerrung der Feldlinien des elektrischen Feldes mit energietechnischer Frequenz in der Nähe des Modells	22
Bild 15 – Verzerrung der Äquipotentiallinien und Stärke des elektrischen Feldes mit 50 Hz (männliches Modell)	23
Bild 16 – Rechnergestützte Berechnung der induzierten Ströme J_A entlang der vertikalen Achse und Verteilung der induzierten Ströme im männlichen Modell in einem elektrischen Feld mit 50 Hz	24
Bild 17 – Maschennetz des weiblichen Körpermodells und Verzerrung der Feldlinien des elektrischen Feldes mit energietechnischer Frequenz in der Nähe des Modells	24

	Seite
Bild 18 – Verzerrung der Äquipotentiallinien und Stärke des elektrischen Felds mit 50 Hz (weibliches Modell).....	25
Bild 19 – Rechnergestützte Berechnung der induzierten Ströme J_A entlang der vertikalen Achse und Verteilung der induzierten Ströme im weiblichen Modell in einem elektrischen Feld mit 50 Hz.....	26
Bild A.1 – Einem elektrischen Feld ausgesetztes leitendes Sphäroid	30
Bild B.1 – Normalisierte achsensymmetrische Modelle	36
Bild C.1 – Darstellung der rechnergestützten Berechnung der induzierten Ströme J_z entlang einer vertikalen Achse und Verteilung der induzierten Ströme im Referenzmodell für einen 10-jährigen Jugendlichen	40
Bild E.1 – Sphäroid-Modell	47
Bild E.2 – Raumpotential-Modell	48
Bild E.3 – Beispiel für das Verfahren der simulierten Ladungen unter Verwendung von Ringen.....	49
Bild E.4 – Verfahren der Integration der Oberflächenladungen, bei dem der Körper in N Elemente zerlegt wird	50
Bild E.5 – Unter Verwendung von finiten Elementen in Maschen unterteilter Körper.....	51
Bild E.6 – Impedanzverfahren	52
Bild E.7 – Verfahren nach Yee: Elektrische und magnetische Gitter für die räumliche Diskretisierung	53
Tabellen	
Tabelle 1 – Daten für den Referenzmann und die Referenzfrau	12
Tabelle 2 – Werte von $\arcsin(e)/e$ für verschiedene Werte von L/R	13
Tabelle 3 – Für ein Sphäroid-Modell für 50 Hz abgeleitete Daten	19
Tabelle 4 – Zur Erzeugung des Basisgrenzwertstroms J_{BG} oder des dem Basisgrenzwert entsprechenden inneren elektrischen Felds E_{iBG} im Hals erforderliches äußeres elektrisches Feld E_{BG} bei 50 Hz.....	21
Tabelle 5 – Vergleich der Werte des Formfaktors für das elektrische Feld, K_E , und korrespondierende Stromdichten für ein ungestörtes elektrisches Feld mit 50 Hz und 1 kV/m	27
Tabelle B.1 – Maße aus der anthropometrischen Erhebung, die verwendet wurden, um die vertikalen Abmessungen des achsensymmetrischen Modells zu ermitteln [56]	34
Tabelle B.2 – Maße aus der anthropometrischen Erhebung, die verwendet wurden, um die radialen Abmessungen des achsensymmetrischen Modells zu ermitteln [56].....	35
Tabelle B.3 – Normalisierte Maße des Modells.....	37
Tabelle B.4 – Maße des achsensymmetrischen Modells für den Referenzmann und die Referenzfrau, deren Masse und Größe durch ICRP [38] definiert wurden und in Tabelle 1 angegeben sind.....	38
Tabelle C.1 – Von ICRP zur Verfügung gestellte Bezugsdaten für männliche und weibliche Kinder und Jugendliche	39
Tabelle C.2 – Maße der Referenzkinder und -jugendliche (in m, außer OB_R in m^2)	39
Tabelle C.3 – Ergebnisse des analytischen Verfahrens für Referenzkinder und -jugendliche	40
Tabelle D.1 – Normalisierte Maße des gewählten weiblichen Modells.....	43
Tabelle D.2 – Berechnung der Maße für eine spezifische Person.....	43