

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Moderne Technik und Komfort, Vorsorgeprinzip und Umweltschutz – kein notwendiger Widerspruch .....</b>	<b>13</b>
1.1	Verändertes Konsumverhalten: Die Welt wird mehr und mehr „elektronisch“ .....	13
1.2	Feldmesstechnik stellt hohe Ansprüche an die fachliche Qualifikation .....	14
1.3	Baubiologische Elektrotechnik als Wirtschaftsfaktor .....	17
1.4	Reduktion von EMF – ein Gewinn für alle .....	18
<b>2</b>	<b>Die Veränderung des EMF-Spektrums und ihre Folgen .....</b>	<b>21</b>
2.1	Das natürliche EMF-Spektrum .....	21
2.1.1	Grundlegendes .....	21
2.1.2	Ausgewählte Aspekte zu Wirkungen Sonne – Erde – Gesundheit .....	23
2.1.2.1	Erdmagnetfeld .....	23
2.1.2.2	Sonnenaktivität .....	24
2.1.2.3	Schumannresonanzen .....	25
2.1.2.4	Auswirkungen der Änderungen des Erdmagnetfeldes bzw. der Schumannresonanz auf den Menschen .....	26
2.1.2.5	VLF-Atmospherics .....	29
2.1.2.6	Auswirkungen der VLF-Atmospherics auf den Menschen .....	29
2.2	Technische Nutzung des Frequenzspektrums .....	32
2.2.1	Niederfrequenz .....	33
2.2.2	Hochfrequenz .....	34
2.2.3	Anwendungen und Frequenzbereiche .....	36
2.3	Biologische und gesundheitliche Aspekte .....	36
2.3.1	Niederfrequenz .....	39
2.3.1.1	Magnetische Wechselfelder und Leukämie .....	39
2.3.1.2	Weitere Untersuchungen .....	41
2.3.1.3	Nationale und internationale Einschätzungen .....	43
2.3.2	Hochfrequenz (elektromagnetische Wellen) .....	45
2.3.2.1	Studien zu elektromagnetischen Wellen .....	45
2.3.2.2	Studien zu Mobilfunksendeanlagen .....	46

2.3.2.3	Studien zur gesundheitlichen Wirkung von Mobiltelefonen .....	48
2.4	Vorsorgeprinzip .....	52
2.4.1	Prävention .....	52
2.4.2	Grenz- und Richtwerte .....	54
2.5	Grundlegende Begriffe zu statistischen Untersuchungen .....	56
3	<b>Physik der EM-Felder .....</b>	<b>61</b>
3.1	Grundlagen .....	61
3.1.1	Feldbegriff – räumliche Darstellung von Feldern .....	61
3.1.2	Zeitverhalten von Feldern .....	63
3.1.3	EM-Feldarten und ihre Beschreibung .....	67
3.1.3.1	Quellenfelder .....	69
3.1.3.2	Wirbelfelder .....	71
3.1.4	Gleichfelder .....	74
3.1.5	Niederfrequente Wechselfelder (NF) .....	75
3.1.6	Hochfrequente elektromagnetische Wellen (HF) .....	76
3.1.6.1	Funkwellen .....	79
3.1.6.2	Infrarotlicht (IR) / Wärmestrahlung .....	79
3.1.6.3	Sichtbares Licht .....	80
3.1.6.4	Ultraviolettes Licht (UV) .....	80
3.1.6.5	Röntgenstrahlung .....	81
3.1.6.6	Gammastrahlung .....	82
3.1.7	Höhenstrahlung .....	83
3.1.8	Teilchenstrahlung .....	84
3.1.9	Zusammenfassung der Grundlagen zu EMF .....	84
3.2	Elektrische Wechselfelder (Niederfrequenz) .....	84
3.2.1	Elektrische Quellenfelder .....	86
3.2.2	Elektrische Wirbelfelder .....	86
3.2.3	Elektrische Quellenfelder und Influenz .....	87
3.2.4	Elektrische Feldstärke und Potential .....	89
3.3	Magnetische Wechselfelder (Niederfrequenz) .....	95
3.3.1	Magnetische Wirbelfelder .....	95
3.3.2	Magnetische Induktion .....	98
3.4	Der Kilohertz- und untere Megahertz-Bereich:	
	Netzoberschwingungen, „Dirty Power“, PLC .....	102
3.4.1	Netzoberschwingungen, „Dirty Power“ .....	102
3.4.2	PLC – Powerline Communication .....	104

3.5 Elektromagnetische Wellen (Hochfrequenz) .....	106
3.5.1 Frequenzbereiche elektromagnetischer Wellen .....	106
3.5.2 Abstrahlung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen .....	107
3.5.3 Hochfrequenzdämpfung / „Abschirmung“ .....	111
3.5.3.1 Maßstäbe für die Hochfrequenz-Schirmdämpfung ...	113
3.5.3.2 Wirkprinzipien der Hochfrequenzdämpfung .....	115
3.5.4 Antennen .....	117
3.5.4.1 Polarisation .....	117
3.5.4.2 Frequenzgang und Antennenfaktor .....	119
3.5.4.3 Richtcharakteristik und Antennengewinn, ERP und EIRP .....	119
3.5.4.4 Immissionsverlauf in der Umgebung von Antennen mit Richtwirkung .....	122
3.5.4.5 Antennenneigung (Downtilt) .....	126
3.5.4.6 Antennenarten .....	128
3.5.4.7 Adaptive Antennen (Smart Antennas) .....	135
3.5.5 Spezifische Absorptionsrate (SAR) .....	136
3.5.6 Modulationsverfahren .....	136
3.5.6.1 AM – Amplitudenmodulation .....	138
3.5.6.2 FM – Frequenzmodulation .....	142
3.5.6.3 PM – Phasenmodulation oder Winkelmodulation ....	143
3.5.7 Zugriffsverfahren .....	145
3.5.7.1 FDMA – Frequency Division Multiple Access (Frequenzmultiplex) .....	145
3.5.7.2 TDMA – Time Division Multiple Access (Zeitmultiplex) .....	146
3.5.7.3 FHMA – Frequency Hopping Multiple Access (Zeitmultiplex plus Frequenzsprungverfahren) .....	150
3.5.7.4 CDMA – Code Division Multiple Access (Codemultiplex) .....	151
3.5.7.5 TD-CDMA – Time Division-Code Division Multiple Access (Zeit- und Codemultiplex) .....	156
3.5.7.6 SDMA – Space Division Multiple Access (Vielfachzugriff durch Raumaufteilung) .....	156
3.5.7.7 OFDM(A)/COFDM(A) – Orthogonal Frequency Division Multiplexing bzw. Multiple Access/ Coded OFDM(A) .....	157

3.5.8 Duplexverfahren .....	163
3.5.8.1 FDD – Frequency Division Duplex / Frequenzduplex .....	163
3.5.8.2 TDD – Time Division Duplex / Zeitduplex .....	164
3.6 Elektrisches Gleichfeld .....	164
3.7 Magnetisches Gleichfeld .....	165
3.8 Darstellung von Feldgrößen in Dezibel (dB) .....	166
3.8.1 Dezibel als dimensionsloser, relativer Verhältniswert .....	166
3.8.2 Dezibel als absoluter Wert .....	168
3.8.3 Übertragungsfaktoren in Dezibel .....	170
<b>4 Baubiologische Feldmesstechnik .....</b>	<b>177</b>
4.1 Messung von Vektorfeldern .....	177
4.1.1 Prinzipieller Aufbau von Feldmessgeräten .....	178
4.1.2 Spitzenwert, Effektivwert (RMS) und Average .....	185
4.1.3 Spektrumanalyse .....	191
4.1.3.1 Darstellungsmöglichkeiten von Signalen im Zeit- und im Frequenzbereich .....	191
4.1.3.2 Impuls – Puls – Periodischer Puls .....	192
4.1.3.3 Mittler zwischen den Welten Zeit und Frequenz: Fourieranalyse und -synthese .....	194
4.1.3.4 Technische Realisierung der Spektrumanalyse .....	199
4.1.3.5 Betrachtung von Signalen exemplarischer Funkdienste .....	201
4.2 Elektrische Wechselfelder .....	204
4.2.1 Übersicht über die direkten und indirekten Messverfahren .....	204
4.2.2 Beschreibung der Messverfahren und Messgeräte ...	205
4.2.2.1 Potentialfreie Messung des ungestörten E-Feldes ...	205
4.2.2.2 Erdpotentialbezogene E-Feldmessung .....	211
4.2.2.3 Körperpotentialbezogene E-Feldmessung .....	213
4.2.2.4 Potentialfreie E-Feldmessung an der Körperoberfläche .....	214
4.2.2.5 Körperspannungsmessung .....	214
4.2.2.6 Messung des Körperableitstromes .....	218
4.2.2.7 Messung der Körperstromdichte .....	218
4.2.3 Eigenschaften und Grenzen der Messverfahren .....	220

4.2.3.1	Homogenes elektrisches Feld und potentialfreie E-Feldmessung .....	220
4.2.3.2	Erdpotentialbezogene E-Feldmessung .....	222
4.2.3.3	Körperpotentialbezogene E-Feldmessung .....	227
4.2.3.4	Leitfähiger Körper im homogenen E-Feld: potentialfreie E-Feldmessung an der Körperoberfläche .....	230
4.2.3.5	Messfehler-Fallen .....	231
4.2.3.6	Fazit und die Fragen zu den Antworten .....	235
4.2.3.7	Gegenüberstellung von Körperspannungsmessung und potentialfreier E-Feldmessung oder: „Entspannt ist nicht entfeldet“ .....	237
4.2.3.8	Abnahmemessung bei baubiologischer Elektro- installation mit geschirmten Komponenten .....	240
4.2.4	Messungen bei Dreiphasensystemen/ Dreh„spannungs“-systemen .....	243
4.3	Magnetische Wechselfelder (Niederfrequenz) .....	253
4.3.1	Funktionsprinzipien von Magnetfeldmessgeräten ....	253
4.3.2	Direkte Messverfahren .....	255
4.3.2.1	Messung an einem Punkt .....	255
4.3.2.2	Messung der räumlichen Magnetfeldverteilung – Rastermessung .....	257
4.3.2.3	Bestimmung des Ortes des Magnetfeld-Verursachers	259
4.3.3	Indirekte Messverfahren .....	260
4.3.4	Aspekte bei der Bewertung von Magnetfeld- Immissionen .....	261
4.3.4.1	Zeitverhalten von niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern .....	261
4.3.4.2	Gebräuchliche Beurteilungswerte .....	262
4.3.4.3	AVG+ und 95. Perzentil im Vergleich (SBM-2003/SBM-2008) .....	263
4.3.4.4	Bewertung von Immissionen auf Basis der TCO- Richtwerte .....	267
4.3.4.5	Bewertung von Immissionen bei maximaler Anlagenauslastung .....	267
4.4	Der Kilohertz- und untere Megahertz-Bereich: Netz- oberschwingungen, „Dirty Power“, PLC – Powerline Communication .....	268

4.4.1	Spannungs- und Strommessungen .....	268
4.4.2	Feldmessungen .....	271
4.5	Elektromagnetische Wellen (Hochfrequenz) .....	272
4.5.1	Breitbandige Messungen .....	272
4.5.2	Frequenzselektive Messungen .....	274
4.5.3	Handhabung der Messantenne/Schwenkmethode ...	275
4.5.4	Ortsabhängigkeit der Immissionen in Innenräumen .....	276
4.6	Elektrische Gleichfelder .....	277
4.7	Magnetische Gleichfelder .....	279
<b>5</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>283</b>
5.1	Vorsätze für dezimale Vielfache und Teile von Einheiten .....	283
5.2	Frequenzaufteilung nach IEC.....	284
5.3	HF-Bänder im Mikrowellenbereich .....	284
5.4	Dezibel-Tabelle .....	286
5.5	Hochfrequenzdämpfung von exemplarischen Baustoffen und Abschirmmaterialien .....	287
5.6	Abkürzungsverzeichnis .....	290
5.7	Glossar .....	293
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>299</b>	
Kapitel 1 und 2 .....	299	
Kapitel 3 und 4 .....	308	
Kapitel 5 .....	312	
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>313</b>	