

Inhaltsverzeichnis

1	Moderne Technik und Komfort, Vorsorgeprinzip und Umweltschutz – kein notwendiger Widerspruch	11
1.1	Die Welt wird mehr und mehr „elektronisch“, „digital“ und „drahtlos vernetzt“	11
1.2	Feldmesstechnik stellt immer höhere Ansprüche an die fachliche Qualifikation und die Messausrüstung	13
1.3	Baubiologische Elektrotechnik als Wirtschaftsfaktor	15
1.4	Reduktion von EMF – ein Gewinn für alle	17
2	Die Veränderung des EMF-Spektrums und ihre Folgen	19
2.1	Das natürliche EMF-Spektrum	19
2.1.1	Grundlegendes	19
2.1.2	Ausgewählte Aspekte zu Wirkungen	21
2.1.2.1	Erdmagnetfeld	21
2.1.2.2	Sonnenaktivität	22
2.1.2.3	Schumannresonanzen	24
2.1.2.4	Auswirkungen der Änderungen des Erdmagnetfeldes bzw. der Schumannresonanz auf den Menschen	26
2.1.2.5	VLF-Atmospherics	28
2.1.2.6	Auswirkungen der VLF-Atmospherics auf den Menschen	28
2.2	Technische Nutzung des Frequenzspektrums	30
2.2.1	Niederfrequenz	31
2.2.2	Hochfrequenz	33
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)	46
2.3.2.1	Studien zu elektromagnetischen Wellen	46
2.3.2.2	Studien zu Mobilfunksendeanlagen	47

2.3.2.3	Studien zur gesundheitlichen Wirkung von Mobiltelefonen.....	48
2.4	Vorsorgeprinzip.....	52
2.4.1	Prävention.....	53
2.4.2	Grenz- und Richtwerte.....	54
2.4.2.1	Gesetzliche Grenzwerte und ICNIRP-Referenzwerte ...	54
2.4.2.2	EUROPAEM EMF Leitlinie 2016 – European Academy for Environmental Medicine.....	57
2.5	Grundlegende Begriffe zu statistischen Untersuchungen	64
3	Physik der EM-Felder.....	69
3.1	Grundlagen.....	69
3.1.1	Feldbegriff – räumliche Darstellung von Feldern	69
3.1.2	Zeitverhalten von Feldern	71
3.1.3	EM-Feldarten und ihre Beschreibung.....	75
3.1.3.1	Quellenfelder.....	77
3.1.3.2	Wirbelfelder	79
3.1.4	Gleichfelder.....	83
3.1.5	Niederfrequente Wechselfelder (NF).....	83
3.1.6	Hochfrequente elektromagnetische Wellen (HF)	84
3.1.6.1	Funkwellen	87
3.1.6.2	Infrarotlicht (IR) / Wärmestrahlung.....	87
3.1.6.3	Sichtbares Licht	88
3.1.6.4	Ultraviolettes Licht (UV)	89
3.1.6.5	Röntgenstrahlung.....	90
3.1.6.6	Gammastrahlung	91
3.1.7	Höhenstrahlung.....	91
3.1.8	Teilchenstrahlung	92
3.1.9	Zusammenfassung der Grundlagen zu EMF.....	93
3.2	Elektrische Wechselfelder (Niederfrequenz).....	94
3.2.1	Elektrische Quellenfelder.....	95
3.2.2	Elektrische Wirbelfelder.....	95
3.2.3	Elektrische Quellenfelder und Influenz.....	95
3.2.4	Elektrische Feldstärke und Potential	98
3.3	Magnetische Wechselfelder (Niederfrequenz)	104
3.3.1	Magnetische Wirbelfelder	104
3.3.2	Magnetische Induktion	107

3.4	Der Kilohertz- und untere Megahertz-Bereich: Netz- überschwingungen, „Dirty Power“, PLC	111
3.4.1	Netzüberschwingungen, „Dirty Power“	111
3.4.2	PLC – Powerline Communication	112
3.4.2.1	Breitband-PLC (dLAN)	114
3.4.2.2	Schmalband-PLC (Bänder CENELEC-A und FCC)	118
3.5	Elektromagnetische Wellen (Hochfrequenz)	123
3.5.1	Frequenzbereiche elektromagnetischer Wellen	123
3.5.2	Abstrahlung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	124
3.5.3	Hochfrequenzdämpfung/ „Abschirmung“	129
3.5.3.1	Maßstäbe für die Hochfrequenz-Schirmdämpfung	130
3.5.3.2	Wirkprinzipien der Hochfrequenzdämpfung	133
3.5.4	Antennen	135
3.5.4.1	Polarisation	135
3.5.4.2	Frequenzgang und Antennenfaktor	137
3.5.4.3	Richtcharakteristik und Antennengewinn, ERP und EIRP	137
3.5.4.4	Immissionsverlauf in der Umgebung von Antennen mit Richtwirkung	140
3.5.4.5	Antennenneigung (Downtilt)	144
3.5.4.6	Antennenarten	146
3.5.4.7	Adaptive Antennen (Smart Antennas)	153
3.5.5	Spezifische Absorptionsrate (SAR)	154
3.5.6	Modulationsverfahren	154
3.5.6.1	AM – Amplitudenmodulation	156
3.5.6.2	FM – Frequenzmodulation	160
3.5.6.3	PM – Phasenmodulation oder Winkelmodulation	161
3.5.7	Zugriffsverfahren	163
3.5.7.1	FDMA – Frequency Division Multiple Access (Frequenzmultiplex)	163
3.5.7.2	TDMA – Time Division Multiple Access (Zeitmultiplex)	164
3.5.7.3	FHMA – Frequency Hopping Multiple Access (Zeitmultiplex plus Frequenzsprungverfahren)	168
3.5.7.4	CDMA – Code Division Multiple Access (Codemultiplex)	169

3.5.7.5	TD-CDMA – Time Division-Code Division Multiple Access (Zeit- und Codemultiplex)	174
3.5.7.6	OFDM(A)/COFDM(A) – Orthogonal Frequency Division Multiplexing bzw. Multiple Access/ Coded OFDM(A)	175
3.5.7.7	SDMA – Space Division Multiple Access (Vielfachzugriff durch Raumaufteilung) am Beispiel 5G NR.....	182
3.5.8	Duplexverfahren.....	211
3.5.8.1	FDD – Frequency Division Duplex/Frequenzduplex.....	211
3.5.8.2	TDD – Time Division Duplex/Zeitduplex.....	212
3.6	Elektrisches Gleichfeld.....	212
3.7	Magnetisches Gleichfeld.....	213
3.8	Darstellung von Feldgrößen in Dezibel (dB)	214
3.8.1	Dezibel als dimensionsloser, relativer Verhältniswert	215
3.8.2	Dezibel als absoluter Wert.....	217
3.8.3	Übertragungsfaktoren in Dezibel	218
4	Baubiologische Feldmesstechnik	225
4.1	Messung von Vektorfeldern	225
4.1.1	Prinzipieller Aufbau von Feldmessgeräten.....	226
4.1.2	Spitzenwert, Effektivwert (RMS) und Average.....	233
4.1.3	Spektrumanalyse.....	239
4.1.3.1	Darstellungsmöglichkeiten von Signalen im Zeit- und im Frequenzbereich	239
4.1.3.2	Impuls – Puls – Periodischer Puls	240
4.1.3.3	Mittler zwischen den Welten Zeit und Frequenz: Fourieranalyse und -synthese	242
4.1.3.4	Technische Realisierung der Spektrumanalyse.....	248
4.1.3.5	Betrachtung von Signalen exemplarischer Funkdienste.....	249
4.2	Elektrische Wechselfelder.....	252
4.2.1	Übersicht über die direkten und indirekten Messverfahren.....	252
4.2.2	Beschreibung der Messverfahren und Messgeräte	253
4.2.2.1	Potentialfreie Messung des ungestörten E-Feldes	253

4.2.2.2	Erdpotentialbezogene E-Feldmessung	259
4.2.2.3	Körperpotentialbezogene E-Feldmessung	261
4.2.2.4	Potentialfreie E-Feldmessung an der Körper- oberfläche	262
4.2.2.5	Körperspannungsmessung	262
4.2.2.6	Messung des Körperableitstromes	265
4.2.2.7	Messung der Körperstromdichte.....	266
4.2.3	Eigenschaften und Grenzen der Messverfahren	268
4.2.3.1	Homogenes elektrisches Feld und potentialfreie E-Feldmessung.....	268
4.2.3.2	Erdpotentialbezogene E-Feldmessung	270
4.2.3.3	Körperpotentialbezogene E-Feldmessung	275
4.2.3.4	Leitfähiger Körper im homogenen E-Feld: potential- freie E-Feldmessung an der Körperoberfläche.....	277
4.2.3.5	Messfehler-Fallen	279
4.2.3.6	Fazit und die Fragen zu den Antworten	282
4.2.3.7	Gegenüberstellung von Körperspannungsmessung und potentialfreier E-Feldmessung, oder: „Entspannt ist nicht entfeldet“	284
4.2.3.8	Abnahmemessung bei baubiologischer Elektro- installation mit geschirmten Komponenten.....	287
4.2.4	Messungen bei Dreiphasensystemen/ Dreh„spannungs“-systemen	290
4.3	Magnetische Wechselfelder (Niederfrequenz)	301
4.3.1	Funktionsprinzipien von Magnetfeldmessgeräten.....	301
4.3.2	Direkte Messverfahren.....	302
4.3.2.1	Messung an einem Punkt	302
4.3.2.2	Messung der räumlichen Magnetfeldverteilung – Rastermessung.....	304
4.3.2.3	Bestimmung des Ortes des Magnetfeld-Verursachers	307
4.3.3	Indirekte Messverfahren	308
4.3.4	Aspekte bei der Bewertung von Magnetfeld- Immissionen.....	309
4.3.4.1	Zeitverhalten von niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern	309
4.3.4.2	Gebräuchliche Beurteilungswerte.....	310
4.3.4.3	AVG+ und 95. Perzentil im Vergleich (SBM-2003/SBM-2008)	311

4.3.4.4	Bewertung von Immissionen auf Basis der TCO-Richtwerte	314
4.3.4.5	Bewertung von Immissionen bei maximaler Anlagenauslastung	315
4.4	Der Kilohertz- und untere Megahertz-Bereich: Netz- oberschwingungen, „Dirty Power“, PLC – Powerline Communication	316
4.4.1	Spannungs- und Strommessungen	316
4.4.2	Feldmessungen	321
4.5	Elektromagnetische Wellen (Hochfrequenz)	322
4.5.1	Breitbandige Messungen, allgemein	322
4.5.2	5G-Immissionsmessungen mit Breitband- messgeräten	324
4.5.3	Frequenzselektive Messungen	335
4.5.4	Handhabung der Messantenne/Schwenkmethode	336
4.5.5	Ortsabhängigkeit der Immissionen in Innenräumen	337
4.5.6	Zeitliche Abhängigkeit von Mobilfunk-Immissionen	338
4.6	Elektrische Gleichfelder	339
4.7	Magnetische Gleichfelder	340
5	Anhang	343
5.1	Vorsätze für dezimale Vielfache und Teile von Einheiten	343
5.2	Frequenzaufteilung nach IEC	344
5.3	HF-Bänder im Mikrowellenbereich	344
5.4	Dezibel-Tabelle	346
5.5	Hochfrequenzdämpfung von exemplarischen Baustoffen und Abschirmmaterialien	347
5.6	Abkürzungsverzeichnis	350
5.7	Glossar	354
	Literaturverzeichnis	359
	Kapitel 1 und 2	359
	Kapitel 3 und 4	371
	Kapitel 5	380
	Stichwortverzeichnis	381