



Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

<http://www.ssk.de>

Elektromagnetische Felder neuer Technologien

Statusbericht der Strahlenschutzkommission

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung	3
2 Telekommunikationssysteme	5
2.1 Grundsätzliches	5
2.2 Tabellarische Übersicht	7
3 Anwendungen im Haushalt und im Büro	13
3.1 Trends und neue Feldquellen	13
3.2 Trends im Niederfrequenzbereich	13
3.3 Trends bei Kommunikationsanwendungen	14
3.4 Powerline-Communication (PLC)	15
4 Technologien in Verkehrssystemen	16
4.1 Entwicklung	16
4.2 Quellen elektromagnetischer Felder im Innern des Fahrzeugs	16
4.3 Außerhalb des Fahrzeugs erzeugte elektromagnetische Felder	17
4.3.1 Mobile Dienste und Informationssysteme	17
4.3.2 Radarsysteme zur Ermittlung des Abstandes (Antikollisionssysteme)	17
5 Warensicherungs-, Identifikations- und Zugangskontrollsysteme	17
5.1 Elektromagnetische Systeme	18
5.2 Akusto-Magnetische Systeme	18
5.3 Systeme mit Radiofrequenz	19
5.4 Mikrowellen-Systeme	19
5.5 Transponder- und Lesesysteme	19
6 Anwendungen in Industrie, Handel und Gewerbe	19
6.1 Drahtlose Kommunikationssysteme	20
6.2 Neue Bearbeitungs- und Fertigungsverfahren	20
6.3 Sonderanwendungen	21
7 Anwendungen im Gesundheitsbereich	21
7.1 Magnetfeld-Diagnostik	21
7.2 Magnetfeld-Therapie	22
7.2.1 Magnetfeld-Anwendungen zur Selbstbehandlung	22
7.2.2 Magnetstimulatoren	22
7.3 Hochfrequenz-Therapie	22
7.4 Andere Anwendungen	23
8 Hoheitliche Anwendungen	23
8.1 Ultrabreitbandiges Bodendurchdringungsradar, z.B. zur Minensuche (UWB-Radar)	23
8.2 Hochleistungs-Mikrowellen (High Power Microwaves – HPM)	23
8.3 Radar	24
9 Zusammenfassung	25
10 Abkürzungsverzeichnis	26
11 Literatur	27

1 Einleitung

Die Exposition der Menschen gegenüber unterschiedlichen elektromagnetischen Feldern nimmt aufgrund neuer Technologien im Alltag und im Berufsleben seit Jahren ständig zu. Die Strahlenschutzkommission (SSK) hat sich daher zum Ziel gesetzt, die wichtigsten aktuellen wie auch zukünftigen technischen und technologischen Entwicklungen mit relevanten Emissionen elektromagnetischer Felder in unterschiedlichen Lebensbereichen zu betrachten, um rechtzeitig den Handlungsbedarf im Hinblick auf mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen und Risiken aufzuzeigen. Angesichts der Vielfalt und Dynamik der Entwicklung kann dieser Statusbericht naturgemäß keine vollständige Aufzählung enthalten, sondern beschränkt sich auf die Erfassung allgemeiner Trends, die anhand von Beispielen anschaulich gemacht werden.

Besonders beachtenswerte Entwicklungen ergeben sich derzeit in folgenden Bereichen:

- Telekommunikationssysteme,
- Rundfunk- und Fernsehtechnik,
- Anwendungen im Haushalt und in Büros,
- Technologien in Verkehrssystemen,
- Warensicherungs-, Identifikations- und Zugangskontrollsysteme,
- Anwendungen in Industrie, Handel und Gewerbe,
- Anwendungen im Gesundheitsbereich sowie
- hoheitliche Anwendungen.

Die Betrachtungen zu den einzelnen Themengebieten sind insofern erschwert, da die für eine Charakterisierung der mit den neuen Technologien verbundenen Feldverhältnisse erforderlichen Daten nicht immer erhoben werden konnten. Dies hat verschiedene Gründe, da z.B.

- neue Technologien in vielen Details noch nicht ausreichend definiert sind,
- alle damit möglichen zukünftigen Anwendungsbereiche derzeit selbst von Herstellern noch nicht vollständig absehbar sind,
- seitens mancher Hersteller keine Daten angegeben werden konnten, da sie der Problematik der Emission elektromagnetischer Felder bisher zu wenig Aufmerksamkeit gewidmet haben und/oder
- in einigen Fällen diese Informationen zurückgehalten werden.

Die SSK hat in der Vergangenheit mehrmals, zuletzt 2001 und 2003 [SSK 01, SSK 03] Empfehlungen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern ausgesprochen. Sie musste mit Besorgnis feststellen, dass die Emissionen in einigen Fällen nur mit großen Schwierigkeiten erhoben werden konnten. Die Hersteller sind verpflichtet, die möglichen Emissionen elektromagnetischer Felder zu bestimmen und in die Risikoanalyse ihrer Produkte einzubeziehen (z.B. nach Arbeitsschutzgesetz [ASG 96], Medizinproduktegesetz [MPG 01], Gerätesicherheitsgesetz [GSG 01], Gesetz über Funkanlagen [FTG 01]). Die o.a. Empfehlungen beinhalten u.a. folgende Aussagen:

- Die SSK empfiehlt, bei der Entwicklung von Geräten und der Errichtung von Anlagen die Minimierung von Expositionen zum Qualitätskriterium zu machen.

- Die SSK fordert, dass Hersteller und Betreiber rechtzeitig vor der Einführung neuer Technologien die für eine gesundheitliche Bewertung notwendigen Emissionsdaten offenlegen müssen.
- Die SSK fordert, dass Markteinführer für alle Geräte und Anlagen, die relevante Expositionen verursachen, entsprechende Produktinformationen in die Benutzerinformationen aufnehmen.
- Die SSK weist darauf hin, dass besonders bei der Einführung neuer Technologien die rechtzeitige Risikokommunikation unverzichtbar ist, und empfiehlt, vor und begleitend zur Einführung neuer Technologien die Öffentlichkeit über die Emissionen elektromagnetischer Felder und mögliche gesundheitliche Auswirkungen zu informieren.
- Die SSK empfiehlt, die Hersteller in geeigneter Weise darauf aufmerksam zu machen, dass die Bewertung der Emission elektromagnetischer Felder ihrer Geräte Bestandteil ihrer Risikobewertung sein muss. Dabei sind sowohl der bestimmungsgemäße Gebrauch als auch die zu erwartende gleichzeitige Präsenz weiterer Geräte zu betrachten.
- Die SSK fordert, vor einer Genehmigung zur Einführung großflächiger Anwendungen (z.B. Vergabe von Mobilfunklizenzen, Errichtung von Road Pricing Systemen, Autoabstandsradar) mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen durch verursachte elektromagnetische Felder als ein Bewertungskriterium mit heranzuziehen.
- Die SSK empfiehlt, darauf einzuwirken, dass für die Bewertung der Exposition geeignete, standardisierte Messverfahren entwickelt werden.
- Die SSK empfiehlt, geeignete Strategien zu entwickeln, um unzulässige Erhöhungen der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern, insbesondere durch das Zusammenwirken mehrerer Quellen, rechtzeitig erkennen und verhindern zu können.
- Die SSK empfiehlt, Grenzwerte für alle technischen Geräte und Anlagen einzuführen, die elektromagnetische Felder erzeugen. Dabei ist bei Geräten grundsätzlich von den Basisgrenzwerten auszugehen und abgeleitete Grenzwerte sind nur in jenen Fällen anzuwenden, bei denen eine gesicherte Beziehung zwischen den beiden Grenzwertarten abgeleitet werden kann.
- Die SSK empfiehlt, den gesamten Frequenzbereich zwischen 0 Hz und 300 GHz in die Grenzwertsetzung auf der Basis der EU-Ratsempfehlung einzubeziehen.
- Die SSK empfiehlt, insbesondere im Hinblick auf die dynamische Entwicklung der neuen Technologien, regelmäßig einen Statusbericht über neue Technologien erstellen zu lassen.

Die vorliegende Aufstellung erhebt zwar keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie zeigt aber die Vielfalt der künftig zu erwartenden Quellen elektromagnetischer Felder mit unterschiedlichen Charakteristika.

Die Angabe der Emissionsdaten neuartiger Feldquellen sowie der damit im Alltag und im Berufsleben verbundenen Immissionen, aber auch ergänzende Betrachtungen der Feldexpositionen in speziellen Situationen des bestimmungsgemäßen Gebrauchs, z.B. in bestimmten Räumlichkeiten oder bei gleichzeitig anzunehmenden weiteren Feldquellen (z.B. die Verwendung von Datenerfassungsgeräten in neuartigen öffentlichen Verkehrsmitteln in Zügen, Straßenbahnen, etc.), sind für eine strahlenhygienische Bewertung unbedingt erforderlich.

2 Telekommunikationssysteme

2.1 Grundsätzliches

Die zunehmende Mobilität der Bevölkerung sowie Neuerungen bei Dienstleistungsangeboten und Arbeitsprozessen finden ihren deutlichen Niederschlag in zum Teil erheblichen Veränderungen bei der Nutzung des Frequenzspektrums in der Bundesrepublik Deutschland.

Der Mobilfunk hat sich zu einem Massenmarkt für alle Schichten der Bevölkerung entwickelt. Gründe dafür sind unter anderem die gewonnene Mobilität, d.h. zu vertretbaren Preisen zu jeder Zeit an fast jedem Ort erreichbar zu sein, und in Zukunft die zunehmende Vielfalt neuer Mobilfunkdienste.

Darüber hinaus wird in Zukunft der Einsatz von kabellosen Übertragungssystemen eine immer größere Rolle spielen. Dies hängt insbesondere mit den beträchtlichen Vorteilen zusammen, die sich aus solchen Techniken ergeben. Aufwendige Verkabelungen entfallen und man erreicht auch Orte, die mit konventioneller Verkabelung nicht zu erreichen wären (u.a. Fernsteuerungen für Thermostate in extremen Umgebungen). Andere Vorteile liegen in der Produktivitätssteigerung bzw. in Sicherheitsverbesserungen (z.B. Warenerkennungssysteme, aktive Sensorik in Auto-Bremsanlagen, Verbesserungen beim Flug- und Seefunk).

Gerade im Bereich von Datenübertragungen über kurze Strecken (WLAN) eröffnet sich aufgrund allgemein lizenzierter Nutzung sowohl im 2,4-GHz-Band als auch im 5-GHz-Band zurzeit ein erfolversprechender Markt. Dieser erstreckt sich nicht nur auf die Industrie, sondern bildet aufgrund seiner preisgünstigen Systeme auch eine echte Alternative für den Konsumentenmarkt.

Durch die Digitalisierung schreitet die Weiterentwicklung solcher Systeme rasch fort. Gleichzeitig kommen neue komplexere Übertragungstechniken (z.B. beim digitalen Rundfunk und Fernsehen (DVB und DAB) und Modulationsarten zum Einsatz. Dabei soll die Qualität der einzelnen Dienste in Verbindung mit der Übertragung höherer Datenraten, ausreichenden Reichweiten und geringerer Störanfälligkeiten gegenüber anderen Funkanwendungen erhöht werden.

Zu bemerken ist ebenfalls, dass die neuen digitalen Übertragungstechniken im Rundfunkbereich im Vergleich zu den analogen amplituden- oder frequenzmodulierten Ton- und Fernseh-rundfunksendern zum Teil mit erheblich geringeren abgestrahlten Leistungsflussdichten betrieben werden.

Der Wandel in den Diensten und Netzen zeigt sich darin, dass einerseits neue Dienste und Netze (z.B. Lokalisierungsdienste über Mobilfunk des Standards GSM oder UMTS bzw. beweglicher Funkdienst über Satellit oder funkgestützte Mauterfassungssysteme, das digitale Radio in Kurz- und Mittelwelle) entstehen, während andererseits alte analoge Funkanwendungen entfallen (z.B. schnurlose Telephonie nach CT-Standards, TFTS oder Paging Dienste). Darüber hinaus ändern sich auch die technischen Nutzungsbedingungen. So werden z.B. die analogen Rundfunkfrequenzbereiche in Zukunft durch die Digitaltechnik genutzt werden, so dass ein Großteil des Frequenzbereiches frei und für andere Nutzungen verfügbar wird.

Mit zukünftigen neuen rekonfigurierbaren Systemen, z.B. SDR (Software-Definiertes Radio) wird es möglich sein, ein Funkgerät mittels Software über ein bestimmtes Frequenzspektrum frei zu konfigurieren. Es können so über eine neue (fernladbare) Gerätesoftware alle im De-

signbereich des Gerätes liegenden Nutzungsmöglichkeiten eingespielt und betrieben werden. Diese Möglichkeiten der neuen Flexibilität – Veränderung der Sende- bzw. Empfangsfrequenzen, der Modulationsart und der Leistung – müssen auch bei der Bewertung der zukünftigen Emissionen berücksichtigt werden.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die vorstehend genannten Telekommunikationssysteme und Dienste. Informationen über die den gelisteten Funksystemen zugrunde liegenden Normen können über das Europäische Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI, www.etsi.org), die Internationale Fernmeldeunion (ITU, www.itu.int) oder über die Hersteller bezogen werden.

2.2 Tabellarische Übersicht

Tabelle 1: Beispiele für neue und in Entwicklung befindliche Telekommunikationssysteme (Funkanwendungen) ¹

Funkanwendung, Benutzer	Frequenzbereich	Modulation / Codierung	Leistung	Senderabdeckung bzw. -reichweite	Entfernung zu Personen	Sicherheitsabstand ²	Stückzahl / Versorgungsgebiet
Mobilfunk / UMTS; Sender, Betreiber öffentlicher Netze	2110 - 2170 MHz, Downlink	W-CDMA	15 - 30 W	500 m-10 km, bundesweit	körperfern	< 5 m, entspr. Standortbescheinigung	> 10.000 pro Netz/gesamtes Gebiet der Bundesrepublik
Mobilfunk / UMTS; Mobilteil, „jeder-mann“	1920 - 1980 MHz, Uplink	W-CDMA	0,125 - 0,25 W	bis 10 km	Körperkontakt	nicht erforderlich	1 - 10 Mio. (5Jahreszeitraum)
Satellitenfunk UMTS; Mobiltelefone	28 GHz	BPSK / QPSK	2 W		Körperkontakt	nicht erforderlich	insges. geringe Teilnehmerzahl wegen guten Ausbaus des terr. Mobilfunks
Satellitenfunk; Betreiber öffentlicher Netze/ Firmennetze, geschlossene Nutzergruppen	4/6 GHz bzw. 11/12-14 GHz bzw. 20/30 GHz	QPSK und 8-PSK bei großen Antennen auch QAM	Große Erdfunkstellen bis ca. 10 kW (EIRP) in Hauptstrahlrichtung	Europa	körperfern	< 3500 m entspr. Standortbescheinigung	einige
			Rückkanäle über stationäre Anlagen bis 4W SSPAs	Kommunikation zu Satelliten	körperfern	nicht erforderlich	ca. 100.000 VSAT in Europa

¹ Abkürzungen siehe Abkürzungsverzeichnis am Ende des Berichtes

² Der Sicherheitsabstand bezieht sich auf typische Sendeleistungen und kann im Einzelfall davon abweichen.

Funkanwendung, Benutzer	Frequenzbereich	Modulation / Codierung	Leistung	Senderabdeckung bzw. reichweite	Entfernung zu Personen	Sicherheitsabstand	Stückzahl / Versorgungsgebiet
Mobilfunk / professionelle TETRA; Sender: Firmennetze / besondere Bedarfsträger (z.B. Polizei, Feuerwehren, Flughäfen, ÖPNV, öff. Bündelfunk)	390 - 400 MHz 420 - 430 (380 - 400) 440 - 450 460 - 470 870 - 876 915 - 921	DQPSK	bis 100 W ERP	standortbezogen, ca. 10 km bei BOS bundesweit	körperfern	< 10 m; entspr. Standortbescheinigung	< 20.000 in Europa/ regionale bzw. bundesweite Netze
Mobilfunk / prof. TETRA; Mobilteil, Einzelpersonen beruflich, auch Kfz-Einbaugeräte	380 - 390 MHz 410 - 420 440 - 450 450 - 460 870 - 876 915 - 921	DQPSK bis 200 kbps	Fahrzeug bis 6 W ERP	zukünftig Reichweiten bis 120 - 200 km (Release 2)	körpernah	< 1 m	> 10 000 in Deutschland
			Handheld bis 2,5 W ERP	> 10 km	Körperkontakt	nicht erforderlich	< 5 Mio. in Europa
Rundfunk digital DAB	Band III, L-Band 1 452 - 1 492 MHz	COFDM	bis 1 kW	> 60 km; bundesweit	körperfern	< 30 m entspr. Standortbescheinigung	> 100
Rundfunk digital MW/KW/LW DRM	< 30 MHz	COFDM	50 kW/120 kW/200 kW	> 100 km bundesweit	körperfern	< 300 m entspr. Standortbescheinigung	wenige

Funkanwendung, Benutzer	Frequenzbereich	Modulation / Codierung	Leistung	Senderabdeckung bzw. -reichweite	Entfernung zu Personen	Sicherheitsabstand	Stückzahl / Versorgungsgebiet
Fernsehen digital DVB	Terr: VHF/UHF-Rundfunkbereiche Sat: 10,7 - 12,75 GHz	Terr: COFDM Kabel: QAM Sat: QPSK	Terr. Sender bis 10 kW/ Bereich	Zellen mit bis zu 60 km Durchmesser mit max. 45 Kanälen a 15 Mbps	körperfern	< 100 m entspr. Standortbescheinigung	wenige
			Rückkanäle bis 4 W SSPAs	Kommunikation zu Satelliten	körperfern	nicht erforderlich	> 1000
Lokale Mobilkommunikation (WLAN, Bluetooth)	5 GHz - 6 GHz 2,4 GHz – 2,5 GHz	OFDM Spread Spectrum, Hybrid Direkt-Sequenz und Frequenz-Hopping	1 mW - 1 W	bis 100 m	körpernah	nicht erforderlich	> 1 Million, kleinräumig, bundesweites Netz möglich
Richtfunk / WLL Nur stationäre Sender Betreiber öffentlicher Netze	Europa: 1,88 - 1,9 GHz DECT-WLL 2,5 - 2,67 PMP 3,41 - 3,6 PMP 24,549 - 26,061 PMP	TDMA, CDMA und nahezu alle gängigen Modulationsarten	2 - 8 W	Zellen mit 2 - 5 km Durchmesser	körperfern	< 10 m entspr. Standortbescheinigung	zurzeit noch sehr gering/singuläre Anwendungen als Ersatz für Kabel
Short Range Devices	9 kHz – 25 MHz 25 MHz – 1 GHz 1 GHz – 40 GHz	zunehmend frequenzvariable Sender aller Modulationsarten	normalerweise bis 100 mW, in wenigen Fällen auch darüber bis zu 2 W	< 100 m	körpernah	< 10 cm	starkes Marktwachstum, besonders bei RFID und Daten-/ Telematik-anwendungen

Erläuterungen zu den in der Tabelle genannten Funkdiensten:

A Öffentlicher Mobilfunk (UMTS)

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ist der von ETSI erarbeitete europäische Mobilfunk-Standard der dritten Mobilfunkgeneration (3G). Diese Technik ermöglicht eine deutlich höhere Datenübertragungsrate (theoretisch bis zu 2 MBit/s) als das Vorgängersystem GSM. Durch UMTS können weltweit hochwertige, breitbandige Informationen, Handelsdienstleistungen und Unterhaltungsdienste mobil genutzt werden.

Die Leistungsfähigkeit des UMTS-Netzes wird durch eine neuartige Funkschnittstelle erzielt, wobei Antennenversorgungsbereiche (Zellen) unterschiedlicher Größe und mit unterschiedlichen Datenraten kombiniert werden. Innerhalb einer Zelle steht allen aktiven Teilnehmern gemeinsam pro (Duplex-5-MHz-) Frequenzband eine Übertragungsrate von 2 Mbit/s zur Verfügung.

Die Netz-Infrastruktur des zellularen UMTS-Netzes kennt als zentrale Zellenstation die Basisstation. Diese funkt die Daten an eine übergeordnete Steuereinheit weiter, dem so genannten Radio-Network-Controller (RNC). Von dort geht es über eine Schnittstelle, dem Media-Gateway, ins Kernnetz. Der funktechnische Teil des UMTS-Netzes heißt UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network).

Im Bereich der Fortentwicklung der dritten Mobilfunk-Generation (3G) wird bereits über mögliche künftige Nachfolgesysteme und neue Dienste nachgedacht.

Die Durchmesser der Funkzellen der UMTS-Netze werden im Vergleich zu GSM-Zellen bedeutend kleiner sein, was ein dichteres Netz von Basisstationen erfordert. Die abgestrahlte Sendeleistung wird auf ein wesentlich breiteres Frequenzspektrum verteilt, so dass die auftretenden abgestrahlten Leistungsflussdichten seitens der stationären Basisstationen geringer sind als die der GSM-Basisstationen.

B Privater Mobilfunk (Betriebsfunk, Bündelfunk, TETRA)

In Abgrenzung zu den öffentlichen Mobilfunknetzen ist das wesentliche Merkmal von privaten Funknetzen die Bereitstellung von Kommunikationsdienstleistungen innerhalb einer oder mehrerer geschlossener Benutzergruppen. Diese Mobilfunknetze entwickeln sich in technischer Sicht zunehmend in Richtung der öffentlichen Mobilfunknetze, d.h. sie besitzen das gleiche technische Potential. Jedoch unterscheiden sie sich im Wesentlichen durch die Adressierung eines Nischenmarktes im Vergleich zu öffentlichen Netzen, somit im Wesentlichen durch ihre Kommerzialisierung.

Beim derzeitigen Betriebsfunk handelt es sich um eine Funkkommunikation im Simplex-Betrieb mit Sprechtafel, bei der dem Benutzer eine eigene exklusiv nutzbare Frequenz zugeteilt wird. Er ist eine Form der Mobilkommunikation, bei der die räumliche Ausdehnung begrenzt ist, was den Einsatz auf geschlossene Benutzergruppen, wie Taxis oder Betriebe, sinnvoll erscheinen lässt. Betriebsfunksysteme können zur Steuerung betrieblicher Abläufe, für Überwachungsaufgaben und Notfallsituationen eingesetzt werden.

Wegen der begrenzten Reichweite und der oft nur sporadisch belegbaren Frequenzen empfiehlt sich für viele Anwender der Übergang zu der Weiterentwicklung des Betriebsfunks, dem Bündelfunk.

B 1 Bündelfunk

Unter Bündelfunk versteht man einen zellularen Mobilfunkdienst für betriebliche Kommunikationsanwendungen – speziell für die Sprachkommunikation. Er ist eine Fortentwicklung des Betriebsfunks, bei dem sich viele Nutzer einen Kanal teilen müssen, um ihn effizienter und damit wirtschaftlicher zu nutzen.

Beim Bündelfunk handelt es sich um ein vermitteltes Kommunikationsnetz, bei dem die Funkkanalzuordnung eines exklusiven Kanals erst dann erfolgt, wenn ein Nutzer einen Verbindungswunsch signalisiert. Dies führt zu einer wesentlich effizienteren Frequenzausnutzung als beim Betriebsfunk mit starrer Frequenzkanalzuordnung. Über einen speziellen Organisationskanal erfolgt die Signalisierung, Steuerung und Überwachung des Funkverkehrs.

Bündelfunknetze sind mehrheitlich auf ein bestimmtes regionales Gebiet begrenzt. Es handelt sich um reine Inselnetze mit Halbduplex- und auch mit Duplex-Übertragung. Bei der Halbduplex-Übertragung steht ein Funkkanal zeitlich nacheinander in beiden Verkehrsrichtungen zur Verfügung; bei der Duplex-Übertragung stehen beide Verkehrsrichtungen gleichzeitig zur Verfügung.

Der Bündelfunk stellt den verschiedenen Anwendergruppen (Geschäftskunden, Speditionen, Servicediensten usw.) die gemeinsame Nutzung eines Frequenzbündels für die Mobilkommunikation zur Verfügung.

B 2 TETRA (zivil)

Der Bündelfunkstandard TETRA (Terrestrial Trunked Radio) eignet sich als universelle Systemplattform für die unterschiedlichsten Mobilfunkdienste: Funkruf, Bündelfunk, Telefonie, Fernwirken und Datenübertragung. Das TETRA-Netz ist ein Funkzellen-basiertes Netz, bei dem die mobilen Funkgeräte mit der TETRA-Basisstation (TBS) kommunizieren.

B 3 Tetrapol

Als Konkurrenzverfahren zu dem Bündelfunk-Standard TETRA hat sich Tetrapol (ein digitales Bündelfunksystem) entwickelt. Das Verfahren ist noch nicht standardisiert. Tetrapol bietet ebenso wie TETRA die Vorteile von Professional Mobile Radio (PMR), wie schnellen Rufaufbau, Gruppenruf, Übergang in die öffentlichen Mobilfunknetze und Internetzugang.

TETRA und Tetrapol unterscheiden sich technisch und sind in der Luftschnittstelle nicht kompatibel. So ist das Kanalzugriffsverfahren von Tetrapol FDMA das von TETRA TDMA. Außerdem nutzen beide Systeme unterschiedliche Kompressionsverfahren.

B 4 TETRA BOS (Polizeifunk, Feuerwehren und Rettungsdienste)

Hinter dem Kürzel TETRA BOS verbirgt sich ein so genanntes digitales Bündelfunksystem (TETRA), speziell entwickelt für den professionellen Bereich, wie zum Beispiel für Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS).

B 5 Öffentlich genutzte CDMA-Netze

CDMA ist die Abkürzung für Code Division Multiple Access. Es ist ein Verfahren, welches mehreren Benutzern den Zugriff auf einen Übertragungskanal ermöglicht. In diesem Verfah-

ren, das in Mobilfunksystemen eingesetzt wird, belegen alle Benutzer denselben Frequenzbereich, jedoch wird das Nutzsignal für jeden Benutzer unterschiedlich codiert.

TETRA, Tetrapol sowie CDMA PAMR werden bzw. sollen im zivilen Bereich eingesetzt werden.

C Digitaler UKW-Rundfunk

Das Projekt eines landgestützten digitalen Rundfunks (DBA) mit Datenreduktion und 128 kbit/s je Monokanal wird seit 1995 betrieben. DAB wird als regulärer Dienst – vorerst parallel zu UKW – abgestrahlt. Die Vorteile gegenüber UKW liegen in der hohen Empfangsqualität (CD-Qualität) – auch beim mobilen Empfang – und in einer um den Faktor 3 höheren Frequenzökonomie.

D Lokale Mobilkommunikation (WLAN, Bluetooth)

D 1 WLAN

Wireless LANs sind drahtlose lokale Netze, die Kabelverbindungen durch Funkfrequenzen im Mikrowellenbereich oder mit Infrarotlicht-Verbindungen ersetzen. Im Funkbereich werden sie bei ETSI (HiperLAN) und bei IEEE (802.11) standardisiert.

D 2 Bluetooth

Bluetooth heißt der Standard für die Funk-Kommunikation mit geringen Reichweiten, die bei etwa 10 Metern liegen und durch die festgelegte geringe Sendeleistung von 1 mW bedingt sind. Durch Einsatz von Verstärkern kann die Entfernung auf 100 Meter (Sendeleistung 100 mW) erhöht werden. Bluetooth wurde ursprünglich entwickelt, um mit Hilfe der Funktechnik die vielen Kabelverbindungen zwischen Geräten abzuschaffen. Im Gegensatz zur Infrarot-Technik (IrDA) können die Bluetooth-Geräte dabei auch ohne Sichtkontakt miteinander kommunizieren und neben Daten auch Sprache übertragen.

Der Bluetooth-Standard hat das Ziel, die Kurzstrecken-Kommunikation zwischen bis zu acht Endgeräten wie Notebooks, Organizer, PDAs und Handys zu unterstützen. Aber auch die Fernsteuerung von Druckern, Fernsehapparaten, Radios oder anderen elektronischen Geräten ist vorgesehen.

E Richtfunk/ WLL

E 1 Richtfunk

Beim Richtfunk handelt es sich um Funkverbindungen des so genannten festen Funkdienstes, bei denen rundum stark bündelnde Antennen Signale im GHz-Bereich senden und empfangen.

Gesendet wird im Mikrowellenbereich zwischen 2 GHz und 60 GHz. Bei Richtfunksystemen können grundsätzlich Punkt-zu-Punkt-Verbindungen (PP) und Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen (PMP) unterschieden werden. Die Punkt-zu-Punkt-Richtfunksysteme verbinden zwei Stationen über eine Richtfunkstrecke und werden insbesondere in Weitverkehrsnetzen und zur Überbrückung größerer Distanzen verwendet. Dabei sind Übertragungskapazitäten von über 155 Mbit/s realisierbar.

Richtfunkverbindungen gibt es auch auf optischer Basis. Diese optischen Systeme können dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn eine Sichtverbindung zwischen Sende- und Empfangsstelle besteht und diese nicht durch Witterung oder anderweitig beeinträchtigt werden kann. Die optischen Systeme arbeiten auf Infrarot-Basis und können Entfernungen von 500 m und mehr bei Übertragungsraten von über 1 Gbit/s überbrücken.

E 2 WLL

Wireless Local Loop (WLL) ist die funktechnische Realisierung der »Last Mile«, des drahtlosen Teilnehmer-Anschlusses zur Wohnung. Der drahtlose Teilnehmeranschluss mittels WLL ist überall eine mögliche Alternative, wo neue Netzbetreiber den Teilnehmerzugang realisieren und bedingt durch die Besiedelung die Kosten für die drahtgebundene Verkabelung wesentlich höher sind.

F Short Range Devices (SRD)

Short Range Devices sind Geräte, die der Sprach- und Datenkommunikation sowie zu Telemetrie- oder Telekommandozwecken dienen. Dies betrifft Geräte mit einer Ausgangsleistung von normalerweise nicht mehr als 100 mW, jedoch in wenigen Fällen auch darüber bis zu 2 Watt.

Bekanntere Beispiele für Short Range Devices sind Lawinensuchgeräte, Diebstahlsicherungen und Identifizierungsanlagen.

3 Anwendungen im Haushalt und im Büro

3.1 Trends und neue Feldquellen

In den letzten 100 Jahren hat sich die Nutzung von Quellen elektromagnetischer Felder im Haushalt und im Büro stetig erhöht. Bis vor nicht zu langer Zeit waren die damit verbundenen Expositionen weitgehend beschränkt auf die Felder der Anwendung des 50 Hz-Netzstroms und die passive Nutzung des Rundfunk- und TV-Frequenzbereiches.

In den letzten Jahrzehnten kamen der Mikrowellenherd (2,4 GHz), elektrische Geräte, die die Phasenanschnitttechnologie nutzen (z.B. Netzteile, Motoren und Lampen) sowie Funktechnologien (wie z.B. Schnurlos-Telefon, Babyfon, Garagentoröffner und Handys) hinzu.

Der Anteil an Feldquellen, die mehrere Frequenzen bzw. breitbandigere (gepulste) elektromagnetische Felder emittieren, wird in den Haushalten und Büros ständig ansteigen. Mit einem hohen Verbreitungsgrad ist schon in kurzer Zeit zu rechnen.

3.2 Trends im Niederfrequenzbereich

Phasenanschnittsteuerung

Aufgrund ökonomischer Vorteile, der besseren Nutzung der elektrischen Energie und einer einfacheren Steuerung werden elektrische Motoren in Haushaltsgeräten zunehmend mit Phasenanschnittsteuerungen ausgerüstet. Das Gleiche gilt auch für Energiesparlampen. Durch diese Steuerung der Energieaufnahme werden eine Vielzahl von ungeraden Oberwellen der Netzfrequenz erzeugt. Bei Messungen der Exposition durch niederfrequente Felder in Haus-

halten zeigt sich bereits heute, dass die Exposition zu relevanten Teilen schon durch diese Oberwellen verursacht sein kann und die Feldstärken der Oberwellen schon größer als jene der 50 Hz-Grundwelle sein können. Die SSK sieht hier Handlungsbedarf, die Einhaltung der Basisgrenzwerte der EU-Ratsempfehlung [EU 99] zu überprüfen.

Kleine elektrische Motoren

Um den Komfort zu erhöhen, werden immer mehr kleine elektrische Motoren in die Wohn- und Arbeitsumwelt integriert, die kleinräumige, inhomogene Magnetfelder verursachen. So werden Motoren in Betten und Sofas eingebaut, Gardinen und Rollos durch Motoren bedient und die Milch durch einen Quirl aufgeschäumt.

Induktionskochfelder

Als ein weiteres Verfahren zum Kochen werden seit einiger Zeit Induktionskochfelder angeboten. Aufgrund der höheren Kosten ist die Verbreitung aber noch eher gering. Zur Erwärmung der Speisen werden elektromagnetische Felder im höheren kHz-Bereich erzeugt. Abhängig von der eingesetzten Technologie kann es vor dem Kochfeld zu einer Exposition im Bereich der Grenzwerte kommen. Es muss dafür gesorgt werden, dass Wirkungen auf aktive oder passive Implantate sicher ausgeschlossen sind.

3.3 Trends bei Kommunikationsanwendungen

Mobilkommunikation

Die Verwendung von Mobilfunktelefonen hat im privaten Bereich sehr stark zugenommen. Es gibt auch kombinierte Telefone, die mehrere Standards wie Mobilfunk und DECT in Abhängigkeit vom jeweiligen Aufenthaltsort verwenden.

Bei den Telefonen im Haushalt und im Büro nehmen mobile Endgeräte nach dem DECT-Standard einen immer größeren Anteil ein. In Büros werden DECT-Anlagen mit vielen hundert Telefonen eingesetzt. Bedingt durch den DECT-Standard kann die Sendeleistung der Anlagen auch bei guten Empfangsbedingungen nicht abgesenkt werden. Die Exposition durch DECT-Systeme ist aufgrund der geringeren Sendeleistung aber um ca. eine Größenordnung geringer als durch Mobilfunktelefone nach dem GSM-Standard. Mit DECT-Geräten können neben dem Telefonieren auch andere Anwendungen wie Raumüberwachungen, Internet und „Babyfone“ realisiert werden.

Funkverbindungen im Nahbereich

Drahtlose Übertragungen werden zunehmend außer zum Telefonieren auch für andere Informationsübertragungen, wie Kopfhörer, Lautsprecher, Antennen, Computernetze, PC-Peripherie etc., eingesetzt. Neben den Systemen mit einer analogen Übertragung der Informationen auf den ISM-Bändern werden verstärkt auch digitale Systeme nach unterschiedlichen Standards (z.B. HomeRF, IEEE 802.11, HiperLAN, Bluetooth, DECT) und Systemen (PTP, PMP) angeboten. Der Markt für diese Technologien wächst zurzeit sehr schnell, da durch diese Techniken ohne „Kabelsalat“ und feste Verkabelung die Nutzung der Unterhaltungstechnologie und der Computer möglich ist. Die Sendeleistungen der einzelnen Systeme sind eher gering.

Neben den heute schon mit Mikroprozessoren und Sende-/Empfangseinrichtungen eingesetzten Produkten (z.B. PC, Videorecorder, Auto, Scheckkarte) werden durch die weitere Miniaturisierung und den rapiden Preisverfall solche Systeme in sehr vielen anderen Produkten eingesetzt werden. So könnten in der nahen Zukunft in der Kleidung und in fast allen Haushaltsgeräten und auch vielen Verbrauchsprodukten solche Systeme eingesetzt werden.

Die Anzahl körpfernah getragener Sender geringer Leistung (PAN, einige mW) im GHz-Bereich wird in Zukunft sicher erheblich steigen. Durch sie ist insbesondere für ältere und kranke Menschen eine größere Unabhängigkeit zu erwarten.

Funksteuerungen

Auch wenn die meisten Funksteuerungen für Autos, Türen, Lampen, TV, Heizung etc. noch mit Analog-Signalen auf den ISM-Frequenzbändern erfolgen, werden auch hier in Zukunft verstärkt digitale Systeme (Bluetooth, DECT, WLAN etc.) angeboten werden. Diese Systeme werden u.a. auch zur Fernablesung von Stromzählern und des Heizenergieverbrauchs eingesetzt. Die Feldstärken sind aufgrund der technischen Gegebenheiten und Notwendigkeiten eher klein und treten nur kurzfristig auf.

Zugangskontrollsysteme

Auch im privaten Bereich sowie in Büros werden elektronische Zugangskontrollsysteme nach der RFID-Technologie stark zunehmen. Diese Systeme können als berührungsloser Schlüssel (Haus, Hotel, Disko etc.) sowie als Berechtigungsnachweis, z.B. zur Nutzung von Geräten (PC, Kopierer, TV etc.), verwendet werden.

Auch wenn die Exposition durch jedes dieser Systeme sehr klein sein wird, ist heute noch nicht abzuschätzen, wie sich die Gesamtexposition der Nutzer entwickeln wird. Dabei sind besonders die sehr körpfernahen Systeme von Bedeutung. Aufgrund der verwendeten Sendeleistungen ist aber davon auszugehen, dass die heute gültigen Grenzwerte wohl fast immer sicher eingehalten werden.

3.4 Powerline-Communication (PLC)

Es gibt zurzeit mehrere technische Lösungen, wie eine kostengünstige hohe Übertragungsleistung von Daten in die einzelnen Haushalte zu realisieren wäre. Neben dem Telefonnetz und Richtfunkverbindungen (PTP und PMP) gibt es bereits mehrere Hersteller, die für die Übertragung das Stromnetz nutzen. Es gibt für diese Systeme zurzeit noch keinen einheitlichen Standard und die verschiedenen Systeme weichen in den technischen Daten, wie Frequenz, Modulation und Leistung, zum Teil erheblich ab. Die Anwendungsmöglichkeiten dieser Technologie reichen von privater Nutzung, z.B. in Form von Internetzugängen über beliebige Steckdosen und Steuerung bzw. Überwachung elektronischer Haushaltsgeräte (Smart Home), bis zur Nutzung durch Stromversorgungsunternehmen, z.B. in Form von Last- und Rundsteuerungen oder Stromverbrauchs-Fernablesung, und schaffen die Basis für weitere Dienstleistungen.

PLC wird bisher einerseits als „Outdoor-PLC“ von urbanen Stromversorgungsunternehmen verwendet und ist teilweise aus der Phase von Pilotprojekten bereits zur kommerziellen Anwendung gereift, sowohl zur betrieblichen Nutzung durch Stadtwerke als auch für private Kunden. Andererseits werden auf dem Markt zunehmend Systeme für „Indoor-PLC“ angebo-

ten, die es Wohnungsinhabern erlauben, in ihrem Bereich dieses Kommunikationssystem anzuwenden.

Auch wenn schon einige Messungen der elektromagnetischen Abstrahlung an diesen Systemen durchgeführt worden sind (u.a. von der RegTP), war es bis jetzt nicht möglich, belastbare Daten für eine Expositionsabschätzung zu erhalten.

4 Technologien in Verkehrssystemen

4.1 Entwicklung

Pkws, LKWs oder Busse dürften bereits in der nahen Zukunft mit zusätzlichen Quellen elektromagnetischer Felder ausgestattet sein. Bereits heute befinden sich in der unmittelbaren Nähe des Fahrers und der Passagiere eine Reihe von elektronischen Systemgruppen, die elektromagnetische Felder im Innern des Fahrzeugs aufbauen.

Umfassende Fahrer-Informationssysteme mit einer Anbindung an interne und externe Netzwerke mit bidirektionaler Kommunikation oder Systeme der sogenannten „virtuellen Sicherheit“ und mit „elektronischer Rundumsicht“ werden zunehmend eingesetzt werden.

4.2 Quellen elektromagnetischer Felder im Innern des Fahrzeugs

Zu den künftigen Quellen elektromagnetischer Felder in Fahrzeugen werden gehören:

- eine Vielzahl (z.B. über 50) autonom arbeitender Mikrocomputer, Mikrocontroller und Signalprozessoren, verbunden über mehrere Datenleitungsbänder,
- zahlreiche elektro-/magneto-mechanische Antriebe, Kopplungs- und Stellglieder sowie Sensorsysteme,
- zahlreiche Displays und deren Ansteuerung,
- Datenübertragung über interne elektrische Kabel (Powerline-Kommunikation) innerhalb des Autos,
- drahtlose Kommunikation (z.B. Bluetooth),
- Kommunikationseinrichtungen des Fahrzeuges über Mobilfunk und
- neuartige elektronische Zündsysteme.

Bei den meisten Datenübertragungssystemen von Computern wird eine Puls- bzw. Frequenzmodulation verwendet, wodurch elektromagnetische Felder mit einem breiten Frequenzspektrum erzeugt werden. Die Stärke der Exposition wird vorwiegend von der Verteilung der Systeme im jeweiligen Fahrzeug abhängen, und sie wird für verschiedene Körperteile des Fahrzeugführers und der Passagiere sehr unterschiedlich ausfallen. Aufgrund der Vielzahl von Quellen mit unterschiedlichen Puls- und Frequenzcharakteristika besteht Handlungsbedarf in der gesundheitlichen Bewertung der Gesamtexposition des Fahrzeugführers und der Passagiere.

4.3 Außerhalb des Fahrzeugs erzeugte elektromagnetische Felder

4.3.1 Mobile Dienste und Informationssysteme

Die Autostraßen und Wege werden in Zukunft flächendeckend mit Mobilfunkkommunikation (GSM und UMTS) versorgt werden. Die z. B. heutzutage entlang der Autobahn aufgebauten Mobilfunksender haben, im Vergleich zu Basisstationen in Gemeinden und Städten, eine höhere Leistung bis zu 40 W, damit längere Abschnitte mit einem Sender abgedeckt werden können.

Überwachungsstellen von Mautsystemen werden ebenfalls in ihrer Umgebung und in Fahrzeugen elektromagnetische Felder verursachen.

4.3.2 Radarsysteme zur Ermittlung des Abstandes (Antikollisionssysteme)

Zur Ermittlung des Abstandes zwischen Fahrzeugen werden neuartige Assistenz-Systeme mit Radar-Sensoren und -Empfängern verwendet werden. Die in einigen Oberklasse-Modellen bereits eingebauten Systeme arbeiten bei einer Frequenz von 24 GHz bzw. 77 GHz. Von anderen Herstellern werden zusätzlich andere Frequenzen zwischen 40 GHz und 150 GHz getestet. Bei den Systemen werden mehrere Sende-/Empfang-Radarsysteme unter einem kleinen vertikalen Strahlungswinkel (z.B. von weniger als 20°) betrieben. Die Sender erzeugen kurze Radarimpulse, deren Antworten zur Ermittlung des Abstandes bis zu 50 m mit Hilfe des Doppler-Effektes herangezogen werden. Die gepulste Abstrahlleistung der einzelnen Sender beträgt nach Angaben des Herstellers mehrere 100 mW. Nach einer komplexen Verarbeitung des Antwort-Signals in einem Signal-Prozessor kann die Information über den Abstand zu den voranfahrenden Fahrzeugen auch zur Aktivierung der Bremsen herangezogen werden.

Personen, die sich in dem vorausfahrenden Fahrzeug befinden, werden zwangsläufig dem Radarstrahl ausgesetzt. Die Exposition hängt von vielen Faktoren ab, sie wird aber auf jeden Fall am stärksten bei geringem Abstand zwischen den Fahrzeugen ausfallen.

5 Warensicherungs-, Identifikations- und Zugangskontrollsysteme

Im Radiofrequenzbereich werden Geräte mit kurzer Reichweite als Personen- und Zugangskontrollsysteme zunehmend in der Wirtschaft, Wissenschaft und in wichtigen sicherheitsrelevanten Bereichen installiert. Dabei kann der Beschäftigte auch passiv und ohne sein Wissen den Feldern ausgesetzt sein. In diesen Fällen muss daher dafür gesorgt werden, dass gesundheitliche Auswirkungen und auch Wirkungen auf aktive oder passive Implantate sicher ausgeschlossen sind. Diesbezüglich gibt es bereits heute dringenden Handlungsbedarf.

Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder können dabei mit wechselnder Intensität und mit unterschiedlichen Frequenzen (50 Hz, 8,2 MHz, 13,56 MHz, 27,12 MHz, 2450 MHz), einzeln oder auch kombiniert, eingesetzt werden.

Beim Einsatz großer Durchgangsrahmen (z.B. in der Landwirtschaft für Großtiere zur Fütterung, für Impfüberwachungen oder Steuerung des Melkregimes) ist mit einer erhöhten Exposition auch in der Umgebung bis zu Abständen von einigen Metern zu rechnen. Bei Personen

mit medizinischen Implantaten (z.B. Herzschrittmacherträger) muss geprüft werden, ob die Implantate gestört werden könnten.

Zum Schutz von Kraftfahrzeugen sind verschiedene zusätzliche Sicherungssysteme in Erprobung. Dabei werden neben der Mobilfunktechnik auch GPS- und RFID-Technologien eingesetzt. Auch für Kunstgegenstände kann die RFID-Technik zum Diebstahlschutz eingesetzt werden.

In Geschäften und Büchereien werden heute schon zum Teil elektromagnetische Etiketten zum Diebstahlschutz eingesetzt. Mit neuen Systemen, bei denen Informationen auf den Etiketten gespeichert werden können, könnten z.B. automatische Kassen eingerichtet werden oder in Bibliotheken die Ausleihe und der Standort von Büchern automatisch erfasst werden. In Flughäfen werden solche Systeme schon zur automatischen Sortierung von Gepäck eingesetzt.

Damit diese Systeme aber sicher funktionieren, muss über den gesamten freien Zugangsbereich ein hinreichend hohes elektromagnetisches Feld aufgebaut werden. Die technischen Daten, wie Frequenz (z.B. 125 kHz - 135 kHz, 13,56 MHz, 868 MHz - 928 MHz, 2,4 GHz), Sendeleistung, Modulation usw., sind noch nicht standardisiert oder hinreichend festgelegt. Da diese Systeme sich noch in der Entwicklung befinden, und es mehrere konkurrierende Anbieter gibt, liegen so gut wie keine Daten vor, um eine mögliche Exposition bewerten zu können.

Auch im Alltag werden Radarsysteme zunehmend eingesetzt. Neben den bekannten Raumüberwachungen auf Infrarot- und Ultraschallbasis gibt es auch Radar-Raumüberwachungen, die den Dopplereffekt ausnützen, um Veränderungen in dem überwachten Raum zu erkennen. Diese Systeme arbeiten überwiegend mit 9,2 GHz und können auch für Freigelände eingesetzt werden.

5.1 Elektromagnetische Systeme

Elektromagnetische Systeme zur Diebstahlsicherung arbeiten im Frequenzbereich von 10 Hz bis 20 kHz überwiegend ohne Modulation. Laut Angaben der Hersteller soll die magnetische Flussdichte im überwachten Raum maximal 50 μT bis 200 μT betragen. Praktische Messungen an Warensicherungsanlagen mit 75 Hz und 218 Hz haben jedoch ergeben, dass bei einigen Systemen bei einer Messfläche von 200 cm^2 eine mittlere Flussdichte bis zu 1000 μT erreicht wird. Solche Systeme werden sehr häufig im Verkaufsbereich von Geschäften aufgebaut, so dass der/die Verkäufer/in diesem Feld über die gesamte Arbeitsdauer hinweg ausgesetzt wird. Darüber hinaus wird der/die Verkäufer/in bei der Deaktivierung der Etiketten einem räumlich begrenzten magnetischen Gleichfeld ausgesetzt.

In vielen Überwachungssystemen in Kaufhäusern werden bis zu vier verschiedene Frequenzen gleichzeitig angewandt, damit eine sichere Erkennung von Diebesgut gewährleistet wird.

5.2 Akusto-Magnetische Systeme

Systeme dieses Typs arbeiten im Frequenzbereich zwischen 20 kHz und 135 kHz und verwenden eine Amplitudenmodulation. Nach den Angaben eines Herstellers liegt die magnetische Induktion derzeit unter 20 μT . Um die magnetorestriktiven Etiketten sicherer zu erkennen, werden häufig mehrere Frequenzen kombiniert.

5.3 Systeme mit Radiofrequenz

Bei diesen Systemen liegt die Frequenz zwischen 1 MHz und 20 MHz, die Wellen werden frequenz- oder pulsmoduliert. Die Stärke des Magnetfeldes wird mit 0,3 μT angegeben.

5.4 Mikrowellen-Systeme

Hier liegt die Arbeitsfrequenz zwischen 0,8 GHz und 2,5 GHz. Die Leistungsdichte in diesen Systemen liegt nach Herstellerangabe unter 1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Als Modulation wird Direct Sequence (DSSS) oder Frequenz-Hopping (FHSS) Spread Spectrum herangezogen. Welche Modulation zum Einsatz kommt, hängt von der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Für die Beurteilung der biologischen Wirkung ist die Kenntnis der Systeme sehr wichtig, besonders für die Beurteilung der Gefährdung von Implantaten, die auf eine impulsförmige Abgabe der Frequenzen sensibel reagieren.

5.5 Transponder- und Lesesysteme

In Büros und anderen abgegrenzten Bereichen werden zur Beschränkung des Zugangs und zu Anwesenheitskontrollen verstärkt elektronische Systeme nach dem ISO/IEC-Standard eingesetzt. Auch wenn zurzeit die meisten dieser Systeme noch mit Magnetkarten und Transpondersystemen ausgerüstet sind, die eine Annäherung des Transponders erfordern, sind Systeme in Vorbereitung, bei denen die Transponder nicht mehr in die Nähe der Erfassungseinheit gebracht werden müssen. Dazu sind sowohl aktive wie auch passive Transpondersysteme in Entwicklung. Bei den aktiven Systemen muss der Transponder selber eine Energiequelle haben, die verwendeten Sendeleistungen sind bei diesen Systemen aber eher geringer. Bei den passiven Systemen hat der Transponder keine eigene Energiequelle. Damit diese Systeme aber sicher funktionieren, muss über den gesamten freien Zugangsbereich eine hinreichend hohe elektromagnetische Feldstärke aufgebaut werden, um damit den Transponder erst mit Energie zu versorgen. Da diese Systeme noch in der Entwicklung sind und es mehrere konkurrierende Anbieter gibt, liegen zu wenig Daten vor, um eine mögliche Exposition ausreichend bewerten zu können.

Insgesamt sind z.Zt. vier verschiedene Systeme im Einsatz bzw. in der Erprobung, die ständig erweitert, ausgebaut und kombiniert werden.

Die neuen Systeme arbeiten bei 13,56 MHz und sind bis zu einer Leistung von 4 W zugelassen. Mit diesen Systemen kann eine Information von dem Transponder, Label oder den Chip-Karten ohne Kontakt abgelesen oder eingeschrieben werden. Die Energie für das Betreiben des Informationsträgers wird vom Feld der Anlage bezogen. Die Systeme sind so ausgelegt, dass eine einwandfreie Kommunikation zwischen dem Sender und dem Informationsträger in einem Abstand bis zu 1 m von mehreren Trägern gleichzeitig möglich ist. Diese Identifikationssysteme werden voraussichtlich bei der drahtlosen Identifikation von Waren, Tieren und Personen eine sehr große Verbreitung erlangen.

6 Anwendungen in Industrie, Handel und Gewerbe

Wegen der großen Vielfalt in diesem Bereich und zur Vermeidung von Wiederholungen bereits erläuterter Systeme folgt hier nur eine beispielhafte Aufzählung:

- Induktive Anwendungen bei verschiedenen Schweißtechniken,

- Sensoren und Auslesegeräte in Produktions- oder Messbereichen,
- Telemetrieanwendungen, Fernsteuerungen, Anlagensteuerungen,
- Alarmierungsanlagen (Intrusions-, Haus- oder Brandschutztechnik, Bewegungsmelder),
- drahtlose Inhouse-Kommunikation verschiedenster Technologien,
- drahtlose Transport- und Prozesssteuerungen und
- drahtlose Warensteuerungs- und –sicherungssysteme.

Im Wesentlichen handelt es sich somit um funkgestützte Systeme, die entweder der Kommunikation oder der Informationsübermittlung dienen oder Prozesse in der Fertigung oder Logistik steuern helfen.

6.1 Drahtlose Kommunikationssysteme

Für die drahtlose Telekommunikation in Industrie, Handel und Gewerbe werden neue Feldquellen entwickelt, wobei die Expositionsbedingungen noch nicht bekannt sind. Sie werden mit höheren Leistungen arbeiten, um größere Distanzen zu überbrücken.

Funkgeräte werden häufig als Arbeitsmittel eingesetzt und dabei direkt am Körper getragen, oder sie sind in Fahrzeugen installiert.

Beispiele hierfür sind:

- Funk-Personenruf- und -Gebäuderuf in Fahrzeugen oder in Verteilerzentralen, Versand,
- kabellose Geräte zum Einlesen von Warenkennungen, Warenbestellungen, z.B. in Restaurants, und Weiterleiten an andere Abteilungen oder Fahrzeuge,
- Barcodescanner.

Die Geräte arbeiten mit Frequenzen von 68 MHz - 87,5 MHz, 146 MHz - 174 MHz, 440 MHz - 475 MHz, 48,5 MHz - 455 MHz im GSM- oder DECT-Standard. Die Leistungen liegen zwischen 0,5 Watt und 15 Watt.

Abhängig von der abgestrahlten Leistung können bei industriellen Anwendungen ggf. technische Maßnahmen zur Vermeidung der Überschreitung von Grenzwerten notwendig sein.

6.2 Neue Bearbeitungs- und Fertigungsverfahren

Ständig kommen neue Bearbeitungs- und Fertigungsverfahren mit elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern zur Anwendung.

Es werden spezielle Kunststoffe entwickelt, die sich gut mit Hochfrequenz bearbeiten lassen, um die Fertigung mit Hilfe von elektromagnetischen Felder noch effektiver zu gestalten. Hohe Expositionen mit elektromagnetischen Feldern, die eine besondere Bewertung erforderlich machen, sind möglich.

Neu ist z.B. das Rohrstumpfschweißen von Kupfer durch Induktion. Eine Bearbeitung ist hierbei auch mit mobilen Anlagen auf Baustellen und auf Bohrfeldern möglich.

Durchstimmbare Generatoren (16,6 Hz, 31 kHz, 2,4 MHz häufig mit getasteten Signalen) werden z.B. bei der Wertstoffsartierung, für Entmagnetisierungen und für Induktionserwärmung eingesetzt.

Für die Anlagen im Niederfrequenzbereich ist die Exposition der Beschäftigten nicht für alle Frequenzen durch Vorschriften geregelt, besonders nicht für Pulsungen oder die Kombination von verschiedenen Frequenzen an einem Arbeitsplatz.

Wichtig ist auch die Betrachtung der Aufrüstung von Geräten, z.B. durch neue Funktionselemente, da an den Schnittstellen zwischen den Elementen neue relevante Emissionsquellen entstehen können.

Auf eine Beeinflussung von Implantaten und elektrischen Körperhilfen ist besonders bei Anlagen mit gepulsten oder getasteten Signalen zu achten.

6.3 Sonderanwendungen

Besonders hohe Leistungen werden eingesetzt bei der Vernichtung von Schadinsekten, der Desinfektion, der Enteisung von Flugzeugen und dem Trennen von verklebten Materialien (Hölzer, Kacheln, Fliesen), die die besondere Bewertung der Exposition auch bei unsachgemäßem Gebrauch erforderlich machen.

7 Anwendungen im Gesundheitsbereich

Die Anwendung von Magnetfeldern und elektromagnetischen Feldern hat in der Medizin zunehmend Verbreitung erlangt. In diesem Statusbericht sollen weder der Nutzen für den Patienten noch die Rechtfertigung seiner Exposition bei Anwendung in medizinischen Bereichen behandelt werden. Diese Beurteilung obliegt den behandelnden Ärzten. Aus der Sicht des Strahlenschutzes ist jedoch einerseits der freie Zugang zu Magnetfeldtherapiegeräten und andererseits die Exposition des Personals im medizinischen Bereich zu bewerten.

7.1 Magnetfeld-Diagnostik

Die Entwicklung von **Magnetresonanz-Tomografen**, insbesondere zur spektroskopischen Anwendung geht einerseits in Richtung wesentlich höherer statischer Magnetfelder und Anregungsfrequenzen, z. Zt. als Prototypen bis 8 T mit Hochfrequenzanregungen von 340 MHz, andererseits in Richtung von Tomografen unter 300 mT, die eine weitere Verbreitung erwarten lassen. Spezielle Schutzprobleme ergeben sich bereits jetzt in der Pädiatrie und bei intra-operativ eingesetzten Open-MR-Geräten, bei denen medizinisches Personal z.T. erheblich über den bestehenden Grenzwerten exponiert werden kann. Bei der Verwendung von Hochfeld-Geräten sind noch gravierend höhere Expositionen zu erwarten. Bereits jetzt werden Forderungen erhoben, die bestehenden Grenzwerte um ein Mehrfaches zu erhöhen, um sie den neuen Entwicklungen anzupassen.

7.2 Magnetfeld-Therapie

7.2.1 Magnetfeld-Anwendungen zur Selbstbehandlung

Diese Anwendungen haben in den letzten Jahren eine enorme Verbreitung gefunden. Die Sparte ist durch ein aggressives Marketing und ein phantasievolles Indikationsspektrum von A wie Akne bis Z wie Zahnschmerzen charakterisiert. Gegenwärtig werden diese Produkte auch zunehmend für Wellness-Zwecke angeboten.

Handlungsbedarf besteht einerseits aufgrund der Exposition bei fraglichem, nach Ansicht der Kassenärztlichen Bundesvereinigung im Jahr 2000 sogar fehlendem medizinischem Nutzen, die gemäß den Vorsorgeempfehlungen der SSK [SSK 01] vermieden werden sollte und andererseits der Möglichkeit der Überexposition durch Streufelder von nicht zur Behandlung beabsichtigten Körperteilen des Patienten selbst oder von Unbeteiligten, z.B. dem im Doppelbett neben einer Magnetfeldmatte liegenden Partner.

Die Anwendungen umfassen:

Magnet-Therapie-Produkte, bestehend aus magnetisierten ferromagnetischen Folien oder Permanentmagnetstreifen oder -pflastern, die z.B. zur Schmerztherapie auf Körperstellen angebracht werden. Die applizierten magnetischen Gleichfelder sind charakterisiert durch relativ hohe Oberflächeninduktionen bis an den Tesla-Bereich, die jedoch bereits innerhalb weniger Zentimeter unter die Erdmagnetfeld-Stärke abgeklungen sind.

Magnetfeld-Therapie-Geräte, die magnetische Wechselfelder erzeugen. Die Frequenzen betragen nur einige Hertz, wobei am häufigsten die Netzfrequenz verwendet wird. Die Applikatoren enthalten in der Regel Flachspulen mit Durchmessern von etwa 10 cm bis 15 cm, die in Matten und/oder in einem Kissen verteilt sind und inhomogene Felder erzeugen. Die magnetischen Flussdichten können an der Spule je nach Produkt von geringen Werten unter 1 μT bis in den Bereich von einigen 10 mT reichen. Bei den stärkeren Geräten können magnetischen Flussdichten über 100 μT einige dm über den Applikatorrand hinausreichen. Die Behandlungsdauer liegt in der Regel bei einigen 10 min, kann sich aber auch über die gesamte Nacht erstrecken.

7.2.2 Magnetstimulatoren

Magnetstimulatoren zur transkutanen Stimulation von Nerven zur Schmerzbehandlung oder Diagnostik nervaler Abläufe oder transkutaner Muskelstimulation. Bei Impulsdauern von 1 ms können die Spitzenwerte der Flussdichte über 4 T betragen mit Gradienten von 40 T/ms. Unbeabsichtigte Expositionen können die Hände und Unterarme des Arztes betreffen, der die Spule appliziert.

7.3 Hochfrequenz-Therapie

Personenschutzprobleme bestehen nach wie vor bei etablierten medizinischen Anwendungen der Kurz-, Mittel-, Mikrowellen-Gewebserwärmung (**Diathermie**) mit den Frequenzen 27,12 MHz, 433 MHz und 2,45 GHz sowie der allgemeinen **Hochfrequenz-Chirurgie** (300 bis 500 kHz) mit der Gefahr der Überexpositionen in nicht zur Behandlung vorgesehenen Körperbereichen des Patienten und bei Anwendern.

In der Krebstherapie findet eine Renaissance der Hochfrequenzanwendung zur **Hyperthermie** mit lokalen und regionalen Kontakt- Applikatoren zur Einkopplung der elektromagnetischen Wellen statt. Darüber hinaus werden spezielle Sonden zur interstitiellen Thermotheapie (ITT) eingesetzt. Messungen der Expositionen durch Streufelder liegen noch nicht vor.

7.4 Andere Anwendungen

Die Mobilkommunikation führt auch im Gesundheitswesen zu Veränderungen, die durch **Telemedizin** und Bedside-Data Acquisition charakterisiert sind. Dabei werden Medizingeräte mit Sendern ausgestattet, die die Patientendaten drahtlos übertragen. Über die Expositionsbedingungen für den Patienten und/oder das Personal, das die Geräte in der Hand hält, sind noch keine Werte bekannt.

Zunehmende Verbreitung finden **Infrarot-Wärmekabinen**, die nicht nur als Wellness-Produkt, sondern auch als Medizinprodukt auf den Markt gebracht werden. Die verwendeten Wärmequellen reichen von kleinflächigen Hochtemperaturstrahlern mit sehr inhomogener Intensitätsverteilung bis zu großflächigen Heizelementen mit Oberflächentemperaturen im Bereich von ca. 60 °C und sind daher durch sehr unterschiedliche spektrale Verteilungen charakterisiert. Schutzprobleme ergeben sich aufgrund der bekannten Gesundheitsrisiken durch die IR-Strahlung, die häufige und unkontrollierte Exposition und die fehlenden technischen Überprüfungen, insbesondere im Privatbereich. Hinzu kommt die Exposition gegenüber höheren netzfrequenten Magnetfeldern bei Niedertemperatur-Heizflächen aufgrund der geringen Abstände und der installierten elektrischen Leistungen.

8 Hoheitliche Anwendungen

8.1 Ultrabreitbandiges Bodendurchdringungsradar, z.B. zur Minensuche (UWB-Radar)

UWB-Radar wird seit Ende der 60er Jahre hauptsächlich zu geophysikalischen Untersuchungen eingesetzt [BAR 00]. Neue Anwendungen sind die Detektion und Identifikation von Minen.

Die Systeme senden Impulse im Bereich von Nanosekunden aus. Die Antenne ist für den direkten oder nahen Bodenkontakt vorgesehen.

Schutzaspekte, im Wesentlichen bauliche Vorkehrungen an Systemen sowie Bedienungsanweisungen, sind für das Personal zur Gewährleistung des Arbeitsschutzes zu betrachten. Eine Exposition der Bevölkerung ist bei Beachtung der Anwendungsregeln nicht zu erwarten.

8.2 Hochleistungs-Mikrowellen (High Power Microwaves – HPM)

Seit den 60er Jahren wird die technische Entwicklung von HPM-Quellen als militärische Waffen, die das Außerbetriebsetzen der normalen Funktion elektronischer Systeme zum Ziel haben, in vielen Staaten betrieben. Denkbare Einsätze sind u.a. Luftverteidigung gegen anfliegende Flugzeuge oder Raketen, Störung von Radargeräten, Stoppen von Fahrzeugen, Lokalisierung von Minen durch UWB-Radar (s. o.) und Zerstörung von deren Zündelektronik.

Schmalbandige HPM-Quellen senden Mikrowellenpulse im GHz-Frequenzbereich bei einer Bandbreite von nur einigen 100 Hz um eine feste Frequenz aus. Bei breitbandigen Quellen reicht das Frequenzspektrum von etwa 100 MHz bis zu einigen GHz (Ultra wide Band – UWB). Die z. B. von extrem kurzen Stromstößen, wie sie bei elektrischen Durchbrüchen in nichtleitenden Materialien entstehen, erzeugte Impulsdauer beträgt weniger als 1 Nanosekunde. Die Wirkung von HPM- und UWB-Quellen basiert hauptsächlich auf der Einkopplung der Hochfrequenz in elektronische Schaltungen. Heutige Zerstörenergien für hochintegrierte Halbleiter liegen im Mikrojoule-Bereich. Direkte thermische Effekte sind demgegenüber vernachlässigbar; sie würden extrem hohe Leistungsflussdichten erfordern, deren Erzeugung und Transport über größere Entfernung durch die Atmosphäre kaum realisierbar wäre.

Wie beim UWB-Radar sind Schutzaspekte für das Personal zur Gewährleistung des Arbeitsschutzes zu betrachten, eine Exposition der Bevölkerung ist im Frieden auszuschließen.

8.3 Radar

Während ein isotroper Strahler die im Sender erzeugten elektromagnetischen Felder in alle Richtungen gleichmäßig verteilt, wird bei einer Radaranlage die abgestrahlte Leistung durch die Antenne gebündelt in einen begrenzten Bereich abgestrahlt („Radarstrahl“, „Radarkeule“).

Bei konventionellen Radarantennen gelangt i.d.R. die gesamte Leistung über einen Primärstrahler auf die Antenne und wird von dieser fokussiert reflektiert. Die Abstrahlrichtung und die u.a. frequenzabhängige Strahlbreite (Divergenz) sind durch die mechanische Form und Position der Antenne vorgegeben. Bei rotierenden Antennen, z.B. zur Flugsicherung, überstreicht der Radarstrahl einen bestimmten Ort im Takte der Rotationsfrequenz der Antenne. Die Höhe der Leistungsflussdichte, ihre Verteilung im Strahl und der Raumwinkel, in den emittiert wird, sind im Wesentlichen konstant.

Zur Beurteilung des HF-Schutzes können der zeitliche Mittelwert und der Spitzenwert der Leistungsflussdichte an einem bestimmten Ort wegen der konstanten Such- und Abtaststrategie vergleichsweise einfach berechnet und in Relation zu Grenzwerten gesetzt werden.

Zu erwähnen sind auch so genannte Phased Array-Antennen (PA-Antennen). Hierbei sind die Frequenzen und Sendeleistungen denen der Radaranlagen mit konventionellen Antennen vergleichbar. Jedoch besteht die Antenne bei der Phased Array-Technologie aus einzelnen (einige tausend) kleinen Strahlerelementen. Diese senden jedes für sich – entweder unmittelbar (aktive PA-Antenne) oder durch einen Primärstrahler angeregt (passive PA-Antenne) – mit nur geringer Leistung. Durch elektronische Ansteuerung dieser Einzelantennen können Richtung, Leistung und Divergenz des durch die Überlagerung der elektromagnetischen Felder der einzelnen Strahlerelemente gebildeten Radarstrahls rasch variiert und dem Verwendungszweck angepasst werden; auch lassen sich mehrere Radarstrahlen gleichzeitig erzeugen (Multifunktionsbetrieb).

Die Beurteilung des Schutzes vor HF-Feldern ist wegen der variablen, rechnergesteuerten Such- und Abtaststrategie schwieriger als bei konventionellen Antennen.

9 Zusammenfassung

Die bereits in der Vergangenheit erfolgte Veränderung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern schreitet sowohl im Alltag als auch im Berufsleben weiter fort. Sie wird derzeit und in naher Zukunft durch eine besonders dynamische erfolgende Einführung neuer Technologien verstärkt. Dies wird einerseits die Häufigkeit und Vielfalt der Expositionen erhöhen, könnte andererseits aber auch bei wichtigen Verursachern Möglichkeiten zur Reduzierung der Sendestärken schaffen.

Obwohl die im vorliegenden Bericht erhobenen Daten wegen Erfassungsschwierigkeiten und der Dynamik der Entwicklung zwangsläufig unvollständig sind, lassen sich folgende allgemeine Entwicklungen feststellen:

Besonders wegen der neuen Technologien sind immer mehr und zusätzliche tragbare Geräte zu erwarten, die körpernah betrieben werden. Damit werden durch künftige Quellen auch Körperbereiche exponiert werden, die bisher weniger im Blickpunkt des wissenschaftlichen Interesses standen, z.B. durch drahtlose Freisprechverbindungen zu am Gürtel getragenen Handys, drahtlose digitale Telefone, drahtlose Rechnernetzwerke (Bluetooth, DECT, HiperLAN, WLAN etc.), Fernbedienungen, drahtlose Übertragung zwischen Komponenten in der Unterhaltungselektronik.

Verbunden mit der zunehmenden Häufigkeit (nicht nur) mobiler Quellen ist in Zukunft mit dem gleichzeitigen Auftreten von immer mehr betriebenen Quellen zu rechnen. Auch wenn die Emission der Einzelquellen gering ist, könnte deren Anhäufung besonders in reflektierenden Innenräumen zu nicht mehr vernachlässigbar hohen Expositionen führen.

Manche neue Technologien erfordern die Erzeugung starker elektromagnetischer Felder, z.B. Diebstahlsicherungsanlagen, Identifikationssysteme, Induktionsherde oder Magnetresonanztomografen, die den Expositionsspielraum weitgehend ausschöpfen können.

Die verstärkte Anwendung drahtloser Kommunikationssysteme führt nicht nur zur intensiveren Nutzung bisheriger sondern auch neuerer Frequenzbereiche bis zu Höchsthäufigkeiten, denen bei der biologischen Bewertung bisher keine größere Aufmerksamkeit geschenkt werden musste.

Allgemein ist eine verstärkte Anwendung nicht-sinusförmiger und breitbandigerer Feldformen zu erwarten. Diese werden nicht nur im Hochfrequenzbereich durch neue Modulationsarten und Signalstrukturen bedingt sein. Auch im Niederfrequenzbereich werden zunehmend neben den 50 Hz-Schwingungen weitere Frequenzen und Frequenzgemische auftreten, z.B. wegen Phasenanschnittsteuerungen und nichtlinearer Verbraucher.

Die intensivere Nutzung des verfügbaren Frequenzbereiches bis hin zu bisher weniger beachteten Höchsthäufigkeiten und die Anwendung neuartiger Signalformen werfen neue Fragen und Probleme auf, wie z.B. die (Teil-) Exposition bisher nicht exponierter Körperbereiche, die Überlagerung von Emissionen verschiedenster Quellen und die Verhinderung gefährlicher Störbeeinflussungen anderer Geräte einschließlich medizinischer Implantate. Diese Entwicklung wird weitere Forschung und die Weiterentwicklung der Grenzwertregelungen erfordern.

Aufgrund dieser Beurteilung und der aufgezeigten Defizite hat es die SSK für notwendig erachtet, auf die spezifischen Probleme bei der Einführung neuer Technologien hinzuweisen. Sie beabsichtigt, die Entwicklung kritisch zu verfolgen und ihre bereits veröffentlichten Empfehlungen, z.B. „Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung“ (2001), durch weitere spezifische Empfehlungen (z. B. die Empfehlung „Neue Technologien, einschließlich UMTS“ (2003)) zu ergänzen. Die SSK hält es für erforderlich, in wiederkehrenden Statusberichten den Verlauf der Entwicklung neuer Technologien kritisch zu analysieren.

10 Abkürzungsverzeichnis

Bluetooth:	offener Standard für leistungsfähige Technologie zur drahtlosen Kommunikation bei 2,4 GHz
BOS:	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
BPSK:	Binary Phase Shift Keying
CDMA:	Code Division Multiple Access
COFDM:	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CT:	Computer Telephony (Standard)
DAB:	Digital Audio Broadcasting
DECT:	Digital Cordless Telephone
DQPSK:	Differential Quadrature Phase Shift Keying
DRM:	Digital Radio Mondiale
DSSS:	Direct Sequence Spread Spectrum
DTH:	Direct to Home
DVB:	Digital Video Broadcasting
EIRP	Equivalent isotropically radiated power
ERP:	Effective Radiated Power
ETSI:	European Telecommunications Standards Institute
FDMA:	Frequency Division Multiple Access
FHSS:	Frequency Hopping Spread Spectrum
GPS:	Global positioning system
GSM:	Global System for Mobile Communications ("Global Messaging System")
HiperLAN2:	High Performance Radio LAN2 (europäisches Pendant zu IEEE 802.11a)
HomeRF 2.0:	Home Radio Frequency (Standard für drahtlose Heim-Netzwerke, funkgestützte Datenübertragung bis 10 Mbit)
IEEE 802.11a:	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. Standard, Norm für "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications" (High speed Physical Layer in the 5 GHz band)

IEEE 802.11b:	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Norm für "Wireless LAN MAC and PHY specifications: Higher speed Physical Layer (PHY) extension in the 2.4 GHz band" (wireless and Ethernet local area networks in 2.4 gigahertz bandwidth space)
ITU:	International Telecommunication Union
OFDM:	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
ÖPNV:	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
PAN:	Personal Area Networks
PDA:	Personal Digital Assistant
PMP:	Point-to-Multipoint
PSK:	Phase Shift Keying
PTP:	Point to Point
QAM:	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK:	Quadrature Phase Shift Keying
RFID:	Radio frequency identification products
SSPA:	Solid State Power Amplifier
TDMA:	Time Division Multiple Access
TETRA:	Terrestrial Trunked Radio
TFTS:	Terrestrial Flight Telecommunications System
UMTS:	Universal Mobile Telecommunications Service
VSAT:	Very Small Aperture Terminal
W-CDMA:	Wideband Code Division Multiple Access
WLAN:	wireless local area networking
WLL:	Wireless Local Loop
3GPP(1 oder 2):	(Mobile) Generation Partnership Project
8-PSK:	8-Phase Shift Keying

11 Literatur

- [ASG 96] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG) vom 7. August 1996 (BGBl. I. S. 1246).
- [BAR 00] Barrett, T.W., in: Progress in Electromagnetics, Symposium 2000, Cambridge MA, July 2000
- [EU 99] Empfehlung (1999/519/EG) des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz)

- [FTG 01] Gesetz über Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (FTEG) BGBl Teil I Nr. 6, 31.01.2001
- [GSG 01] Gesetz über technische Arbeitsmittel (Gerätesicherheitsgesetz - GSG) BGBl. Teil I, 11.05.2001
- [MPG 01] Medizinproduktegesetz vom 2. August 1994 (BGBl. I S. 1963), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 13. Dezember 2001 (BGBl. I S. 3586, 2002 I S. 1678)
- [SSK 01] Strahlenschutzkommission: Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, Empfehlung der Strahlenschutzkommission mit wissenschaftlicher Begründung, Berichte der SSK, Heft 29, Urban & Fischer, München, Jena, 2001
- [SSK 03] Strahlenschutzkommission: Neue Technologien (einschließlich UMTS): Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern, Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Bundesanzeiger Nr. 127, vom 12. Juli 2003, Seite 15073

Weiterführende Literatur

BMW Internet-Portal (www.bmwa.bund.de)

Forschungsgesellschaft für Angewandte Naturwissenschaften (<http://www.fhr.fgan.de>)

- [ELE 01a] Elektronik Sonderheft Automotive, Mai 2001
- [ELE 01b] Elektronik Sonderheft Perspektiven der Autoelektronik, November 2001
- [ELE 01c] Wollert, J.: Bluetooth aktuell, Elektronik 24/2001
- [ELE 01d] Klueppelberg, U.: Funk-Etiketten als Datenspeicher, Elektronik 25/2001
- [FGH 01] Elektromagnetische Verträglichkeit von pulsmodulierten Umrichtern im Frequenzbereich der Powerline-Kommunikation, Schlussbericht, FGH, August 2001
- [HEI 87] Heinrich, K., Mnich, P.: Versuchsergebnisse TRANSRAPID 06, ETR–Eisenbahntechnische Rundschau 36, Heft 10, S. 633-640, 1987
- [ICN 02] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP): Possible health risk to the general public from the use of security and similar devices, Report, ICNIRP 12/2002
- [IEE 00] IEEE1394: Multimedia Home Network Solution, System@IC News, Issue 2-2000