

Das DECT-System

Reinhold Wehner

Funkbasierte Telekommunikationssysteme genießen eine hohe Akzeptanz in der Bevölkerung. Das wohl bekannteste System ist DECT, der digitale Standard für drahtlose Telekommunikation. Ende der 80er Jahre konzipiert, hat DECT die veralteten analogen Systeme wie CT0, CT1, CT1+ abgelöst und die digitalen Systeme der ersten Generation wie CT2 und CT3 erfolgreich vom Markt verdrängt. DECT ist heute im Bereich der schnurlosen Telefonie quasi der De-facto-Standard in Europa.

Mit den sog. Access-Profilen wurde im Standard zudem ein mächtiges und flexibles Instrument implementiert, mit dessen Hilfe das DECT-System Zugang zu anderen Systemen wie GSM, UMTS oder Internet findet. DECT hat seine Vielseitigkeit im privaten-, geschäftlichen- und öffentlichen Bereich klar unter Beweis gestellt. Der Nutzeffekt dieses Standards, der sich durch eine hochwertige Zugangstechnologie auszeichnet, wird sowohl von den Endnutzern, als auch Regulierungsbehörden, Standardisierungsgremien, Netzbetreibern und Geräteherstellern anerkannt. Eine im Vergleich zu analogen Systemen sehr gute Sprachqualität sowie ein Sicherheitsstandard, der, konsequent angewandt, umfassenden Schutz gegen Missbrauch bietet, runden das positive Bild ab. Insofern ist es nur folgerichtig, dass der DECT-Standard mittlerweile in mehr als 110 Ländern genutzt wird.

Drahtlose Telefonsysteme

Drahtlose Telefonsysteme gehören zur Familie der mobilen Kommunikationssysteme, deren Einsatz auf den lokalen Sektor begrenzt ist. Anfang der 90er Jahre hat sich mit dem DECT-System der wohl bedeutendste Vertreter der Familie der drahtlosen, digitalen Telefonsysteme zur Übertragung von Sprache und Daten weltweit etabliert und die vorhandenen analogen Systeme CT0, CT1, CT1+ bzw. die digitalen Systeme CT2 und CT3 erfolgreich abgelöst.

Gemeinsames Merkmal dieser Systeme ist, dass die Funkverbindung in der Regel zwischen einer am Telefonnetz (analog, digital) angeschlossenen Basisstation und mindestens einem Mobilteil stattfindet. Ihr Einsatz ist räumlich nahe um die Basisstation begrenzt.

DECT-Standard

Das Bestreben, digitale Mobilfunksysteme zu entwickeln, reicht zurück bis in die 80er Jahre. Hintergrund war, dass die am Markt befindlichen analogen Systeme modernen Anforderungen nicht mehr gerecht wurden. Die knapper werdenden Frequenzressourcen, die Übertragungsqualität der Sprache, der Wunsch nach neuen Diensten, die Sicherheit der Kommunikationsdaten zwischen den Nutzern, die relativ aufwendige Technik analoger Geräte sowie wirtschaftliche Überlegungen waren letztendlich bestimmend und ausschlaggebend, auch im Schnurlostelefonbereich auf den Zug der digitalen Technologie aufzuspringen. Auf Basis einfach herstellbarer, digital arbeitender, Bauelemente und hochintegrierter Schaltungen lassen sich hochkomplexe elektronische Bausteine, Module und Systeme entwickeln. Aufgrund der hohen Flexibilität der Bauteile (Signalprozessoren, Mikrocontroller) können Funktionen mit Hilfe spezieller Entwicklungssoftware (CAE, CAD) schnell an neue bzw. geänderte Anforderungsprofile angepasst werden. Die ersten digital arbeitenden drahtlosen Schnurlostelefonssysteme waren CT2 und CT3.

Mit der Entwicklung des DECT- (Digital European Cordless Telephone) Systems wurden zwar wesentliche Elemente von CT2 und CT3 wie z. B. die dezentrale Organisation des Kanalzugriffs mittels TDMA (Time Division Multiplex Access), der Duplexbetrieb oder das Authentifizierungsverfahren integriert. Ziel war jedoch, unter der Leitung des europäischen Standardisierungs-Instituts ETSI, einen europäischen Standard für die drahtlose Telefonie zu entwickeln, der flexibel ausgerichtet nicht nur Sprache, sondern auch Daten und multimediale Anwendungen sowie Schnittstellen zu Mobilfunknetzen und dem Internet unterstützt.

Um sowohl den technologisch bedingten Veränderungen als auch der globalen Akzeptanz Rechnung zu tragen, wurde der Standard überarbeitet. Im Jahr 1995 wurde die 2nd Edition des Standards veröffentlicht und, nicht zuletzt wegen der weltweiten Bedeutung, in "Digital Enhanced Cordless Telecommunications" umbenannt. Bis zum Jahr 2005 wurden die einzelnen Teile bereits mehrfach überarbeitet. Genutzt wird der DECT-Standard in über 110 Ländern.

Bis Ende 1995 wurde der Standard um sog. Access-Profile wie GAP (Generic Access Profile), DECT/GSM, und verschiedene Datenprofile erweitert. Aufgrund der flexiblen Ausrichtung des Standards können solche Erweiterungsmöglichkeiten (Profile) jederzeit problemlos auch für andere Dienste und Systeme implementiert werden.

DECT-Grundlagen

Der DECT-Standard stellt eine Funkzugangstechnologie für die drahtlose Telekommunikation zur Verfügung. Er beschreibt weder ein Netz noch Anwendungen hierfür, sondern ausschließlich den Zugang zu einem Netz, also die Luftschnittstelle zwischen der Basisstation (FP, Fixed Part) und dem Mobilteil (PP, Portable Part). Unterstützt wird neben der reinen Sprach- auch die Datenübertragung. Bei den Mobilteilen kann es sich auch um mobile Dateneinrichtungen handeln. In Europa arbeiten DECT-Systeme im Frequenzband von 1880 MHz bis 1900 MHz. In Ländern, in denen dieses Band von anderen Systemen besetzt ist (z. B. USA), musste man auf andere Frequenzen ausweichen. DECT-Systeme beschränken sich im Gegensatz zu nationalen und internationalen Funkssystemen wie GSM nur auf lokale Netze.

Die einfachste Variante, die der DECT-Standard vorsieht, besteht aus zwei Mobilteilen, die direkt miteinander kommunizieren. Mangels vorhandener Geräte ist dieser Fall in der Praxis allerdings kaum von Bedeutung. Den Regelfall bilden Einzellen- bzw. Mehrzellensysteme.

Als Einzellensystem (Abb. 1a) werden Anlagen bezeichnet, die aus einer Basisstation und einem oder mehreren Mobilteilen bestehen. Die Basisstation ist über ein Interface an das Telefonnetz (analog, digital) angeschlossen, die Kommunikation mit dem/(den) Mobilteil(en) erfolgt über die Luftschnittstelle. Einzellensysteme werden vorwiegend im privaten Bereich genutzt.

Bei Mehrzellensystemen (Abb. 1b) sind mehrere Basisstationen über eine zentrale Steuerungseinheit miteinander verbunden und an eine Nebenstellenanlage angeschlossen. Mit Mehrzellensystemen soll eine flächendeckende Kommunikation ermöglicht werden, so dass ein Teilnehmer unabhängig von seiner örtlichen Lage mit dem oder über das System kommunizieren kann. Durch Funküberschneidung der einzelnen Sender wird sichergestellt, dass trotz bestehender Kommunikation die Mobilität des einzelnen Teilnehmers bestehen bleibt. Hierbei wird eine Eigenschaft des DECT-Standards, nämlich die der dynamischen Kanalwahl, ausgenutzt, das bedeutet, dass die Mobilteile permanent alle Träger scannen und den mit den besten Empfangseigenschaften auswählen. Mehrzellensysteme werden bevorzugt im Büro- oder Firmenbereich eingesetzt.

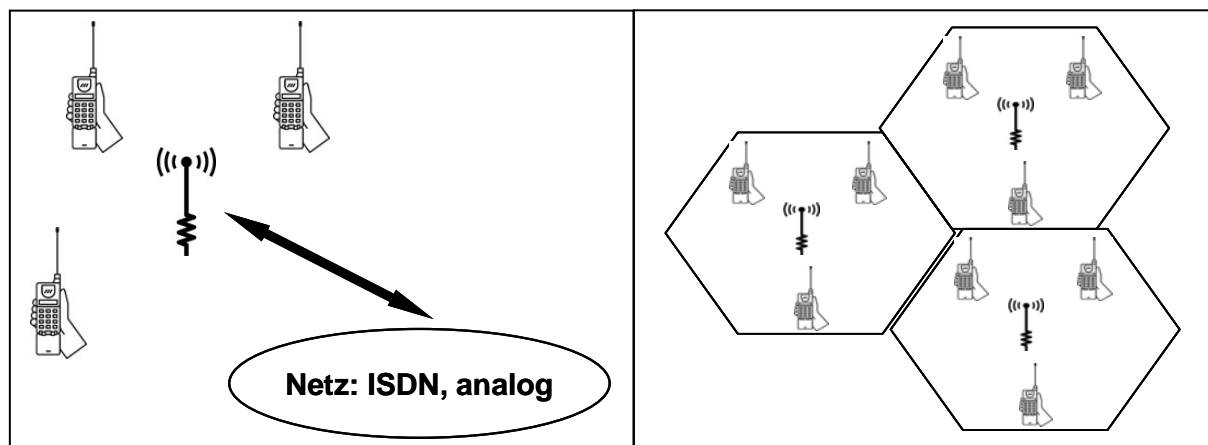


Abb. 1a: Einzellensystem

Abb. 1b: Mehrzellensystem

Bevor die Kommunikation zwischen Mobilteil und Basisstation erfolgen kann, muss sich das Mobilteil im jeweiligen System anmelden. Jedes Mobilteil besitzt eine eindeutige Kennung, die es dem System mitteilt. Die Anmeldeprozeduren sind von System zu System unterschiedlich, die Vorgehensweise nicht. Durch den Anmeldevorgang erhält das Mobilteil temporär eine eindeutige Rufnummer im System. Durch dieses Verfahren ist ein nicht autorisierter Zugriff durch ein fremdes Mobilteil auf das

Netz ausgeschlossen. Je nach Art des einspeisenden Netzes, z. B. ISDN, werden auch spezifische Leistungsmerkmale weitergegeben.

Externe Telekommunikationsverbindungen über den „Amtsanschluss“ sind gebührenpflichtig. Innerhalb des Funkzellenbereichs ist die interne Kommunikation zwischen den Endgeräten mit der Basisstation als Schaltzentrale dagegen gebührenfrei.

Wesentliche Vorteile des DECT-Standards bestehen in einer relativ hohen Abhörsicherheit, der sehr guten Sprachqualität und der Nutzung von ISDN-Leistungsmerkmalen. Die zu überbrückende Reichweite beträgt im Haus etwa 50 m, im Freien bis circa 300 m. Durch den Einsatz von Verstärkern lässt sich die Reichweite eines DECT-Systems sogar auf mehrere km erweitern. DECT unterscheidet sich von GSM durch eine hohe Teilnehmerdichte. Bis zu 100.000 Teilnehmer pro Quadratkilometer können auf einer relativ kleinen Fläche kommunizieren.

DECT-Technik

Das DECT-Frequenzband ist in 10 Trägerfrequenzen (Abb. 2) eingeteilt, der Kanalabstand beträgt 1728 kHz.

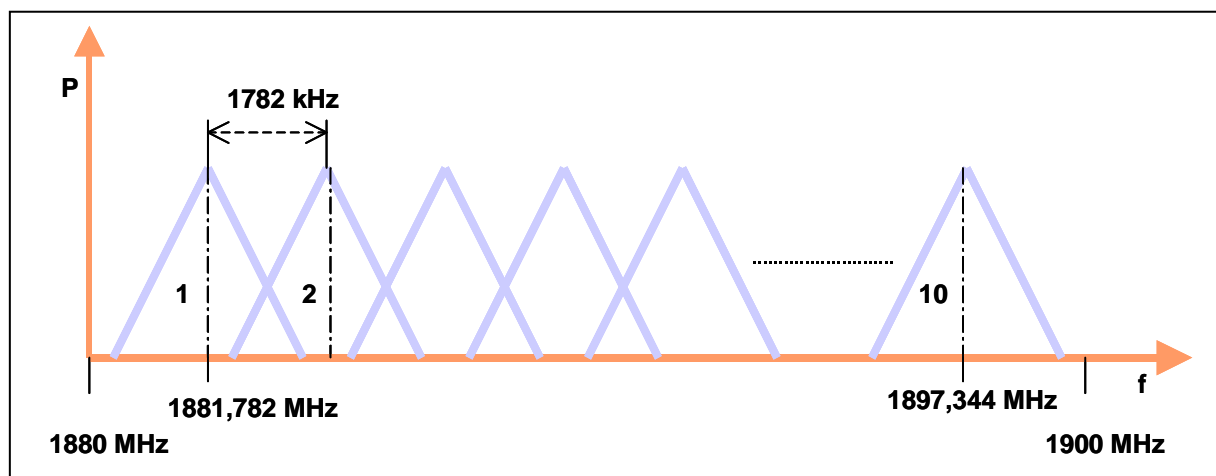


Abb. 2: Trägerfrequenzen

Jeder Träger enthält einen Rahmen (Frame) (Abb. 3) mit 24 Kanälen. Die Rahmendauer beträgt 10 ms. Durch Verwendung des TDMA-Verfahrens und bedingt durch die Rahmenstruktur des Protokolls werden keine weiteren Steuer- oder Sonderkanäle benötigt. Beim TDMA-Verfahren (Time Division Multiplex Access, Zeitmultiplexverfahren) werden in bestimmten Zeitabschnitten (Time Slots) die Daten (Signale) verschiedener Sender auf einem Kanal übertragen.

Der Duplexbetrieb erfolgt mittels TDD, wobei die ersten 12 Zeitschlitz eines Frames für den Downlink, die verbleibenden 12 für den Uplink verwendet werden (Abb. 3). Damit stehen 120 Duplexkanäle zur Verfügung. Beim Time Division Duplex (TDD) werden für die Verbindung Mobilstation ↔ Basisstation die gleichen Übertragungsfrequenzen genutzt, jedoch im Zeitmultiplex periodisch umgeschaltet.

im Standard vorgesehene Möglichkeit der Verschlüsselung wurde von den Herstellern gerätetechnisch umgesetzt und die Verschlüsselung durch den Nutzer aktiviert.

Obwohl das für DECT reservierte Frequenzband Störungen durch andere, legal betriebene und nach Funkstandards arbeitende Geräte ausschließt, können DECT-Systeme durch den bewussten Einsatz von Störsendern empfindlich gestört werden.

Das Abhören von Telefonaten oder des Datenverkehrs andererseits ist mit handelsüblichen manipulierten DECT-Geräten möglich.

Eine einfache Schutzmaßnahme besteht z.B. darin, die von den Herstellern oft unsicheren Gerätekonfigurationen zu überprüfen und diese, gegebenenfalls unter Beachtung sicherheitsrelevanter Aspekte, soweit möglich, zu ändern. Weitere individuelle Absicherungsmaßnahmen wie Benutzerauthentifizierung, Virenschutz, der Einsatz von Firewalls und/oder zusätzlicher und von DECT-Mechanismen unabhängig greifende Verschlüsselungsmaßnahmen erschweren potenziellen Angreifern den Zugang zu persönlichen Daten.

DECT-Luftschnittstelle; EMVU

Mobilfunkanlagen unterliegen in Deutschland dem „Bundesimmissionsschutzgesetz“ im Allgemeinen und der 26. BImSchV (26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes) im Besonderen. Diese Verordnung gilt für die Errichtung und den Betrieb von Hochfrequenzanlagen und Niederfrequenzanlagen, die gewerblichen Zwecken dienen und nicht einer Genehmigung nach §4 des Bundesimmissionsschutzgesetzes bedürfen. Sie enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektromagnetische Felder. Die Verordnung berücksichtigt nicht die Wirkungen elektromagnetischer Felder auf elektrisch oder elektronisch betriebene Implantate. Unter Hochfrequenzanlagen im Sinne dieser Verordnung werden ortsfeste Sendefunkanlagen verstanden, mit einer Sendeleistung von 10W EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 10 MHz bis 300 GHz erzeugen. Bei Sendeanlagen im 1900 MHz-Bereich darf die elektrische Feldstärke 59,9 V/m und die magnetische Feldstärke 0,161 A/m entsprechend einer Leistungsdichte von 9,6 W/m² im zeitlichen Mittel nicht überschreiten. Bei gepulsten Sendern muss der Spitzenwert unter dem 32-fachen der oben genannten Werte bleiben.

Obwohl für DECT-Systeme die 26. BImSchV nicht relevant ist, orientieren sich die Gerätehersteller aber an diesen Werten. Bei DECT-Systemen greift vielmehr das Gesetz für Funkanlagen und Telekommunikationsendeinrichtungen (FTEG) zusammen mit den entsprechenden Gerätenormen.

DECT-Geräte senden mit einer Spitzenleistung von bis zu 250 mW. Bei einer Rahmendauer von 10ms ergibt sich für ein Mobilteil, das während einer Sprechverbindung einen HF-Burst von 368 µs sendet (Abb. 4, Abb. 5), eine mittlere Sendeleistung von 9,2 mW (250 ms * 368 µs)/10 ms (Rahmendauer). Im Ruhezustand senden Mobilteile nicht. Die Sendeleistung der Basis richtet sich dynamisch nach der Anzahl der aktiven Mobilteile. Im Worst Case (1 Uplink, 23 Downlinkkanäle) sendet die Basisstation mit ca 240 mW Leistung [(23 Kanäle/24 Kanäle) * 250 mW]. Aus dem Umstand, dass die Basisstation, auch wenn keine Kommunikationsverbindung besteht, einen sog. Beacon mit 83 µs Dauer abstrahlt, ergibt sich die mittlere Minimalleistung zu ca. 2,1 mW [(250 mW * 83 µs)/10 ms (Rahmendauer)]. Eine Leistungsregelung wie bei GSM findet nicht statt. Der DECT-Standard unterstützt zwar bis zu 12 Mobilteile, die gleichzeitig mit einer Basisstation verbunden sein können, Basisstationen die im deutschen Handel erhältlich sind, unterstützen aber nur bis zu 6 Mobilteile.

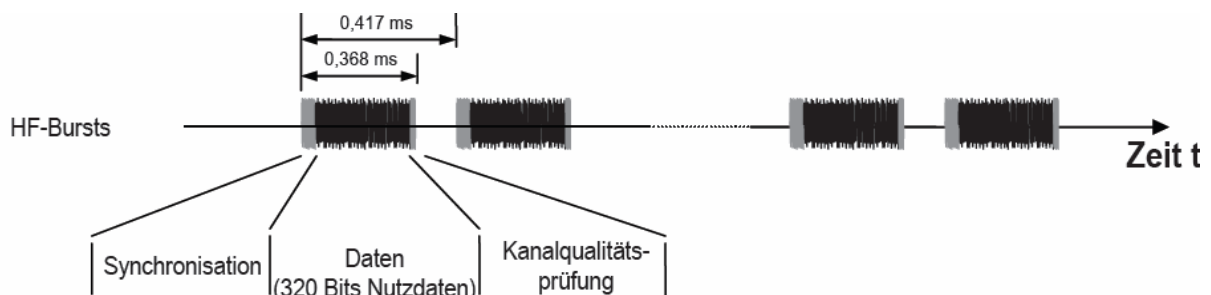


Abb. 4: HF-Burst (Quelle, [8])

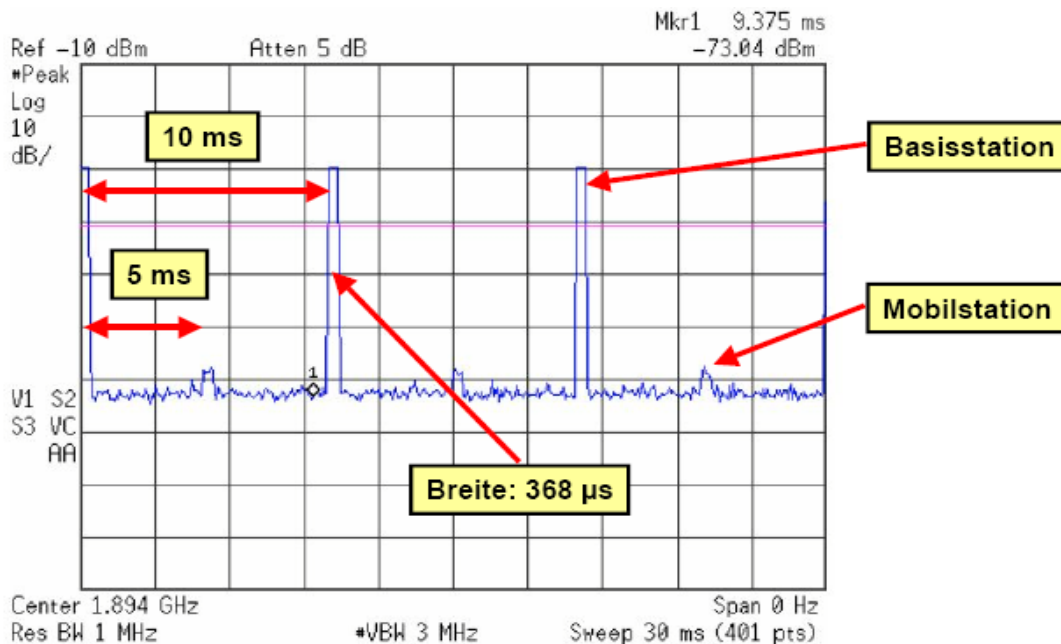


Abb.5: DECT-Signalstruktur (Quelle, [8])

Will man also die Immissionen von DECT-Systemen berechnen oder messen, ist darauf zu achten, dass eine geeignete Mittelung der Expositionswerte gemäß den bei DECT möglichen Tastverhältnissen durchgeführt wird, da es bei einer ausschließlichen Betrachtung der Spitzenwerte zu einer deutlichen Überbewertung der Exposition im Vergleich zu den Vorgaben der ICNIRP (International Commission on Non-Ionising Radiation Protection) bzw. der EU-Ratsempfehlung kommen kann (Stichwort: "6-Minuten-Mittelwerte").

Mess- und Berechnungsmethoden: Berechnungsmethoden

Das Einhalten spezifischer abgeleiteter Feldstärke- oder Leistungsflussdichte-Grenzwerte gibt keinerlei Auskunft darüber, welcher realen Exposition der Menschen beim praktischen Gebrauch der Geräte ausgesetzt ist. Um die tatsächlich auftretende HF-Exposition zu bestimmen, kann man sich verschiedener Mess- und Berechnungsverfahren bedienen.

Analytische Feldberechnungen sind nur auf einfache Verhältnisse anwendbar und können zur Abschätzung von Expositionswerten verwendet werden. Unterscheidungsmerkmale ist, ob sich die Personen im Nah- oder Fernfeld befinden.

In komplexen Fällen stoßen analytische Methoden zur Feldberechnung schnell an ihre Grenzen. Für solche Fälle haben sich verschiedene numerische, computerunterstützte Verfahren etabliert. Man unterscheidet zwischen feldtheoretischen (Finite Element, Finite Differenzen im Zeitbereich, Finite Integrale und Momentenmethode) und optischen Methoden (Geometrical Theory of Diffraction/Unified Theory of Diffraction).

Feldtheoretische Methoden werden bei der Berechnung der Absorption elektromagnetischer Strahlung (SAR) im menschlichen Körper angewandt. Aufgrund endlicher Ressourcen der eingesetzten Computer muss in der Praxis mit einer vereinfachten Modellgeometrie gerechnet werden. Auch der Feldraum ist rechentechnisch nicht in beliebig feine Rasterpunkte unterteilbar, so dass der berechenbare Feldraum auf kleine Raumvolumina begrenzt ist. Aufgrund spezifischer Stärken und Defizite ist das für den konkreten Anwendungsfall geeigneteste Berechnungsverfahren auszuwählen. Hier hat sich in der Praxis das Modell der Finiten Differenzen im Zeitbereich (FDTD) bewährt, vorausgesetzt, dass das zugrunde liegende anatomische Modell einen entsprechend hohen Detaillierungsgrad aufweist. Die Berechnungsunsicherheiten werden durch das verwendete Körpermodell und das der Strahlungsquelle zugrunde liegende Modell bestimmt.

Bei der Berechnung der Feldverteilung in großräumigen Gebieten kann man auf feldtheoretischen Verfahren nicht mehr zurückgreifen. In solchen Fällen kommen optische Verfahren zum Einsatz, die, wie Vergleichsmessungen zeigen, bei sorgfältiger Modellierung des Expositionsszenarios grundsätzlich zur Abschätzung der resultierenden Immissionen geeignet sind.

Bei den Feldern moderner digitaler Kommunikationssysteme, wie beim DECT-System, können grundsätzlich keine konstanten Verhältnisse unterstellt werden sondern es müssen die zeitlichen Schwankungen der Feldgrößen berücksichtigt werden. Die Folge ist ein extrem hoher Aufwand an Rechenkapazität, der in der Regel nicht ohne weiteres zur Verfügung steht. Eine Lösung des Problems liegt darin, im Nachhinein die stationär ermittelten Immissionsgrößen zu mitteln.

Mess- und Berechnungsmethoden: Messmethoden

Der Realität entsprechenden HF-Immissionswerte können im Allgemeinen durch Messungen vor Ort, d.h. z.B. im privaten Haushalt oder im Büro, wo die DECT-Anlagen betrieben werden, ermittelt werden. Hierfür steht eine Vielzahl hochwertiger Mess- und Auswertesysteme zur Verfügung. Entscheidend für deren Auswahl ist die Signalcharakteristik der HF-Quellen. Bei modernen Kommunikationssystemen, denen auch das DECT-System zuzuordnen ist, sind in der Regel Zugriffs- und Modulationsverfahren sehr komplex, sodass auch komplexe Messverfahren zur Immissionsbestimmung erforderlich sind.

Breitbandmessungen sind grundsätzlich geeignete Messverfahren, lassen jedoch keine Rückschlüsse auf das frequenzselektive Verhalten des Immissionsspektrums zu.

Frequenzselektive Messungen erfordern nicht nur einen höheren Komplexitätsgrad in der Gerätetechnik, hochwertige Antennensysteme (breitbandige, isotrope Antennen) und Spektrumanalysatoren mit spezifischen Funktionen wie Channel Power und Band Power (mit Mittelwertbildung), sondern sind auch aufwändiger in der Handhabung. Unsicherheiten aufgrund schwankender Ausbreitungsbedingungen, die in der Praxis zusätzlich zu den zeitlich und räumlich schwankenden Immissionsgrößen auftreten, sind hierbei noch nicht berücksichtigt.

Zur Messung der Exposition im körpernahen Bereich (Nahfeld) eignen sich die eben skizzierten Verfahren nicht. Da starke elektromagnetische Kopplungen zwischen der an das Ohr gehaltenen Strahlungsquelle (Mobilteil) und dem exponierten Objekt bestehen, muss die reale Befeldungssituation künstlich und vereinfacht nachgebildet werden (Phantom), unter Berücksichtigung der elektromagnetischen Eigenschaften des menschlichen Gewebes. Im Inneren dieses sog. Phantoms können dann die Immissionswerte mit speziellen Sonden räumlich erfasst und der SAR-Wert (Spezifische Absorptionswert in W/kg, d.h. die Leistungsaufnahme pro Kg Körpergewicht) ermittelt werden. Aufgrund des vereinfachten Modellcharakters des Phantoms können SAR-Werte einer spezifischen Befeldungssituation nicht oder nur eingeschränkt ermittelt werden. Die Güte der SAR-Werte hängt entscheidend von der Wahl der das Gewebe simulierenden Flüssigkeit und deren dielektrischen Eigenschaften ab. Präzise Untersuchungen der Verteilung der SAR sind nur mittels Computersimulation möglich.

Messergebnisse aus der Praxis

In [6] wurden in einem Großbetrieb reale Messungen der durch eine DECT-Anlage verursachten Strahlung in zwei unterschiedlichen Büroräumen durchgeführt. Büroraum 1 lag in ca. 10 m Entfernung zur DECT-Basisstation. Das Büro enthielt drei Arbeitsplätze, die mit DECT-Mobilteilen ausgestattet waren. Im zweiten Szenarium wurde ein Arbeitsplatz untersucht, der sich im Abstand von 5 m zur Basisstation befand. Die im Raum befindlichen übrigen Arbeitsplätze waren nicht mit DECT-Mobilteilen ausgestattet. Gemessen wurden die Immissionswerte in 6 verschiedenen Höhen über dem Fußboden (zwischen 85 cm und 185 cm). Es wurden sowohl Breitbandmessungen im Frequenzbereich (100 kHz – 3 GHz), als auch frequenzselektive Messungen durchgeführt

Im Gesamtergebnis zeigen die ermittelten Immissionswerte der untersuchten Szenarien eindeutig Leistungsflussdichten die deutlich unter 1 % des durch die EG Richtlinie 1999/519/EG vorgegebenen Grenzwertes von $9,5 \text{ W/m}^2$ bleiben. Dieses Ergebnis wird auch durch unter die Laborbedingungen ermittelten Messwerte bestätigt.

Es ist zu beachten, dass in vielen Publikationen bei DECT-Geräten immer nur der Spitzenwert der Exposition angegeben und die eigentlich bei gewöhnlichen Telefonen notwendige Mittelwertbildung unterlassen wird. Daher ergeben sich in diesen Artikeln wesentlich höhere Expositionswerte als in den angeführten Beispielen.

Messungen im Absorberraum

Im Absorberraum wurden die Immissionswerte zweier DECT-Schnurlostelefonsets (Basisstation und Mobilteil) gemessen. Der Abstand zu den Geräten betrug 1 m bzw. 3 m. Die Geräte wurden auf einem Drehtisch aufgestellt unter definierten Bedingungen betrieben. Die maximale Sendeleistung von Basisstation und Mobilteil betrug 250 mW, die mittlere Sendeleistung 10 mW. Die Auswertung der Messungen für beide Sets zeigt, dass die in der EG Richtlinie 1999/519/EG vorgegebenen Grenzwerte der elektrischen Feldstärke (59,6 V/m – 59,9 V/m im Frequenzbereich 1880 MHz – 1900 MHz) um eine bis zwei 10er-Potenzen unterschritten wurden. Dies bestätigen auch die in [7] publizierten Messergebnisse an drei unterschiedlichen DECT-Geräten.

SAR-Messungen am homogenen Phantom mit vier unterschiedlichen Mobilteilen [7] ergaben Werte von 0,087 W/kg (gemittelt über 1g Körpergewebe) bzw. 0,052 W/kg (gemittelt über 10g Körpergewebe). Der letztgenannte Wert entspricht ca. 2,6 % des europäischen Grenzwerts von 2 W/kg.

Literatur

- [1] „DECT, Gefährdung und Sicherheitsmaßnahmen“, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
- [2] “DECT: The Standard explained”, DECT-Forum
- [3] „DECT-Standard Digital Enhanced Cordless Telecommunication“, Seminar Vortrag Richard Lazar
- [4] Stellungnahme zum Test von DECT-Telefonen in der Zeitschrift Ökotest „Hier geht der Funk ab“ (Ausgabe 17. Aug. 2004) des Bundesamt für Strahlenschutz, 23.3.2005
- [5] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV)
- [6] Gernot Schmid, Daniel Lager, Patrick Preiner, Richard Überbacher, Georg Neubauer, Stefan Cecil, „Bestimmung der Exposition bei Verwendung kabelloser Übermittlungsverfahren in Haushalt und Büro“, ARC Seibersdorf research GmbH: Abschlussbericht Juli 2005 im Auftrag des Bundesamt für Strahlenschutz; http://www.emf-forschungsprogramm.de/forschung/dosimetrie/dosimetrie_abges/dosi_030_AB.pdf
- [7] “Assessment of Human Exposure to Electromagnetic Radiation from Wireless Devices in Home and Office Environments”; Presentation at the WHO Workshop on Base Stations&Wireless Networks: Exposure and Health consequences, 15. June 2005, Geneva
- [8] Matthias Wuschek
“EMF-Messungen bei Schnurlostelefonen“, Vortrag, FH Deggendorf
- [9] „Drahtlose lokale Kommunikationssysteme und ihre Sicherheitsaspekte“, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2003